

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра математической
кибернетики и компьютерных наук

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ЛИЧНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 2 курса 273 группы
направления 01.04.02 — Прикладная математика и информатика
факультета КНиИТ
Ибрагимовой Мариам Анвяровны

Научный руководитель
профессор, д. т. н.

А. Ф. Резчиков

Заведующий кафедрой
к. ф.-м. н.

С. В. Миронов

Саратов 2018

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире здоровье и жизнь человека подвергаются различным угрозам, связанными с профессиональными рисками, агрессивной окружающей средой и др. Для человеко-машинных систем для представления ситуаций, когда действие неблагоприятных факторов различного рода совмещается во времени, разработана концепция критических сочетаний событий [1]. В случае подобных угроз личной безопасности способность человека оперативно принять правильное решение существенно ограничивается субъективными обстоятельствами и значительной информационной нагрузкой за счет перебора множества вариантов событий. Поэтому для определения действий, которые позволят сохранить жизнь, здоровье и работоспособность, человеку требуется СППР, основанная на использовании современных вычислительных средств и предлагаемого информационного и математического обеспечения [2, 3].

Целью магистерской работы является разработка приложения для поиска критических сочетаний событий, алгоритмы которого могут быть использованы для перспективных систем обнаружения критических сочетаний разнородных событий, угрожающих личной безопасности пользователя.

Задачами данной работы являются обзор источников, разработка математической модели, алгоритмов обнаружения и анализа критических сочетаний событий, методов прогнозирования, а также разработка приложения на основе этих алгоритмов.

Отчет состоит из введения, 3 разделов, заключения и списка использованных источников.

В разделе 1 производится обзор источников в базе РИНЦ и зарубежных базах данных на тему личной безопасности человека.

В разделе 2 дается описание математической модели для определения критических сочетаний событий, угрожающих личной безопасности, пример модели, а также описывается работа алгоритмов поиска критических сочетаний событий, средств предотвращения и методов прогнозирования.

В разделе 3 дается описание разработанной программы.

Приложения А, Б и В содержат программный код приложения.

1 Основное содержание

В рамках первого этапа работы производился обзор источников в базах «Российский индекс научного цитирования», «Scopus» и «Web of Science» с целью определения актуальности выбранной для работы темы. Использовались следующие ключевые слова: личная безопасность, физическая безопасность, гражданская безопасность, автоматические охранные системы, управление рисками [4–37]. Анализ рассмотренных источников показал, что проблема обеспечения личной безопасности граждан и персонала является весьма актуальной в современном мире. Таким образом, обнаружение критических сочетаний в системе необходимо для обеспечения безопасности граждан.

Следующий этап — постановка задачи. Содержательно задача заключается в разработке математических моделей и алгоритмов определения критических сочетаний угроз безопасности персонала ТГС и мер противодействия возникновению таких сочетаний. Пусть в системе «субъект-среда» на отрезке времени $[t_b, t_e]$ задано множество неблагоприятных для субъекта событий $E = \{e_1, \dots, e_k\}$. Состояние среды и субъекта обозначим через $x(t) \in X(t)$, $s(t) \in S(t)$, где $X(t)$, $S(t)$ — множества возможных состояний внешней среды и субъекта соответственно.

Пусть $A = \{a_1, \dots, a_n\}$ — множество средств противодействия субъекта событиям из множества E и для каждого события $e \in E$ задано непустое множество $A(e) \subseteq A$ средств противодействия, каждое из которых может нейтрализовать событие e . Если ни один из элементов $A(e)$ невозможно применить к моменту наступления e , то наступление события e считается критической ситуацией и приводит к возникновению ущерба. Значение функции ущерба зависит от состава неблагоприятных событий и, в общем случае, нелинейно.

Возможности противодействия событиям e_1, \dots, e_k путем применения средств a_1, \dots, a_n выражаются булевой матрицей, где 1 — средство оказывает противодействие событию и 0 в обратном случае.

Кроме противодействия возможно также предотвращение событий e_1, \dots, e_k путем применения средств из множества $B = b_1, \dots, b_m$: для каждого события $e \in E$ задано множество средств предотвращения $B(e) \subseteq B$ таких, что применение любого средства $b \in B(e)$ исключает дальнейшее появление возникновения события $e \in E$ на отрезке времени $[t_b, t_e]$. Возможности предотвращения событий также выражаются булевой матрицей, где 1 — сред-

ство превращает событие в 0 в обратном случае.

Каждое средство $b \in B$ предотвращения неблагоприятных событий имеет стоимость, определяемую функцией $P(b) : B \rightarrow R$, так что возможности предотвращения ограничены имеющимися конечными ресурсами.

