Статья в журнале: Программные продукты и системы. 2024, №1

УДК 004.94

Специальности ВАК: 2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки)

**Риск ориентированный подход к проектированию системы антитеррористической защищенности образовательных учреждений**

**Колодкин В.М.**

Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры Цифровых инженерных технологий ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», 426034, г. Ижевск, ул. Университетская, д.1, [kolodkin@rintd.ru](mailto:kolodkin@rintd.ru)

**Варламова Д.М.**

Старший преподаватель кафедры Цифровых инженерных технологий ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», 426034, г. Ижевск, ул. Университетская, д.1, [dina@rintd.ru](mailto:dina@rintd.ru)

**Шакиров А.Д.**

Магистрант кафедры Цифровых инженерных технологий ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», 426034, г. Ижевск, ул. Университетская, д.1, [artdmshakirov@gmail.com](mailto:artdmshakirov@gmail.com)

**Аннотация:** В работе представлен авторский проблемно-ориентированный программный комплекс для компьютерного прогнозирования последствий террористических атак на образовательные учреждения. Одним из основных инструментов прогнозирования является математическое моделирование. В рамках комплекса моделируется динамика развития антагонистического конфликта между нарушителем (террористом) и реципиентами риска в здании образовательного учреждения. При построении программного комплекса используется новая концепция противодействия террористической атаке. Особенностью концепции является противодействие террористической атаке со стороны реципиентов риска, которое выражается в движении людских потоков в зоны безопасности по безопасным траекториям в здании. В рамках программного комплекса поддерживается интеграция данных пространственно-информационной модели здания, характеристик модели нарушителя, характеристик управляемого движения людских потоков в условиях чрезвычайных ситуаций. Пространственно-информационная модель здания создается в отечественной BIM-системе Renga. Топологический граф, отвечающий топологической модели здания, строится специализированным плагином, созданным средствами Renga. Преимуществом авторского программного комплекса является автоматический режим проектирования реакции реципиентов риска на действия нарушителя. Режим обеспечивает минимизацию ущерба. При проектировании учитываются характеристики инженерно-технической системы защиты учреждения. Оригинальность программного комплекса заключается в обеспечении процесса проектирования безопасных путей движения людских масс в режиме реального времени развития чрезвычайной ситуации. Поддержка режима реального времени предоставляет принципиальную возможность построения на базе проблемно-ориентированного программного комплекса системы поддержки принятия решений. Практическая значимость комплекса обусловлена так же возможностью использования комплекса в качестве тренажера для подготовки персон, отвечающих за комплексную безопасность образовательных учреждений в условиях чрезвычайных ситуаций. В работе показано применение программного комплекса для целей ранжирования образовательных учреждений по уровню антитеррористической защищенности.

**Ключевые слова:** программный комплекс, численное моделирование, антитеррористическая защищенность, риск ориентированный подход, образовательные учреждения.

**Введение**

Обострение экономических, политических, социальных противоречий в мире привело к возрастанию террористической опасности [1]. В России реакция на возрастание террористической опасности, в первую очередь, была обусловлена защитой объектов критически важной инфраструктуры (ОКВИ), для которых разрабатывались системы обеспечения безопасности, включающие, в том числе, системы физической защиты [2]. Для проектирования и оценки эффективности систем физической защиты объектов использовались специально разработанные методы, например, метод вероятностно-временного анализа [3], метод синтеза рисков [4], методы на основе концептуальной имитационной модели [5] и т.д. Определяющим в защите ОКВИ, является концепция прерывания террористической атаки специальными силами (например, силами охраны объекта). Однако, в общем случае, концепция защиты критически важных объектов от террористической угрозы, неприменима для образовательных учреждений (ОУ). В образовательных учреждениях иные условия функционирования и иные возможности защиты, что делает невозможным распространение алгоритмов и программного обеспечения на условия обеспечения безопасности образовательных учреждений.

Вместе с тем, современная система обеспечения комплексной безопасности образовательных учреждений должна предусматривать, в том числе, защиту от террористической угрозы, проявления которой могут быть весьма разнообразны [6-7]. С появлением новых угроз для образовательных учреждений требуется непрерывная модернизация средств защиты. Причем модернизация должна учитывать существующие и прогнозируемые реалии, которые должны быть учтены при проектировании. Учитывая, что в современных условиях вид и направление террористической атаки предсказать весьма затруднительно, модернизация системы защиты должна, в той или иной степени, касаться очень многих образовательных учреждений [8-9]. В этой связи, ограничиться модернизацией систем защиты отдельных образовательных учреждений – в общем случае, не представляется возможным.

