Статья в журнале Вестник компьютерных и информационных технологий. 2024, №1

УДК 004.942

**Колодкин В.М. - доктор технических наук, Варламова Д.М., Шакиров А.Д.**

**Vladimir M. Kolodkin - doctor of engineering sciences, Dina M. Varlamova, Artem D. SHakirov**

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный университет», г. Ижевск

Udmurt State University, Izhevsk

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ АНТИТЕРРОРИСТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СОЦИАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ ОБЪЕКТОВ**

**Аннотация.** В работе представлен новый программный комплекс (электронный полигон), предназначенный для повышения антитеррористической защищенности социально значимых объектов. Комплекс поддерживает математическое моделирование антагонистического конфликта между нарушителем и реципиентами риска в условиях террористической атаки. В основе комплекса лежит авторская методология повышения защищенности, основанная на противодействии террористической атаке путем управляемого движения людских потоков (управляемая эвакуация) в зоны безопасности по безопасным траекториям. Активная защита реципиентов риска в условиях атаки, учитывает возможности инженерно-технических средств защиты. Алгоритмы моделирования управляемого движения, строятся на условиях минимизации ущерба реципиентов риска в условиях террористической атаки. Активная защита целесообразна при временном горизонте атаки на уровне порядка 10 минут. Важнейшей особенностью представленного электронного полигона, является проектирование траекторий движения реципиентов риска в автоматическом режиме с учетом динамики развития террористической атаки.

Цифровая модель объекта защиты строится с использованием отечественной BIM системы Renga. Для моделирования активности нарушителя и движения людских потоков в режиме реального времени, модель здания представляется в виде топологического графа.

Количественная оценка уровня террористической безопасности каждого социально значимого объекта основана на сопоставлении уровней угроз и защищенности. Соответствие уровня защищенности, уровню угроз является определяющим для выделения совокупности объектов, система защиты которых требует модернизации.

Программный комплекс ориентирован на решение практических задач. В частности, распределения ограниченных ресурсов, выделяемых на повышение антитеррористической безопасности. Практическая направленность электронного полигона продемонстрирована на примере распределения средств на модернизацию системы антитеррористической защищенности корпусов образовательного учреждения.

Перспективы развития электронного полигона связаны с:

- поиском улучшающих воздействий на инженерно-технические средства обеспечения безопасности;

- построением тренажеров для лиц, принимающих решение в условиях террористической атаки.

**Ключевые слова:** система антитеррористической защищенности, математическое моделирование, антагонистический конфликт, динамическая модель.

**DISTRIBUTION OF RESOURCES TO ENSURE ANTI-TERRORIST SECURITY OF SOCIALLY SIGNIFICANT FACILITIES**

**Annotation.** The work presents a new software package (electronic testing ground) designed to increase the anti-terrorist protection of socially significant objects. The complex supports mathematical modeling of antagonistic conflict between the offender and risk recipients in the context of a terrorist attack. The complex is based on the author’s methodology for increasing security, based on countering a terrorist attack through the controlled movement of human flows (controlled evacuation) to security zones along safe trajectories. Active protection of risk recipients under attack conditions takes into account the capabilities of engineering and technical means of protection. Algorithms for modeling controlled movement are built on the conditions of minimizing damage to risk recipients in conditions of a terrorist attack. Active protection is advisable when the attack time horizon is about 10 minutes. The most important feature of the presented electronic test site is the design of movement trajectories of risk recipients in automatic mode, taking into account the dynamics of the development of a terrorist attack.

A digital model of the protected object is built using the domestic BIM system Renga. To simulate the activity of the intruder and the movement of human flows in real time, the building model is represented as a topological graph.

Quantitative assessment of the level of terrorist security of each socially significant object is based on a comparison of the levels of threats and security. Correspondence between the level of security and the level of threats is decisive for identifying a set of objects whose protection system requires modernization.

The software package is focused on solving practical problems. In particular, the distribution of limited resources allocated to improve anti-terrorist security. The practical orientation of the electronic training ground is demonstrated by the example of the distribution of funds for the modernization of the anti-terrorism security system for the buildings of an educational institution.