Кроме того, для каждого средства противодействия $a \in A$ известно множество $E(a) \subseteq E$ событий, каждое из которых блокирует средство a . Это означает, что после наступления любого события $e \in E(a)$ применение средства a невозможно, пока не будет оказано противодействие событию e . При этом события, блокирующие свои же средства противодействия, не рассматриваются, то есть, для любого $e \in E(a)$ $a \notin A(E)$.

Возможности блокировки средств противодействия a_1, \dots, a_n событиям e_1, \dots, e_k выражаются булевой матрицей, где 1 — событие блокирует средство и 0 в обратном случае.

Подмножество $E' \subseteq E$ называется критическим сочетанием, если после возникновения этих событий хотя бы для одного из них будут заблокированы все средства противодействия. Это возможно в случае, когда для некоторого $e \in E'$ все средства из $A(e)$ заблокированы другими событиями из E' , противодействие которым также невозможно или заблокировано, что будем называть первым типом КС, или в случае, если для нескольких событий, например, $e_1, e_2 \in E'$, доступно одно средство противодействия a , которое не может применяться к ним одновременно, поэтому какое-то из событий e_1, e_2 не получит противодействия и приведет к аварии — второй тип КС [38, 39].

На основе данной модели поставим задачу — найти все критические сочетания первого и второго типов.

Анализируя графы взаимодействий событий, можно определить все критические сочетания первого или второго типов, при этом количество событий в этих сочетаниях может быть различным. Без использования современных программных средств и алгоритмов такие схемы плохо обозримы уже даже при небольшом размере графа.

Анализируя графы взаимодействия событий программными средствами, можно определить потенциальные критические сочетания событий и дать рекомендацию, какой ресурс задействовать, чтобы плохой финал не наступил.

Преимущество графов взаимодействия событий перед классическим де-

ревом событий — возможность использования информации о ресурсах, анализа механизмов взаимодействия и порядка наступления событий в критических сочетаниях. С другой стороны, по графу взаимодействия событий можно так же успешно, как в дереве, найти критические сочетания, оценить вероятность и построить график.

Недостаток графа взаимодействия — большее число вершин, чем в дереве. Эти вершины несут информацию о ресурсах и дают графу преимущество.

В общем случае граф взаимодействия событий и дерево можно совместить в структуру, которая несет информации о механизмах возникновения критических сочетаний событий и возможностях по их предотвращению.

В качестве примера модели рассмотрена ситуация возникновения аварии на Чернобыльской АЭС.

Следующим этапом была разработка алгоритмов поиска критических сочетаний 1 и 2 типов.

Основой алгоритма поиска критических сочетаний 1 типа является поиск в глубину. Асимптотическая сложность полученного алгоритма составила $O((|A| + |E|)^3)$.

Алгоритм работы:

1. Сперва происходит запуск поиска в глубину от каждой вершины, при этом происходит записывание порядка просмотра вершин (обозначим ORD) и запись вершины, находящейся в данный момент в стеке (обозначит ST). Изначально все вершины помечены, как новые ($ORD_V = 0$ для любой вершины V);
2. Добавим очередную вершину V в стек. Присвоим $ORD_V = MAX(ORD) + 1$. Пройдем все вершины U , смежные ей. Если очередная вершина — новая ($ORD_U = 0$), то добавим ее в стек. Иначе происходит проверка условия обратной дуги: $U \in ST \wedge ORD_V > ORD_U$. Если условие выполняется, извлечем участок стека от U до V как найденный цикл;
3. Если стек остался пуст, то работа алгоритма завершается.

Асимптотическая сложность алгоритма поиска критических сочетаний 2 типа составила $O(|A| * |E|)$.

Алгоритм работы:

1. Пусть A — множество всех средств противодействия;
2. Для каждого элемента A_i произведём проверку:

- а) Пусть $A_i(E)$ — множество событий, предотвращаемых A_i ;
- б) Для каждого события e_j из $A_i(E)$ проверим, что для всех средств противодействия a_k из $A(e_j) : E(a_k) \setminus A_i(E) = \emptyset$;
- в) Если событий, удовлетворяющих условию 2.2 больше двух, то они и будут составлять критическое сочетание второго типа.

Следующим этапом являлась разработка алгоритмов нахождения средств предотвращения для критических сочетаний первого и второго типов.