Существенным ограничением при проектировании и модернизации системы антитеррористической защищенности образовательных учреждений являются финансовые ограничения. Каждое образовательное учреждение располагает определенными средствами защиты на случай возникновения чрезвычайных ситуаций, которые отвечают возможностям учреждения. Однако, не всегда уровень развития средств защиты соответствует уровню угроз. В этой связи, повышение антитеррористической защищенности образовательных учреждений предполагает:

* ранжирование образовательных учреждений по количественным оценкам уровней угроз, которым подвержены реципиенты риска в учреждениях;
* ранжирование образовательных учреждений по количественным оценкам уровней защищенности;
* ранжирование образовательных учреждений по степени соответствия уровней угроз уровням защищенности и выделение совокупности образовательных учреждений, системы безопасности которых подлежат модернизации, в соответствии с финансовыми возможностями.

Система антитеррористической защищенности образовательного учреждения ориентирована на сохранение людей (реципиентов риска) в условиях террористической атаки.

Таким образом, повышение антитеррористической защищенности образовательных учреждений (модернизация систем комплексной безопасности), предполагает предварительное исследование террористической опасности и реакции на опасность со стороны реципиентов риска. Исследование основано на результатах математического моделирования развития антагонистического конфликта между нарушителем и реципиентами риска в рамках проблемно-ориентированного программного комплекса. Математическое моделирование антагонистического конфликта, возможно, является наиболее перспективным методом, позволяющим разрабатывать системы безопасности и постоянно адаптировать их к новым угрозам [10]. Учитывая ограниченность финансовых возможностей образовательных учреждений, модернизации системы безопасности должен предшествовать этап ранжирования образовательных учреждений по количественным оценкам уровней защищенности.

1. **Моделирование террористической угрозы**

Конкретизируем временной горизонт террористической атаки на уровне порядка 10 минут. Положим, что пространственный горизонт системы антитеррористической защищенности ограничен территорией с охватом внешнего контура образовательного учреждения. В условиях высокой неопределенности вида и характеристик террористической атаки, будем полагать, что спасение людей при террористической атаке возможно путем целенаправленного движения реципиентов риска в зоны безопасности. В частном случае, это может быть экстренная эвакуация людей из здания по безопасным путям, проектируемым в режиме реального времени с учетом текущей ситуации. Этой цели подчинены физические средства, которые обеспечивают предупреждение, обнаружение, реагирование на угрозы и т.д. Синтез инженерно-технических средств защиты направлен на увеличение величины предотвращенного риска в образовательном учреждении в условиях чрезвычайной ситуации [4].

Направление модернизации системы антитеррористической защищенности образовательных учреждений основано на результатах моделирования террористической атаки и реакции на атаку в рамках электронного полигона. Электронный полигон – программный комплекс, предназначенный для моделирования террористической атаки и реакции на атаку в модельном пространстве [11-12]. Модельное пространство представляется координатной плоскостью с охватом внешнего контура ограждения территории и пространственно-информационной моделью (ПИМ) здания образовательного учреждения. Пространственно-информационная модель каждого здания создается в отечественной BIM-системе Renga. Для декларируемых целей ПИМ здания представляется двудольным графом, включающим вершины двух типов: вершины первого типа – это зоны здания на этажах и переходах между этажами; вершины второго типа – элементы соединения между зонами (например, дверные проемы) [13-14]. Топологическая модель здания, используемая при моделировании конфликта (движение нарушителя, перемещение реципиентов риска), строится с использованием специализированного плагина. Плагин создан средствами Renga. Топологической модели здания отвечает топологический граф.

Для конкретизации, рассмотрим схему террористической атаки, когда нарушитель передвигается от внешнего контура ограждения до здания, а затем - в пределах здания. Другие схемы атаки будем рассматривать как частный случай общей схемы. Для моделирования террористической атаки в здании используется топологический граф (рис.1).