Prospects for the development of the electronic test site are related to:

- searching for improving effects on engineering and technical means of ensuring safety;

- building simulators for decision makers in the context of a terrorist attack.

**Keywords:** anti-terrorism security system, mathematical modeling, antagonistic conflict, dynamic model.

**Введение**

Происходящие в мире изменения сопровождаются возрастанием террористической угрозы, которая, в том числе, затрагивает и социально значимые объекты (объекты образования, здравоохранения, коммунальной инфраструктуры и т.д.). На возрастание угроз социально значимые объекты (СЗО) реагируют организационными мероприятиями, модернизацией инженерно-технических средств защиты, развитием систем поддержки принятия решений в условиях ЧС и т.д. [1 - 2]. Возрастание уровня угроз требует соответствующего повышения уровня антитеррористической защищенности.

В отношении критически важных объектов концепция обеспечения террористической безопасности развивалась в многочисленных работах, например, в работах Боровского А.С., Тарасова А.Д., Костина В.Н. [3 - 4]. В основе лежит метод вероятностно-временного анализа. В соответствии с концепцией полагается, что безопасность критически важного объекта обеспечена, если силы реагирования успевают пресечь акцию нарушителя до достижения нарушителем уязвимых зон объекта. Для социально значимых объектов данная концепция в исходном варианте неприемлема по ряду причин, в первую очередь, - экономических. Для СЗО более конструктивен риск-ориентированный подход [5], в соответствии с которым, защищенность объекта тем выше, чем больше величина предотвращенного риска при террористической атаке. Отметим, что в данной работе не рассматриваются сценарии предупреждения террористической атаки. Учитывая, что террористическая атака на СЗО обычно развивается на временном горизонте порядка 10 минут, одним из наиболее значимых факторов в увеличении предотвращенного риска становится целенаправленная активность реципиентов риска, поддержанная инженерно-техническими средствами обеспечения безопасности объекта (активное противодействие реципиентов риска в условиях атаки). Модель антагонистического конфликта между нарушителем и реципиентами риска при атаке [6] должна учитывать динамику активности реципиентов риска и нарушителя(ей), характеристики участников конфликта, параметры инженерно-технических средств защиты и т.д.

Необходимо отметить, что каждый из объектов располагает той или иной системой обеспечения безопасности в условиях чрезвычайных ситуаций. Эти системы защиты весьма различны у разных объектов в силу различия возможностей, в первую очередь, финансовых. Особенность террористической угрозы проявляется в значимой неопределенности локализации места и времени проявления. Неопределенность локализации угрозы в отношении социально значимых объектов, обуславливает требование повышения усредненной по отношению к совокупности объектов, антитеррористической защищенности.

С развитием инженерно-технических средств защиты теоретически возможно построение системы обеспечения безопасности, отвечающей самым высоким требованиям. Но весьма значимые затраты на систему защиты допускают построение близкой к идеалу системы лишь для отдельно взятого объекта или для их весьма ограниченной совокупности. Предугадать направление террористической атаки затруднительно [7]. Поэтому модернизация системы антитеррористической защищенности должна касаться той части социально значимых объектов, которые наименее защищены и в наибольшей степени подвержены угрозам. При этом должны быть учтены реалии каждого объекта. Учитывая большое количество объектов, должны быть учтены объективно существующие ограничения ресурсов.

Таким образом, требование повышения антитеррористической защищенности социально значимых объектов, актуализирует решение следующих задач:

1. Определение совокупности социально значимых объектов, системы обеспечения террористической безопасности которых, требуют первоочередной модернизации, с учетом состояния систем защиты и имеющихся ресурсов;
2. Проектирование улучшающих воздействий при модернизации инженерно-технических средств защиты для каждого из объектов.

В рамках данной работы сосредоточим внимание на рассмотрении первой задачи. В этой связи, необходимо определиться с факторами, влияющими на уровень террористической угрозы, определиться с уровнем антитеррористической защищенности каждого из объектов защиты. Необходимо ранжирование совокупности объектов по количественным оценкам отношений уровней угроз и защищенности. Ранжирование позволяет выделить множество СЗО, система обеспечения антитеррористической безопасности которых, требует модернизации, и определиться с относительным распределением ресурсов на модернизацию.