Алгоритм нахождения средств предотвращения для критических сочетаний первого типа заключается в нахождении такого средства предотвращения, которое нейтрализует хотя бы одно из событий сочетания. Это обусловлено тем, что сочетание первого типа представляет собой цикл, следовательно, для его разрыва необходимо предотвратить хотя бы одно из событий.

Сочетание второго типа можно предотвратить, если существуют средства предотвращения хотя бы для $N - 1$ событий сочетания, где N — количество событий в сочетании. Это основывается на том, что для успешного парирования этой группы событий необходимо оставить не более одного из них, так как только в этом случае соответствующее средство противодействия может быть применено.

Также в рамках работы разработаны методы прогнозирования возникновения критических сочетаний. Была добавлена возможность проведения стохастических испытаний — вычисления вероятности появления критического сочетания в последовательностях произвольной длины. Проводится серия из 1000000 испытаний — в каждом генерируется случайная цепочка событий из множества E и проверяется наличие в ней хотя бы одного критического сочетания. Таким образом, после проведения испытаний относительная частота цепочек, содержавших критические сочетания, будет показана пользователю.

Пусть необходимо найти вероятность возникновения критического сочетания K , состоящего из m событий $\{e_{k_1}, e_{k_2}, \dots, e_{k_m}\}$ из множества E в цепочке длины n . Характером данных событий можно пренебречь, т.к. в выбранной модели неблагоприятные события возникают с равной вероятностью. Из этого также следует, что для определения искомой вероятности необходимо оценить количество цепочек, содержащих все события из K хотя бы единожды. Для решения этой задачи найдём вероятность обратного — что в цепочке длины n отсутствует хотя бы одно из событий сочетания K . Так как

множества цепочек, не содержащих e_{k_i} и множества цепочек, не содержащих e_{k_j} , $i \neq j$ пересекаются, для нахождения искомого числа необходимо воспользоваться принципом включения-исключения. Пусть необходимо найти число элементов в объединении множеств A , B и C . Тогда, из суммы $|A| + |B| + |C|$ необходимо вычесть пересечения $|A \cap B|$, $|B \cap C|$ и $|A \cap C|$, т.к. эти элементы будут учтены дважды в сложении количеств элементов пар указанных множеств. Далее, необходимо добавить количество элементов, содержащихся в пересечении всех множеств — $|A \cap B \cap C|$, т.к. эти элементы были вычтены.

Так как события равновероятны, достаточно учесть количество отсутствующих элементов и количество способов эти элементы выбрать. Очевидно, таких способов $\binom{m}{i}$, где i — количество отсутствующих событий. Так как мы исключили i событий, количество возможных цепочек — $(|E| - i)^n$. Таким образом, формула для подсчёта вероятности сочетания K выглядит таким образом:

$$P(K) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m (|E| - i)^n \binom{m}{i} (-1)^{i-1}}{|E|^n}$$

Теперь, пусть дано множество критических сочетаний S . Цепочка считается критической, если в ней появляется хотя бы одно критическое сочетание. Для этого необходимо воспользоваться принципом включения-исключения, так как возможны цепочки, включающие несколько КС. Пусть $P(X)$ - вероятность возникновения сочетания X . Тогда

$$P\left(\bigcup_{s \in S} s\right) = \sum_{s \in S} P(s) - \sum_{s_1, s_2 \in S, s_1 \neq s_2} s_1 \cap s_2 + \dots$$

, где операция пересечения сочетаний подразумевает объединение множеств неблагоприятных событий, входящих в них.

Также существует более краткая форма записи данной формулы — форма Муавра, которая используется в программе:

$$P\left(\bigcup_{s \in S} s\right) = \sum_{T \in 2^S} (-1)^{|T|-1} P(\cap T)$$

, где T - любое непустое подмножество множества критических сочетаний S .

Стоит отметить, что при использовании первого метода моделирования возникает задержка из-за большого количества испытаний, которая растёт с

увеличением длины моделируемой цепочки. При использовании же комбинаторного способа, вероятность определяется почти мгновенно.

Значения, получаемые способом стохастического моделирования, колеблются в радиусе нескольких десятых процента в близости точного значения, получаемого комбинаторным методом.

Заключительным этапом работы являлась разработка приложения. Приложение разрабатывалась в среде IntelliJ IDEA на языке программирования Java. Приложение было реализовано с помощью JavaFX—платформы для создания приложений с насыщенным графическим интерфейсом. В разработке была использована компонента JavaFX Scene Builder — это инструмент разметки, который позволяет пользователям быстро создавать пользовательские интерфейсы приложений JavaFX без кодирования.

Приложение было разработано в рамках архитектуры MVC—Model-View-Controller. В приложении присутствуют 3 класса: Main, Controller и Graph. Содержимое файлов расположено в приложениях.