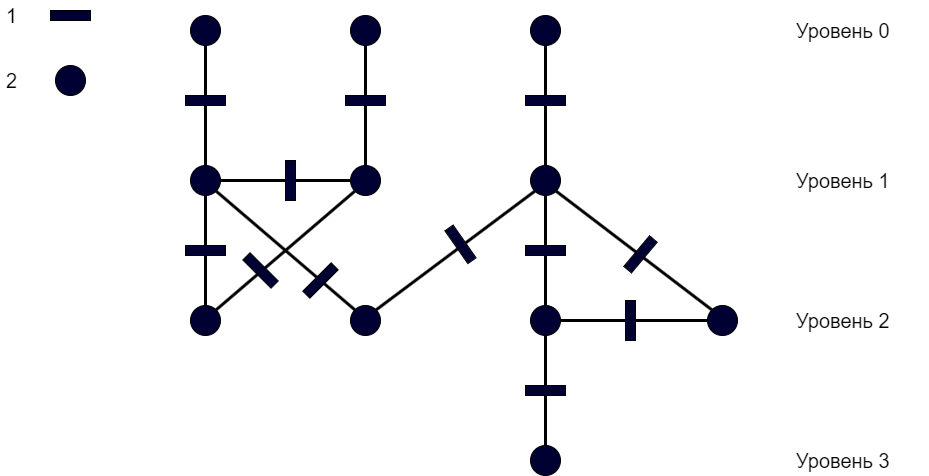


Рисунок 1. Фрагмент топологического графа, отвечающего ПИМ здания: 1 — дверные проемы, 2 — помещения

Вершины топологического графа, отвечающие помещениям, характеризуют распределение реципиентов риска и положение нарушителя (источника опасности) в данный момент времени.

1. **Прогнозирование последствий террористической атаки**

Прогнозирование последствий террористической атаки базируется на вероятностно-временном анализе двух взаимосвязанных процессов:

\* процесса, направленного на нанесение ущерба при террористической атаке, обусловленного действием нарушителя;

\* процесса, направленного на увеличение предотвращенного ущерба ∆*U*(*t*), обусловленного управляемой активностью реципиентов риска.

Первый процесс, порождается нарушителем, действия которого подчинены определенным целям и ограничены реакцией (активной и пассивной) системы обеспечения безопасности. Цели и возможности нарушителя формализуются в виде модели нарушителя. Стратегия нарушителя подчинена цели нанесения максимального ущерба для людей в здании образовательного учреждения. Нарушители классифицированы по уровню опасности, ими порождаемой: А, В, С. Частота проявления *m*-модели нарушителя - . Из условия нормировки, имеем, где  – количество конкретизаций модели нарушителя.

Для каждой конкретизации модели нарушителя методом экспертного оценивания с учетом литературных данных, определены:

- скорость перемещения нарушителя на территории образовательного учреждения и в элементах здания, *V*;

- время преодоления нарушителем закрытых проемов ограждения территории, ∆*t*g;

- время преодоления нарушителем закрытых дверных проемов в здании, ∆*t*b;

- характерный размер области воздействия нарушителя на территории и в здании образовательного учреждения, *Λ*;

При движении нарушителя области здания, попадающие в зону воздействия нарушителя, становятся недоступными для нахождения в них реципиентов риска.

Второй процесс порождается реакцией реципиентов риска на атаку. Для условий образовательного учреждения наиболее важным процессом, направленным на увеличение предотвращенного ущерба, является процесс направленного движения людских потоков в зоны безопасности (в частном случае, экстренной эвакуации), который увеличивает величину предотвращенного ущерба *U*(*t*). При движении реципиентов риска в зоны безопасности изменяется распределение людей в помещениях здания. Процесс поддерживается подсистемами обеспечения безопасности: связи и оповещения; световыми указателями управляемого движения людских потоков и т.д.

Весь процесс террористической атаки при моделировании разбивается на последовательность элементарных временных интервалов , (временной интервал преодоления нарушителем *k-*ой зоны, протяженность которой - *L*(*k*)). Если ввести в рассмотрение плотность реципиентов риска в здании *D* [чел/м2], и, так называемую, топологическую сложность здания Ω, то для временного интервала освобождения здания – *T*е [с], в условиях управляемой экстренной эвакуации, имеем экспериментально установленную регрессионную зависимость [15]

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| . |  | (1) |

Реакция на террористическую атаку проявляется в изменении распределения реципиентов риска по помещениям здания при экстренной эвакуации. Результаты вычислительных экспериментов по управляемой эвакуации [16] позволяют построить оценку зависимости предотвращенного ущерба  от продолжительности террористической атаки ∆*t* в виде

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2) |

В этом выражении:- оценка количества реципиентов риска в здании через время  с начала террористической атаки, *N*0 – количество реципиентов риска в здании до момента атаки. Предполагается, что перемещение реципиентов риска во время террористической атаки отвечает закономерностям теории людских потоков в условиях чрезвычайных ситуаций, разработанной научной школой В.В. Холщевникова [17 - 18].