**Алгоритм моделирования антагонистического конфликта**

В модели антагонистического конфликта на социально значимом объекте рассмотрению подлежат два взаимосвязанных процесса, определяющих последствия террористической атаки. Первый процесс – действия нарушителя; второй процесс – действия реципиентов риска, реагирующих на атаку. Процессы моделируются в рамках электронного полигона [6]. Действия нарушителя при атаке отвечают модели нарушителя. Частота проявления конфликта (террористической атаки) соответствует уровню террористической угрозы.

В существующих условиях (в условиях временного горизонта террористической атаки порядка 10 минут) наиболее значимым механизмом реагирования на террористическую атаку социально значимого объекта, является управляемое перемещение реципиентов риска в зоны безопасности (экстренная эвакуация реципиентов риска) по безопасным путям [8]. Количественная характеристика реагирования реципиентов риска – предотвращенный ущерб при атаке. Предотвращенный ущерб совместно с частотой проявления ущерба, соответствует количественной оценке защищенности (оценке предотвращенного риска).

Распределение ограниченных ресурсов на первоочередную модернизацию систем обеспечения безопасности совокупности социально значимых объектов, предполагает:

* Количественную оценку уровня террористической угрозы для каждого социально значимого объекта;
* Количественную оценку уровня защищенности каждого социально значимого объекта;
* Оценку соответствия уровней угроз и уровней защищенности совокупности объектов;
* Ранжирование объектов по оценкам соответствия;
* Распределение средств на модернизацию системы безопасности в соответствии со списком ранжированных объектов и с учетом существующих финансовых ограничений.

В дальнейшем распределение ресурсов на повышение защищенности будет иллюстрироваться на примере совокупности корпусов одного из образовательных учреждений. Программное обеспечение электронного полигона моделирования антагонистического конфликта допускает анализ практически неограниченной совокупности СЗО. Однако, для целей иллюстрации, ограничимся анализом объектов, входящих в совокупность из шести объектов.

**Количественная оценка уровня террористической угрозы**

Исходя из литературных данных [2, 9-10], к основным численным характеристикам *Nk*, влияющим на уровень террористических угроз, можно отнести следующие:

-  - количество человек в здании, чел.;

-  - срок службы здания, лет;

-  - плотность людей в здании, чел./м2;

-  - численность населения в районе расположения объекта защиты, чел;

-  - общий уровень преступности в районе расположения объекта защиты.

В общем случае, для достоверного прогнозирования уровня угрозы (привлекательности объекта защиты для нарушителя) требуется большое количество характеристик объекта. Однако, при выборе характеристик, определяющих уровень угрозы, необходимо учитывать, что информация по объекту защиты, должна быть такой, чтобы нарушитель не обратил ее против реципиентов риска на объекте.

Террористическая угроза для *i*-го объекта характеризуется параметрами (критериями) – , определяющими его «привлекательность» для нарушителя: *n* – количество объектов защиты в совокупности; *m* – количество критериев. Количественные значения критериев определяются через численные значения соответствующих характеристик *i*-го объекта (*Nk)i*

*=* (*Nk)i* */<Nk>,*

где *<Nk> -* среднее значение *k* - ой характеристики для рассматриваемой совокупности объектов.

В данном случае, для *i*-го объекта защиты имеем пять количественных характеристик террористической угрозы (*m* = 5). Критерии соотнесены к средним значениям характеристик по совокупности объектов. Чем больше значение критерия, тем больше влияние критерия на угрозу по отношению к среднему значению. Значения параметров , где *k* = 1,2,3,4,5, образуют фигуру, площадь которой *S*(*f1, f2 , f3, f4 , f5)*. Фигура с площадью *S0*(*f1=1, f2=1, f3=1,f4=1, f5=1)* соотносится со средними по совокупности объектов защиты, характеристиками угроз.

Будем характеризовать уровень угрозы по отношению к *i*-му объекту совокупности - *yi* значением:

*yi  = S(f1, f2 , f3, f4 , f5)/ S0*(*f1=1, f2=1, f3=1,f4 =1, f5=1),*

где *S(f1, f2 , f3, f4 , f5)* = 0.5\**Sin*(2\*.