Приложение работает следующим образом — при запуске приложения появляется окно, где сначала можно получить информацию, каким образом матрицы должны быть представлены в файле, нажав на кнопку «?», находящуюся справа от кнопки «Открыть файл». После этого появится окно с соответствующей информацией. При нажатии на кнопку «Открыть файл» происходит открытие проводника для выбора текстового файла с матрицами и средствами предотвращения. Если в матрице, заданной в файле, количество элементов в какой-то из строк будет отличаться, то при попытке выбрать данный файл будет появляться окно с ошибкой. Если количество столбцов одной матрицы будет отличаться от количества строк другой матрицы, то при попытке выбрать данный файл будет появляться окно с ошибкой. После выбора файла происходит возврат к главному окну, в текстовом поле которого слева от кнопки отображается путь, по которому был выбран файл с матрицами, а также осуществляется подсчет количества неблагоприятных событий в матрице и количества средств противодействия и вывод результата ниже. После выбора файла с матрицами можно нажать значок для указания ограничения на ресурсы, а также установить величину в текстовом поле. После нажатия на кнопку «Поиск критических сочетаний» происходит вывод критических сочетаний, а также указание средств предотвращения. Если ве-

величина средства предотвращения будет больше ограничения на ресурсы, то средство нельзя применить. Если величина средства предотвращения будет меньше либо равна ограничению на ресурсы, то средство можно применить. Также можно провести испытание переборным и комбинаторным методами, нажав на кнопки с соответствующими названиями. Из результатов запуска приложения можно видеть, что результаты моделирования стохастическим методом не сильно отклоняются от результатов комбинаторных подсчётов. Точность стохастического метода объясняется большим количеством испытаний — генерируется один миллион цепочек заданной длины. Это и обуславливает его основной недостаток — заметно большее время работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были выполнены следующие задачи. Дано описание математической модели для определения критических сочетаний событий, угрожающих личной безопасности. Подобран и изучен инструментарий, необходимый для реализации приложения. Разработано приложение с использованием алгоритмов поиска критических сочетаний первого и второго типа, средств предотвращения, а также методов вычисления вероятности появления критического сочетания событий.

Алгоритмическое обеспечение, использованное в разработанной программе, может быть использовано в разработке перспективных информационно-советующих систем по обнаружению и предотвращению критических сочетаний событий.

Материалы данной работы были представлены на конференциях VI Международная молодежная научно-практическая конференция «Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками» и Студенческой научной конференции факультета КНиИТ. Также запланирована публикация статьи в рамках конференции VIII Международная научная конференция «Компьютерные науки и информационные технологии» памяти А. М. Богомолова.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 *Клюев, В. В.* Математические модели и информационные технологии предотвращения неблагоприятных сочетаний событий в критические периоды развития государства / В. В. Клюев, А. Ф. Резчиков, В. А. Кушников, А. С. Богомоллов, В. А. Иващенко, Л. Ю. Филимонюк // *Вестник компьютерных и информационных технологий.* — 2017. — № 2 (152). — С. 40–47.
- 2 *Резчиков, А. Ф.* Критические сочетания событий—причины аварий в человеко-машинных системах. Материалы Восьмой международной конференции: в 2 томах // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2015 / Под ред. С. Н. Васильева, А. Д. Цвиркуна. — Москва: Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, 2015. — С. 130–135.
- 3 *Резчиков, А. Ф.* Критические сочетания событий как причина аварий в человеко-машинных системах // Математические методы в технике и технологиях—ММТТ. — Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А., 2015. — С. 151–153.
- 4 *Терехова, Н.* Система обеспечения безопасности личности в общей структуре обеспечения национальной безопасности Российской Федерации / Н. Терехова // *Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право.* — 2012.
- 5 *Акимов, В.* Информационно-коммуникационные технологии обеспечения безопасности Российской Федерации: монография / В. Акимов. — 2009.
- 6 *Максимова, С.* Особенности восприятия риска в структуре оценки личной и социальной безопасности / С. Максимова // *Известия Алтайского государственного университета.* — 2012.
- 7 *Григорьев, С.* Обоснование выбора стратегии автоматизации управления безопасностью военной службы / С. Григорьев // *Технические науки - от теории к практике.* — 2012.
- 8 *Горлов, В.* Личная физическая безопасность сотрудников органов внутренних дел / В. Горлов // *Вестник Волгоградской академии МВД России.* — 2009.