Соотношения (1 – 2) представляют верхнюю оценку предотвращенного ущерба. Уточненная оценка следует из результатов непосредственного моделирования управляемого движения людских потоков.

1. **Прогнозирование последствий террористической атаки на территории образовательного учреждения**

Главная задача, которая решается в рамках программного комплекса при моделировании действий нарушителя на территории образовательного учреждения вне здания – определить интервал времени, в течении которого нарушитель достигнет внутренние помещения здания образовательного учреждения, где могут находится реципиенты риска. Этот интервал времени используется реципиентами риска для частичной экстренной эвакуации через выходы из здания, лежащие вне поля видимости для нарушителя.

Нарушитель проникает на территорию через узел *g* внешнего контура ограждения территории ОУ. Множество узлов внешнего контура ограждения территории , где *gi* – узел внешнего контура ограждения (в дальнейшем индекс *i* опустим); *g*\* - количество узлов внешнего контура ограждения.

Частота проникновения нарушителя через ограждение внешнего контура , где  - постоянная составляющая, определяемая условием нормировки; – весовой коэффициент. Весовой коэффициент зависит от состояния внешнего контура ограждения и взаимного расположения контура ограждения и здания. Положим, что весовой коэффициент  для открытых проемов ограждения,  для закрытых проемов. Нарушитель выбирает узел *g*, если в область видимости из узла *g* попадает хотя бы один вход в здание. То есть, если в область видимости из узла *g* не попадает ни один из входов в здание, то весовой коэффициент .

Условие нормировки частот проникновения для совокупности узлов ограждения . Для постоянной составляющей, имеем –

.

Множество входных дверей здания образовательного учреждения, попадающих в зону видимости из узла *g*, -

,

где (*bg*)*i* входная дверь здания, попадающая в зону видимости из узла *g* (в дальнейшем индекс *i* опустим);

*bg*\* – количество входных дверей в здание, отвечающих зоне видимости из узла *g*.

Входные двери, не попадающие в зону видимости из узла *g*, пометим ; их количество. Из совокупности входных дверей в здание, попадающих в зону видимости из узла *g*, нарушитель будет отдавать предпочтение открытым дверям в соответствии с моделью нарушителя.

Для частоты выбора пути нарушителя , где  - постоянная составляющая, определяемая условием нормировки;  - весовой коэффициент. Весовой коэффициент зависит от состояния входных дверей в здание. Положим, что весовой коэффициент  для открытых дверей,  для закрытых дверей.

Условие нормировки частот выбора пути нарушителем из узла *g* до входа в здание, находящегося в поле видимости из узла *g* –

.

Для постоянной составляющей, имеем –

.

Если *b* – узел, соответствующий входной двери здания образовательного учреждения, находящийся в зоне видимости из узла *g*, то оценка расстояния, которое необходимо преодолеть нарушителю – . Интервал времени достижения нарушителем первого помещения здания , равен



где;

*m* – модель нарушителя;

*tg*(*m*) – временной интервал преодоления нарушителем внешнего контура ограждения в узле *g* (определен моделью нарушителя);

∆*tb*(*m*) – временной интервал преодоления нарушителем дверных проемов в здании образовательного учреждения в узле *b* (определен моделью нарушителя);

*V*(*m*) – скорость нарушителя на территории образовательного учреждения, определяемая моделью нарушителя.

Если положить, что в момент начала террористической атаки на здание образовательного учреждения все реципиенты риска находились в здании, то ущерб, нанесенный нарушителем за временной интервал  равен .

За время  максимальная оценка количества реципиентов риска, покинувших здание в условиях управляемого движения людских потоков (предотвращенный ущерб) - . Оценка предотвращенного ущерба при управляемом движении людских потоков определяется соотношениями (1-2). Управляемая эвакуация осуществляется через выходы из здания, не попадающие в зону видимости нарушителя. Предполагается идеальная подготовка реципиентов риска и лиц, ответственных за принятие решений в условиях ЧС. Учет реального уровня подготовки осуществляется на этапе количественной оценки уровня антитеррористической защищенности. На оценку предотвращенного ущерба (при указанных выше предположениях) влияют исключительно имманентные свойства системы физической защиты.