Множество оценок уровня угроз , где  - количественная оценка уровня террористической угрозы для *i*-го объекта защиты.

Так как, в данном случае, совокупность объектов защиты состоит из объектов одного типа (корпуса образовательного учреждения), все объекты расположены компактно, то численные значения характеристик *N*4, *N*5 и соответствующих критериев , , совпадают для всех объектов совокупности.

Численные значения характеристик и значения соответствующих параметров равны:

*N4* = 128405 чел. (численность населения Индустриального района города Ижевск [11], где расположены корпуса образовательного учреждения), *f4 =* 1;

*N5* = 9532 случ. (краткая характеристика состояния преступности на территории города Ижевска [12]), *f5 =* 1.

В табл. 1 представлены исходные численные значения характеристик (корпуса 1,2,3,4,5,7 [8]) и расчетных параметров для совокупности объектов защиты *i* = 1,2,3,4,5,6.

1. **Оценка террористической угрозы**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Исходные данные | | | Расчетные | | | |
| i | *N1* | *N2* | *N3* | *f1* | *f2* | *f3* | *yi* |
| 1 | 1974 | 57 | 0,21 | 1,26 | 0,95 | 1,09 | 1,11 |
| 2 | 1949 | 92 | 0,26 | 1,24 | 1,53 | 1,34 | 1,51 |
| 3 | 158 | 106 | 0,07 | 0,10 | 1,76 | 0,36 | 0,46 |
| 4 | 3177 | 64 | 0,28 | 2,02 | 1,06 | 1,45 | 1,63 |
| 5 | 1105 | 30 | 0,18 | 0,70 | 0,50 | 0,93 | 0,69 |
| 6 | 1072 | 12 | 0,16 | 0,68 | 0,20 | 0,83 | 0,56 |

Из анализа данных, представленных в табл. 1, следует, что наибольший уровень террористической угрозы соотносится с корпусом №4, наименьший уровень – с корпусом №3.

**Количественная оценка уровня защищенности**

Определяющая часть оценки уровня защищенности при террористической атаке на временном горизонте порядка 10 минут, определяется величиной предотвращенного риска. Реципиенты риска реагируют на атаку целенаправленным перемещением в зоны безопасности по безопасным путям (управляемая эвакуация), чему призваны способствовать инженерно-технические средства защиты.

К факторам (критериям), определяющим уровень антитеррористической защищенности социально значимых объектов при террористической атаке, в первую очередь, относятся:

1. Уровень подготовленности реципиентов риска к действиям (активная защита) в условиях террористической атаки;

2. Уровень подготовленности персонала объекта и сотрудников привлекаемых служб к действиям в условиях террористической атаки;

3. Уровень информационной безопасности объекта защиты;

4. Уровень инженерно-технической защищенности.

Так как анализу подлежит совокупность объектов одного типа (корпуса одного образовательного учреждения), то, в первом приближении, численные значения соответствующих характеристик и критериев совпадают для всех объектов совокупности: }, }, } . Численные значения критериев: *f1 =* 1, *f2 =* 1, *f3 =* 1.

Уровень инженерно-технической защищенности СЗО будем характеризовать относительной величиной предотвращенного риска *R* при террористической атаке на СЗО – *R(T)/N0*. В этом выражении *N0* – численность реципиентов риска перед началом террористической атаки, *T* –продолжительность террористической атаки.

В работе [8] показано, что временной интервал освобождения здания реципиентами риска при эвакуации удовлетворительно описывается регрессионной зависимостью –

|  |  |
| --- | --- |
| *Te* = 115.45 + 725.76\**D* + 103.38\**Ω*, | (1) |

где: *D* [чел/м2] – плотность реципиентов риска в здании в момент начала террористической атаки; *Ω* – топологическая сложность здания (*Ω* рассчитывается на основании пространственно-информационной модели здания, представленной в виде графа). По результатам вычислительных экспериментов эвакуации людей из зданий [13], имеем верхнюю оценку –

В этом выражении *N(T) –* оценка количества реципиентов риска, оставшихся в здании к концу террористической атаки. Оценка предотвращенного ущерба *U = (N0 – N(T)*) при террористической атаке, представляется выражением:

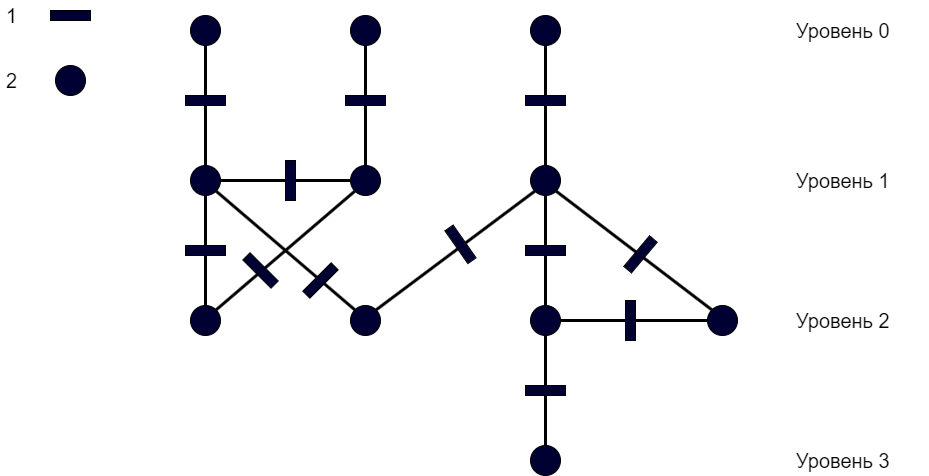
|  |  |
| --- | --- |
| *.* | (2) |

При прогнозировании последствий террористической атаки на СЗО моделируются два процесса:

- движение нарушителя, отвечающее соответствующей модели нарушителя;

- направленное движение реципиентов риска в зоны безопасности по безопасным путям, отвечающее теории людских потоков [14-15].

Процессы моделируются в рамках специализированного программного комплекса (электронного полигона). Для моделирования используется пространственно-информационная модель (ПИМ) здания. Цифровая модель здания создается в BIM-системе Renga. ПИМ здания, представляемая Json-файлом [16], создается специализированным плагином. При моделировании атаки в здании используется топологический граф (рис. 1). Вершины топологического графа отвечают помещениям здания, ребра – проемам.



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

На каждом временном шаге *τ* моделируется перемещение нарушителя по связанным вершинам топологического графа в направлении не уменьшения уровня топологического графа. Для нарушителя выбор пути отвечает модели максимального поражения реципиентов риска. Террористическая атака заканчивается, если нарушитель, двигаясь со скоростью *V* = 100 м/мин, достигает последнего помещения здания (соответствует последней вершине топологического графа). Отметим, что это одна из возможных моделей поведения нарушителя. Обычно расчет поддерживается несколькими моделями, отвечающими анализу террористических атак [17].

Вершины графа по пути движения нарушителя не доступны реципиентам риска, то есть траектории движения реципиентов риска, отвечающие кратчайшему по времени пути, перестраиваются по мере развития террористической атаки. Для определения траекторий перемещения реципиентов риска на каждом интервале моделирования используется волновой алгоритм. Процесс перемещения реципиентов риска поддерживается инженерно-техническими средствами защиты: системами связи; оповещения и т.д. (проектирование улучшающих воздействий в отношении технических средств защиты СЗО в рамках данной работы не рассматривается).

Переходя от предотвращенного ущерба (2), к величине предотвращенного риска, в данном случае, имеем выражение

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

В этом выражении:

– вероятность обнаружения нарушителя в помещениях здания;

– вероятность корректной работы системы управления людскими потоками в условиях террористической атаки;

- частота проявления *m*-ой модели нарушителя (*m\** - количество возможных моделей нарушителя);

- частота атаки нарушителя через *b*-ый вход в здание (*b\** - количество возможных сценарий начала атаки в здании);

*k* – номер шага моделирования.

Если принять в первом приближении  *≈ U)* , то

верхняя оценка предотвращенного риска *R* при террористической атаке

*.*

Уровень инженерно-технической защищенности СЗО характеризуется *N4* = *R(T)/N0*. Множество оценок уровня антитеррористической защищенности , где  - количественная оценка уровня антитеррористической защищенности людей *i*-ого социально значимого объекта совокупности:

*zi  = S(f1, f2 , f3, f4 )/ S0*(*f1=*1*, f2=*1*, f3=*1*,f4 =*1*),*

где *S(f1, f2 , f3, f4 )* = 0.5\**Sin*(2\*.