- 9 Померанцев, Ю. Личная безопасность сотрудников ОВД: сущность проблемы и пути ее решения / Ю. Померанцев // *Вестник Владимирского юридического института*. — 2009.
- 10 Герасимов, И. Индивидуально-ориентированные технологии подготовки сотрудников правоохранительных органов к обеспечению личной профессиональной безопасности / И. Герасимов // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. — 2013.
- 11 Алиуллов, Р. О некоторых аспектах обеспечения личной и общественной безопасности полицией / Р. Алиуллов // *Вестник Казанского юридического института МВД России*. — 2012.
- 12 Белозеров, В. Методы, модели и средства автоматизации управления техносферной безопасностью / В. Белозеров // *Академия государственной противопожарной службы МЧС России. Ростов-на-Дону*. — 2012.
- 13 Башлыков, И. Методы и средства защиты человека от опасных и вредных производственных факторов / И. Башлыков // *Современные проблемы науки и образования*. — 2009.
- 14 Шешегов, П. Методические подходы к оценке эффективности экстраауральных средств защиты / П. Шешегов // *Центральный научно-исследовательский институт ВВС Минобороны России. Москва*. — 2015.
- 15 Агапов, А. Личная безопасность человека и гражданина - основа безопасности личности / А. Агапов // *Государство и право: теория и практика: материалы II междунар. науч. конф. Чита*. — 2013.
- 16 Ежевская, Т. Безопасность личности: система понятий / Т. Ежевская // *Психопедагогика в правоохранительных органах*. — 2008.
- 17 Jacob, C. Practising civilian protection: Human security in myanmar and cambodia / C. Jacob. — 2014.
- 18 Keenan, N. Operationalizing civilian protection in mali: The case for a civilian casualty tracking, analysis, and response cell / N. Keenan. — 2013.
- 19 Owen, T. The uncertain future of human security in the un / T. Owen. — 2008.

- 20 *Labonte, M.* Whose responsibility to protect? the implications of double manifest failure for civilian protection / M. Labonte. — 2012.
- 21 *Gordon, S.* The protection of civilians: An evolving paradigm? / S. Gordon. — 2013.
- 22 *Vanitha, M.* Monitoring and controlling of mobile robot via internet through raspberry pi board / M. Vanitha. — 2016.
- 23 *Gouin, B.* Security measures: Physical security / B. Gouin. — 2007.
- 24 *Johnston, R.* The uncertain future of human security in the un / R. Johnston. — 2004.
- 25 *Lv, H.* Risk assessment of security systems based on entropy theory and neyman-pearson criterion / H. Lv. — 2013.
- 26 *Gertman, D.* Characterization process for representation of human factors and human reliability in facility security / D. Gertman. — 2004.
- 27 *Nunes-Vaz, R.* Designing physical security for complex infrastructures / R. Nunes-Vaz. — 2004.
- 28 *Song, X.* Effect of authority figures for pedestrian evacuation at metro stations / X. Song. — 2016.
- 29 *Hashimoto, Y.* A probabilistic model of pedestrian crossing behavior at signalized intersections for connected vehicles / Y. Hashimoto. — 2016.
- 30 *Sinha, A.* Content based person retrieval from video using forward backward frame check algorithm / A. Sinha. — 2016.
- 31 *Li, W.* Person re-identification based on multi-region-set ensembles / W. Li. — 2016.
- 32 *Shedeed, H.* A new method of person identification in a biometric security system based on brain eeg signal processing / H. Shedeed. — 2011.
- 33 *Hantscher, S.* Security assistant system combining millimetre wave radar sensors and chemical sensors / S. Hantscher. — 2011.
- 34 *Gnanavel, R.* Smart home system using a wireless sensor network for elderly care / R. Gnanavel. — 2016.
- 35 *Val, L. D.* Supervision and access control system for disabled person's homes / L. D. Val. — 2009.

- 36 *Wieneke, M.* Hazardous material localization and person tracking / М. Wieneke. — 2008.
- 37 *Sanquist, T.* An exploratory risk perception study of attitudes toward homeland security systems / Т. Sanquist. — 2008.
- 38 *Резчиков, А. Ф.* Проблемы критических сочетаний событий в крупномасштабных системах. Материалы Девятой международной конференции // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2016. — Москва: Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, 2016. — С. 102–105.
- 39 *Клюев, В. В.* Анализ критических ситуаций, вызванных неблагоприятным стечением обстоятельств / В. В. Клюев, В. А. Кушников, В. А. Твердохлебов, В. А. Иващенко, А. С. Богомолов, Л. Ю. Филимонюк // *Контроль. Диагностика.* — 2014. — № 7. — С. 12–16.