Вероятность подачи сигнала управляемой экстренной эвакуации  можно оценить по соотношению –



где  – вероятность обнаружения нарушителя при перемещении между точками *g* и *b*,; *n* – количество приборов контроля, например, видеокамер, характеристики которых позволяют обнаружить нарушителя; γ – коэффициент, определяемый типом приборов контроля в здании (. Вероятность  характеризует подсистему связи, где  – вероятность доведения актуальной информации об обнаружении нарушителя до лица, уполномоченного принимать решения;  - вероятность устойчивой связи между лицом, принимающим решение, и реципиентами риска в условиях управляемого движения людских потоков. Для оценки  имеем , где Sc – площадь здания учреждения с устойчивой связью, S – общая площадь здания образовательного учреждения. То есть предполагается, что если в помещении есть устойчивая связь, то реципиенты риска получают команду от лица, принимающего решение в условиях чрезвычайной ситуации, либо от программного комплекса, работающего в автоматическом режиме [15-16].

Для оценки предотвращенного риска за время преодоления нарушителем территории образовательного учреждения, имеем



где  - предотвращенный ущерб (количество реципиентов риска, которые покинули здание за время перемещения нарушителя ). В соответствии с (2)



1. **Прогнозирование последствий террористической атаки на образовательные учреждения**

В рамках электронного полигона топологическая модель здания представляется топологическим графом. Характеристики вершин графа соответствуют ПИМ здания. Из проема, помеченного точкой *b*, нарушитель попадает в помещение *B*(1). Путь нарушителя по зданию определяется моделью нарушителя и топологическим графом. В частности, полагается, что траектория движения нарушителя по зданию (переход из *k*-го помещения *n*-го уровня топологического графа в *k*+1 помещение), отвечает следующим приоритетам выбора:

* предпочтение отдается помещениям, где нарушитель еще не был;
* предпочтение отдается переходу в помещение *n*+1 уровня топологического графа;
* предпочтение нарушителя при переходе в *k*+1 помещение, отдается помещениям с большим количеством реципиентов риска (для нарушителя это принцип нанесения максимального ущерба);
* предпочтение отдается дверным проемам, переход по которым для нарушителя не сопряжен с потерей времени (открытые двери между *k* и *k*+1 помещениями здания).

Террористическая атака считается законченной, если нарушитель достиг конца топологического графа (обход графа в глубину). Фактически анализируются все пути топологического графа, исходящие из вершины, связанной с выходом из здания. Из полной совокупности траекторий движения нарушителя выбирается траектория, связанная с максимальным количеством жертв среди реципиентов риска.

Интервал времени преодоления нарушителем *k*-го помещения здания - , равен:



где ,  – характерный размер *k*-го помещения в здании;

*m* – модель нарушителя;

*d* – характеристика *k*-го помещения (лестница вверх, лестница вниз, горизонтальное помещение);

 – скорость перемещения нарушителя на участке помещения с характеристикой *d*;

 – временной интервал преодоления нарушителем дверных проемов в здании учреждения (определен моделью нарушителя).

Вероятность передачи сигнала управляемого перемещения людских потоков -  в условиях террористической атаки, можно оценить, как



где – вероятность обнаружения нарушителя в помещении здания. Если помещений в здании *H*, количество приборов контроля, характеристики которых позволяют идентифицировать нарушителя в здании *h*, то для оценки вероятности обнаружения нарушителя в помещении здания, имеем .

Для оценки предотвращенного риска при террористической атаке на образовательное учреждение - *R*, имеем:



где  – предотвращенный ущерб (количество реципиентов риска, которые покинули здание за время ,  -количество помещений на пути нарушителя.

Принимая во внимание, что в первом приближении -



и учитывая выражение (2) для оценки количества реципиентов риска - *U*, покинувших здание за время террористической атаки ∆*t* для оценки предотвращенного ущерба при террористической атаке, имеем соотношение

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |

Соотношение (3) позволяет оценить величину предотвращенного риска в условиях террористической атаки на образовательное учреждение. Причем, как следует из вывода данного соотношения, это оценка сверху.

Для иллюстрации рассмотрим случай террористической атаки на реципиентов риска в корпусах университета, воспользовавшись данными, представленными в работе [15]. В данном случае внешний контур ограждения отсутствует, поэтому первое слагаемое в фигурных скобках выражения (3) обращается в нуль. Результаты моделирования активности нарушителя и реакции реципиентов риска на террористическую атаку представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты моделирования, отвечающие террористической атаке на реципиентов риска в корпусах университета: № – номер корпуса; *D* – плотность распределения реципиентов риска в помещениях здания по пути перемещения нарушителя; *Ω* – топологическая сложность здания; ∆*t* – продолжительность террористической атаки по результатам моделирования; *R/N0* – удельная величина предотвращенного риска

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | *D*, чел/м2 | Ω | ∆*t*, c | *R/N0* |
| 1 | 0,079 | 1,36 | 147,14 | 0,617 |
| 2 | 0,102 | 0,84 | 135,48 | 0,633 |
| 3 | 0,071 | 0,32 | 46,84 | 0,380 |
| 4 | 0,126 | 1,84 | 302,73 | 0,789 |
| 5 | 0,03 | 0,95 | 161,01 | 0,753 |
| 7 | 0,046 | 0,81 | 117,97 | 0,645 |

Из анализа данных, представленных в таблице 1, следует, что с точки зрения количественной оценки одного из определяющих факторов уровня защищенности, наименее защищен корпус №3, наиболее защищен корпус №4.