В табл. 2 представлены численные значения характеристик (корпуса 1,2,3,4,5,7): *D* [чел/м2] – плотность реципиентов риска в здании в момент начала террористической атаки [8]; *Ω* – топологическая сложность здания [8].

1. **Оценка защищенности**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Исходные данные | | Расчетные | |
| *i* | *D* | *Ω* | *R/N0* | *zi* |
| 1 | 0,079 | 1,36 | 0,617 | 0,99 |
| 2 | 0,102 | 0,84 | 0,633 | 1,00 |
| 3 | 0,071 | 0,32 | 0,38 | 0,84 |
| 4 | 0,126 | 1,84 | 0,789 | 1,09 |
| 5 | 0,03 | 0,95 | 0,753 | 1,07 |
| 6 | 0,046 | 0,81 | 0,645 | 1,01 |

**Ранжирование социально значимых объектов**

Для *i*-го социально значимого объекта уровень антитеррористической защищенности характеризуется оценкой соответствия:

|  |  |
| --- | --- |
| *qi  = yi / zi* . |  |

При , уровень угрозы превышает уровень защищенности, то есть требуется усиление системы обеспечения безопасности; при  – усиление системы безопасности, в общем случае, нецелесообразно. Потребность в модернизации системы обеспечения безопасности зависит от соотношения между уровнями угроз и защищенности. Эффективность системы безопасности СЗО будет приемлемой, если уровень угроз будет соответствовать уровню защищенности. Модернизация системы обеспечения безопасности целесообразна в отношении объектов, для которых

*δi = qi -* 1 > 0.

Положим, что *I* – множество социально значимых объектов, для которых целесообразна модернизация системы обеспечения безопасности –

*(i ϵ I) (qi >* 1*).*

Потребность в модернизации системы безопасности *i*-го объекта тем выше, чем больше *δi = qi -* 1 при *δi >* 0. Если *i*\* - количество СЗО, отвечающих условию

*qi >* 1, то уровень антитеррористической защищенности совокупности социально значимых объектов будет тем выше, чем меньше значение целевой функции *F*:

*F* =

Идеальный случай, когда для всех объектов защиты . При этом значение целевой функции .

Если – затраты на модернизацию системы безопасности i -го социально значимого объекта, а *W* - величина средств, выделяемых на модернизацию систем безопасности совокупности объектов, то

*qi >* 1*).*

Затраты на модернизацию системы обеспечения безопасности *i*-го социально значимого объекта будут отвечать выражению:

Табл. 3 иллюстрирует алгоритм распределения средств на модернизацию системы безопасности для рассматриваемой совокупности СЗО (корпуса образовательного учреждения).

1. **Распределение ресурсов на обеспечение безопасности**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *i* | *yi* | *zi* | *qi* | *δi* |  |
| 1 | 1,11 | 0,99 | 1,13 | 0,13 | 11,10 |
| 2 | 1,51 | 1,00 | 1,51 | 0,51 | 45,24 |
| 3 | 0,46 | 0,84 | 0,54 |  |  |
| 4 | 1,63 | 1,09 | 1,49 | 0,49 | 43,66 |
| 5 | 0,69 | 1,07 | 0,64 |  |  |
| 6 | 0,56 | 1,01 | 0,56 |  |  |

Из данных табл. 3 следует, что средства на модернизацию системы антитеррористической защищенности корпусов образовательного учреждения подлежат распределению в отношении : : = 45,24 : 43,66 : 11,10.

**Заключение**

По ряду причин происходит возрастание террористической опасности для реципиентов риска социально значимых объектов. Возрастание опасности требует незамедлительного повышения уровня антитеррористической защищенности. Этой цели служит, предлагаемая в работе проблемно-ориентированная система, которая, в том числе, ориентирована на сопоставление уровней террористических угроз и защищённости. Сопоставление позволяет выделить совокупность социально значимых объектов, системы обеспечения безопасности которых требуют модификации (в данном примере, это объекты защиты i = 1,2,4). Сопоставление позволяет обоснованно распределить ограниченные финансовые ресурсы на модернизацию системы антитеррористической безопасности.

**Библиографический список**

1. **Тихомиров Н.П., Новиков А.В.** Риски террористических актов и особенности их оценки / Н.П. Тихомиров, А.В. Новиков // Вестник РЭУ. – 2019. - № 2. – С. 198–210. DOI: 10.21686/2413-2829-2019-2-198-210.

2. **Павлов В.Н., Какадий И.И.** Угрозы безопасности образовательного учреждения / В.Н. Павлов, И.И. Какадий // Бюллетень науки и практики. – 2020. – Т. 6, № 6. – С. 305–311. DOI:10.33619/2414-2948/55/40.

3. **Боровский А.С., Тарасов А.Д.** Интегрированный подход к разработке общей модели функционирования систем физической защиты объектов / А.С. Боровский, А.Д. Тарасов // Труды ИСА РАН. – 2011. – Т.61. – С. 3–14.

4. **Костин В. Н.** Оценка потенциала опасности критически важных объектов при возникновении чрезвычайных ситуаций на основе информационно вероятностного метода и метода главных компонент / В. Н. Костин // Информационные технологии. – 2020. – Т. 26, № 5. – С. 297–301.

5. **Бочков А.В.** О методе синтеза рисков в управлении безопасностью структурно-сложных систем / А.В. Бочков // Надежность. – 2020. – Т. 20, № 1. С. 1–11. DOI: 10.21683/1729-2646-2020-20-1-57-67.

6. 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.

7. **Бецков А.В., Осташкевич В.А., Ранюк М.А.** Методологические подходы к выявлению уязвимости социально важных объектов террористическим угрозам / А.В. Бецков, В.А. Осташкевич, М.А. Ранюк // Труды международного симпозиума «Надежность и качество», 2017, том 2.- С 307- 310.

8. **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

9. Об утверждении требований к антитеррористической защищенности объектов (территорий) Министерства просвещения Российской Федерации и объектов (территорий), относящихся к сфере деятельности Министерства просвещения Российской Федерации, и формы паспорта безопасности этих объектов (территорий) [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 2.08.2019 № 1006 (ред. от 05.03.2022). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультатПлюс».

10. Об утверждении требований к антитеррористической защищенности объектов (территорий) Министерства науки и высшего образования РФ и подведомственных ему организаций, объектов (территорий), относящихся к сфере деятельности Министерства науки и высшего образования РФ, формы паспорта безопасности этих объектов (территорий) и признании утратившими силу некоторых актов Правительства РФ [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 07.11.2019 № 1421 (ред. от 04.04.2023). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультатПлюс».

11. Демографическая ситуация. URL: <https://www.izh.ru/i/info/14842.html> (дата обращения: 5.09.2023).

12. Краткая характеристика состояния преступности на территории города Ижевска. URL: <https://www.izh.ru/i/info/31721.html> (дата обращения: 5.09.2023).

13. **Колодкин В.М., Чирков Б.В.** Компьютерное исследование процесса эвакуации людей из здания при пожаре // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 12-3. С. 496–500.

14. **Холщевников В.В.** Гносеология людских потоков. Москва: Академия ГПС МЧС России, 2019. 592 с.

15. **Самошин Д.А.** Состав людских потоков и параметры их движения при эвакуации. М: Академия ГПС МЧС России, 2016. 210 с.

16. **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.

17. Нападения на учебные заведения России. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Нападения_на_учебные_заведения_в_России> (дата обращения: 5.09.2023).

**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. 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).

3. Borovskii A.S., Tarasov A.D. Integrirovannyi podkhod k razrabotke obshchei modeli funktsionirovaniya sistem fizicheskoi zashchity ob''ektov. Trudy ISA RAN, 2011, vol. 61, no. 1, pp. 3-13 (in Russ).

4. Kostin V.N Assessment of the hazard potential of critical facilities during emergency situations based on information probabilistic method and principal components. Information Technologies, 2020, vol. 26, no 5, pp. 297–301 (in Russ).

5. 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).

6. 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).