Следующий этап работы связан с выделением корпусов, для которых количественный уровень угроз превышает количественный уровень защищенности. Для выделенных корпусов в рамках электронного полигона проектируются варианты модернизации системы безопасности с учетом существующих финансовых и временных ограничений. Аналогичная процедура должна охватывать образовательные учреждения города (региона).

**Заключение**

В данной работе предложен риск-ориентированный подход к оценке одного из определяющих факторов антитеррористической защищенности образовательных учреждений. Подход базируется на прогнозировании предотвращенного риска в условиях террористической атаки. Совокупность образовательных учреждений, система антитеррористической защищенности которых требует модернизации, определяется по результатам сопоставления уровней угроз и уровней защищенности с учетом финансовых и инженерно-технических ограничений.

Проектирование системы комплексной безопасности образовательных учреждений с учетом существующих реалий поддерживается специализированным программным обеспечением.

Отметим, что сложившаяся ситуация с антитеррористической защищенностью образовательных учреждений требует принятия срочных мер, направленных на модернизацию систем безопасности. Наряду с появлением новых средств физической защиты объектов, появляются новые угрозы. Например, появились новые угрозы, связанные с применением беспилотных летательных аппаратов для совершения террористических атак на учреждения. Модернизация систем обеспечения безопасности образовательных учреждений, осуществляемая на изложенных в работе положениях, - требование времени.

**Литература:**

1. Тихомиров Н.П., Новиков А.В. Риски террористических актов и особенности их оценки // Вестник РЭУ. 2019. № 2 (104). С. 198–210. DOI: 10.21686/2413-2829-2019-2-198-210.
2. Шрейдер М.Ю., Боровский А.С. Применение многоагентного подхода к построению систем физической защиты объектов // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2017. № 10. С. 66–71.
3. Боровский А.С., Тарасов А.Д., Шрейдер М.Ю. Автоматизированное проектирование и оценка систем физической защиты потенциально-опасных объектов. Оренбург: Оренбургский государственный университет. 2022. 186 с.
4. Бочков А.В. О методе синтеза рисков в управлении безопасностью структурно-сложных систем // Надежность. 2020. Т. 20. № 1. С. 57–67. DOI: 10.21683/1729-2646-2020-20-1-57-67.
5. Kostin, V. Definition of basic violators for critically important objects using the information probability method and cluster analysis : [Электронный ресурс] / V. Kostin, A. Borovsky // CEUR Workshop Proceedings. – 2020. – Vol. 2667 : 6th International Conference Information Technology and Nanotechnology. Session Data Science, ITNT-DS 2020, 26-29 May 2020, Samara, Russian Federation. – P. 343–347.
6. Давыдов Д.Г., Хломов К.Д. Массовые убийства в образовательных учреждениях: механизмы, причины, профилактика // Национальный психологический журнал. – 2018. – № 4(32). – С. 62–76. doi: 10.11621/ npj.2018.0406.
7. Hang Yu, ,Xintong Li, Weiguo Song, Jun Zhang, ,Xudong Li, Han Xu, ,Kechun Jiang. Pedestrian emergency evacuation model based on risk field under attack event // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. [Volume 606](https://www.sciencedirect.com/journal/physica-a-statistical-mechanics-and-its-applications/vol/606/suppl/C), 15 November 2022, 128111 https://doi.org/10.1016/j.physa.2022.128111.
8. Павлов В.Н., Какадий И.И. Угрозы безопасности образовательного учреждения // Бюллетень науки и практики. 2020. Т. 6. № 6. С. 305-311. DOI:10.33619/2414-2948/55/40.
9. Золотухин М.А. Концепция безопасности образовательного пространства // Технико-технологические проблемы сервиса. 2023. №1(63), С.117 – 120.
10. Четверушкин Б.Н., Осипов В.П., Балута В.И., Яковенко О.Ю. Суперкомпьютерное моделирование в задачах обеспечения антитеррористической безопасности объектов // CPT2019 Международная научная конференция Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета и научно-исследовательского центра физико-технической информатики: сб. тр. 2019. С. 40–49.
11. Формальный аппарат моделирования и интерпретации антагонистических конфликтов на базе электронного полигона / В.П. Осипов [и др.] // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2018. № 181. 28 с. DOI:10.20948/prepr-2018-181.
12. Онтологический синтез управленческих решений в условиях антагонистических конфликтов / Ю.И.Нечаев [и др.] // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2018. № 179. 22 с. DOI:10.20948/prepr-2018-179.
13. Галиуллин М.Э. Создание и использование пространственно-информационной модели здания (ПИМ) для расчета величины риска при составлении декларации пожарной безопасности // Безопасность в техносфере: сб. ст. 2015. № 9. С. 59–80.
14. Колодкин В.М., Болтачев И.И. Информационная модель здания образовательного учреждения для системы поддержки принятия решений // Безопасность в техносфере: сб. ст. 2022. № 15. С. 75–79.
15. Колодкин В.М., Чирков Б.В. Валидация модели адаптивного управления движением людских потоков в динамической среде ограниченного пространства // Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки. 2020. Т. 30. Вып. 3. С. 480–496. DOI: 10.35634/vm200309.
16. Колодкин В.М., Чирков Б.В. Компьютерное исследование процесса эвакуации людей из здания при пожаре // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 12-3. С. 496–500.
17. Холщевников В.В. Гносеология людских потоков. Москва: Академия ГПС МЧС России, 2019. 592 с.
18. Самошин Д.А. Состав людских потоков и параметры их движения при эвакуации. М: Академия ГПС МЧС России, 2016. 210 с.

**Risk-oriented approach to the design of the system of anti-terrorist protection ofeducational institutions**

**Kolodkin V.M.**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Digital Engineering Technologies,

Udmurt State University, 426034, Izhevsk, st. Universitetskaya, 1, [kolodkin@rintd.ru](mailto:kolodkin@rintd.ru)

**Varlamova D.M.**

Senior Lecturer of the Department of Digital Engineering Technologies,

Udmurt State University, 426034, Izhevsk, st. Universitetskaya, 1, [dina@rintd.ru](mailto:dina@rintd.ru)

**Shakirov A.D.**

Master student of the Department of Digital Engineering Technologies

Udmurt State University, 426034, Izhevsk, st. Universitetskaya, 1, [artdmshakirov@gmail.com](mailto:artdmshakirov@gmail.com)

**Abstract:** The paper presents the author's problem-oriented software package for computer forecasting of the consequences of terrorist attacks on educational institutions. One of the main forecasting tools is mathematical modeling. Within the framework of the complex, the dynamics of the development of an antagonistic conflict between the violator (terrorist) and risk recipients in the building of an educational institution is modeled. When building a software package, a new concept of countering a terrorist attack is used. A feature of the concept is countering a terrorist attack by risk recipients, which is expressed in the movement of human flows into security zones along safe trajectories in the building. Within the framework of the software package, the integration of data from the spatial information model of the building, the characteristics of the intruder model, the characteristics of the controlled movement of human flows in emergency situations is supported. The spatial information model of the building is created in the domestic BIM system Renga. The topological graph corresponding to the topological model of the building is constructed by a specialized plugin created by Renga. The advantage of the author's software package is the automatic mode of designing the reaction of risk recipients to the actions of the violator. The mode provides minimization of damage. When designing, the characteristics of the institution's engineering and technical protection system are taken into account. The originality of the software package is to ensure the process of designing safe ways for the movement of human masses in real-time development of an emergency situation. Real-time mode support provides a fundamental opportunity to build a decision support system based on a problem-oriented software package. The practical significance of the complex is also due to the possibility of using the complex as a simulator for training persons responsible for the comprehensive safety of educational institutions in emergency situations. The paper shows the application of the software package for the purposes of ranking educational institutions by the level of anti-terrorist security.

**Keywords:** software package, numerical modeling, anti-terrorist security, risk-oriented approach, educational institutions.