7. Beckov A.V., Ostashkevich V.A., Ranyuk M.A. Metodologicheskie podhody k vyyavleniyu uyazvimosti social'no vazhnyh ob"ektov terroristicheskim ugrozam. Trudy mezhdunarodnogo simpoziuma «Nadezhnost' i kachestvo», 2017, vol. 2, pp. 307- 310 (in Russ).

8. 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).

9. Ob utverzhdenii trebovanij k antiterroristicheskoj zashchishchennosti ob"ektov (territorij) Ministerstva prosveshcheniya Rossijskoj Federacii i ob"ektov (territorij), otnosyashchihsya k sfere deyatel'nosti Ministerstva prosveshcheniya Rossijskoj Federacii, i formy pasporta bezopasnosti etih ob"ektov (territorij) [Elektronnyj resurs]: Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 2.08.2019 № 1006 (red. ot 05.03.2022). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tatPlyus» (in Russ)..

10. Ob utverzhdenii trebovanij k antiterroristicheskoj zashchishchennosti ob"ektov (territorij) Ministerstva nauki i vysshego obrazovaniya RF i podvedomstvennyh emu organizacij, ob"ektov (territorij), otnosyashchihsya k sfere deyatel'nosti Ministerstva nauki i vysshego obrazovaniya RF, formy pasporta bezopasnosti etih ob"ektov (territorij) i priznanii utrativshimi silu nekotoryh aktov Pravitel'stva RF [Elektronnyj resurs]: Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 07.11.2019 № 1421 (red. ot 04.04.2023). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tatPlyus» (in Russ)..

11. Demographic situation. Available from: https://www.izh.ru/i/info/14842.html (access date: 05.09.2023) (in Russ).

12. Brief description of the state of crime in the city of Izhevsk. Available from: https://www.izh.ru/i/info/31721.html (access date: 05.09.2023) (in Russ).

13. 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).

14. Kholshchevnikov V.V. Gnoseologiya lyudskikh potokov. Moscow, 2019. 592 p. (in Russ).

15. Samoshin D.A. The composition of human flows and the parameters of their movement during evacuation. Moscow, 2016, 210 p. (in Russ).

16. 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).

17. Attacks on educational institutions in Russia. Available from: https://ru.wikipedia.org/wiki/Attacks\_on\_educational\_institutions\_in\_Russia (date of access: 05.09.2023) (in Russ).

Сведения об авторах:

**Колодкин Владимир Михайлович**

426034, г. Ижевск, ул. Университетская, д. 1

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», профессор кафедры цифровых инженерных технологий Института гражданской защиты

доктор технических наук, профессор

E-mail: [kolodkin@rintd.ru](mailto:kolodkin@rintd.ru)

Телефон: 8(3412) 91-60-85

Паспортные данные: 9402 899054

Выдан Октябрьским РОВД г. Ижевска

Адрес прописки: г. Ижевск, ул. Родниковая, д.70, кв.60

Дата рождения: 14.11.1948

**Варламова Дина Михайловна**

426034, г. Ижевск, ул. Университетская, д. 1

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», ст. преподаватель кафедры цифровых инженерных технологий Института гражданской защиты

426034, г. Ижевск, ул. Университетская, д. 1

E-mail: [dina@rintd.ru](mailto:dina@rintd.ru)

Телефон: 8 (3412) 68-38-31

Паспортные данные: 9410 123979

Выдан ТП в с. Юкаменское МО УФМС России по Удмуртской Республике в городе Глазове, 07.10.2010

Адрес прописки: Удмуртская республика, Воткинский р-н, с. Июльское, ул. 40 лет Победы, д. 20, кв.1

Дата рождения: 02.04.1983

**Шакиров Артем Дмитриевич**

426034, г. Ижевск, ул. Университетская, д. 1

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», магистрант 2 курса Института гражданской защиты

E-mail: [artdmshakirov@gmail.com](mailto:artdmshakirov@gmail.com)

Телефон: 8 (3412) 68-38-31

Паспортные данные: 9418 759267

Выдан МВД по Удмуртской Республике, 11.03.2019

Адрес прописки: г. Ижевск, ул. Родниковая, д. 66, кв. 30

Дата рождения: 03.02.1999