**References**

1. Tikhomirov N.P., Novikov A.V. Risks of terrorist acts and peculiarities of their assessment. *Vestnik REU*, 2019, no. 2 (104), pp. 198–210. DOI: 10.21686/2413-2829-2019-2-198-210 (in Russ).
2. SHrejder M.YU., Borovskij A.S. Primenenie mnogoagentnogo podhoda k postroeniyu sistem fizicheskoj zashchity ob"ektov. *Intellekt. Innovacii. Investicii*, 2017,no 10, pp. 66–71 (in Russ).
3. Borovskij A.S., Tarasov A.D., SHrejder M.YU. *Avtomatizirovannoe proektirovanie i ocenka sistem fizicheskoj zashchity potencial'no-opasnyh ob"ektov.* Orenburg, 2022, 186 p. (in Russ).
4. Bochkov A.V. On the Risk Synthesis Method in Safety Management of Structural Complex Systems. *Reliability.*2020,vol. 20,no. 1,pp. 57–67. DOI: 10.21683/1729-2646-2020-20-1-57-67 (in Russ).
5. Kostin, V. Definition of basic violators for critically important objects using the information probability method and cluster analysis: [Электронный ресурс] / V. Kostin, A. Borovsky // CEUR Workshop Proceedings. – 2020. – Vol. 2667 : 6th International Conference Information Technology and Nanotechnology. Session Data Science, ITNT-DS 2020, 26-29 May 2020, Samara, Russian Federation. – P. 343–347.
6. Davydov D.G., Khlomov K.D. Massacres in educational institutions: mechanisms, causes, prevention. *National Psychological Journal*, 2018, no 4, pp. 62–76. DOI: 10.11621/npj.2018.0406 (in Russ).
7. Hang Yu, ,Xintong Li, Weiguo Song, Jun Zhang, ,Xudong Li, Han Xu, ,Kechun Jiang. Pedestrian emergency evacuation model based on risk field under attack event // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. [Volume 606](https://www.sciencedirect.com/journal/physica-a-statistical-mechanics-and-its-applications/vol/606/suppl/C), 15 November 2022, 128111 https://doi.org/10.1016/j.physa.2022.128111.
8. Pavlov V.N., Kakady I.I. Threats to the security of an educational institution. *Bulletin of Science and Practice,* 2020, vol. 6, no. 6, pp. 305-311. DOI:10.33619/2414-2948/55/40 (in Russ).
9. Zolotuhin M.A. Koncepciya bezopasnosti obrazovatel'nogo prostranstva *Tekhniko-tekhnologicheskie problemy servisa*, 2018, no 1, pp. 117–120 (in Russ).
10. Chetverushkin B.N., Osipov V.P., Baluta V.I., Yakovenko O.Yu. Supercomputer modeling in the tasks of ensuring the anti-terrorist security of objects.*CPT2019 International Scientific Conference of the Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering and the Research Center for Physical and Technical Informatics: Sat. tr*., 2019, pp. 40–49 (in Russ).
11. Osipov V.P., Chetverushkin B.N., Baluta V.I., Nechayev YU.I. *Formal apparatus for modeling and interpreting antagonistic conflicts based on the electronic test site*. Preprints of IPM im. M.V. Keldysh, 2018,no. 181, 28 p. DOI:10.20948/prepr-2018-181 (in Russ).
12. Nechaev YU.I., Osipov V.P., Chetverushkin B.N., Baluta V.I. *Ontological synthesis of management decisions in conditions of antagonistic conflicts*. Preprints of IPM im. M.V. Keldysh, 2018, no. 179, 22 p. DOI:10.20948/prepr-2018-179 (in Russ).
13. Galiullin M.E. Creation and use of a spatial information model of a building (SIM) for calculating the magnitude of risk when compiling a fire safety declaration. *Security in the technosphere,* 2015, no. 9,pp. 59–80 (in Russ).
14. Kolodkin V.M., Boltachev I.I. Information model of the building of an educational institution for the decision support system. *Security in the technosphere,* 2022, no. 15, pp. 75–79 (in Russ).
15. Kolodkin V.M., Chirkov B.V. Validation of the model of adaptive control of the pedestrian flow movement in a dynamic space-limited environment *Vestnik Udmurtskogo Universiteta. Matematika. Mekhanika. Komp'yuternye Nauki,* 2020, vol. 30, issue 3, pp. 480-496. DOI: 10.35634/vm200309 (in Russ).
16. Kolodkin V.M., Chirkov B.V. Computer study of the process of evacuation of people from a building in case of fire. *Modern science-intensive technologies*, 2016, no. 12-3, pp. 496–500 (in Russ).
17. Kholshchevnikov V.V. *Gnoseologiya lyudskikh potokov*. Moscow, 2019. 592 p. (in Russ).
18. Samoshin D.A. *The composition of human flows and the parameters of their movement during evacuation*. Moscow, 2016, 210 p. (in Russ).