

Отзыв официального оппонента

на диссертационную работу Пруса Михаила Юрьевича на тему
«Математическое моделирование структуры и динамики многокомпонентных
рисков в социотехнических системах», представленную на соискание ученой
степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2.
«Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Актуальность темы диссертационного исследования

Реализация концепции интеллектуального риск-ориентированного управления в системах обеспечения безопасности (СОБ) требует преодоления противоречия между уровнем научно-технического развития средств получения и обработки мониторинговой информации, с одной стороны, и существующими процессами и методами обоснования решений и поддержки управления, с другой.

Актуальность исследования обусловлена его направленностью на повышение эффективности математического и информационно-аналитического обеспечения в сфере управления природными, техногенными и антропогенными рисками за счет формирования комплекса моделей, алгоритмов и программ, основанных на развитии математических методов исследования структуры и динамики многокомпонентных рисков в социотехнических системах.

Содержание и краткая характеристика диссертации

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы (249 наименований) и 4 приложений, иллюстрирована 35 рисунками и 12 таблицами, содержит 227 страниц сквозной нумерации.

Во введении обоснованы актуальность темы диссертации и степень ее разработанности, сформулированы цель и задачи, определены объект и предмет, показаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость,

описаны методология и методы, представлены положения, выносимые на защиту, обоснована степень достоверности и приведены сведения об апробации результатов.

В первой главе обсуждаются подходы к формированию математического инструментария решения задач управления рисками и прогнозирования динамики кризисных ситуаций, соответствующего современным технологиям сбора и обработки данных. Обоснована целесообразность введения понятия многокомпонентного риска, представленного единой совокупностью количественных и качественных характеристик основных факторов риска.

Во второй главе проводится построение базовой модели многокомпонентных рисков, основанной на матричном представлении стохастической связи композиции установленных вероятностных характеристик уязвимости и состояний объектов защиты (ОЗ), параметров рассматриваемых источников угроз и вариантов функционирования СОБ с набором возможных последствий.

Для определения вероятностных характеристик многокомпонентных рисков автором разработаны численный метод определения вероятностных характеристик многокомпонентных рисков на основе экспертных оценок, а также общая методика дискретно-событийного моделирования функционирования технических средств и других элементов СОБ.

Построена общая модель риск-ориентированного управления, основанная на применении предложенного математического инструментария исследования многокомпонентных рисков при постановке задач многокритериальной комбинаторной оптимизации использования ресурсов.

В третьей главе построена общая модель динамики опасных отказов технических объектов (ТО), основанная на представлении связи параметров наборов источников процессов деградации с обобщенной наработкой интегральным функционалом от значимых эксплуатационных факторов. Представленная стохастическая модель эксплуатационных многокомпонентных рисков может применяться при решении прикладных задач математического и информационно-аналитического обеспечения риск-ориентированного управления в СОБ.

В четвертой главе построена стохастическая модель, описывающая (в рамках марковского процесса) развитие инициируемых локальными инцидентами аварий и катастроф по каскадным сценариям с ветвящейся структурой,

позволяющая прогнозировать динамику аварийных, а также критических состояний учетом данных мониторинга текущего состояния на основе набора нестационарных решений локальных систем дифференциальных уравнений Колмогорова.

В пятой главе приведены результаты прикладных исследований структуры и динамики многокомпонентных рисков, а также некоторые общие методики и алгоритмы, реализованных в комплексе прикладных программ.

В приложениях приведены листинг программы для расчета вероятностных параметров базовой модели многокомпонентного риска на основе проведения процедур экспертной оценки, а также описание общего алгоритма формирования базы знаний и сравнительного анализа эффективности вариантов решений при риск-ориентированном управлении.

Степень обоснованности и достоверность научных результатов

Диссертационное исследование опирается на положения теории вероятностей, теории случайных процессов, алгебры логики, теории принятия решений, анализа иерархий, многокритериальной оптимизации. Обоснованность полученных результатов подтверждается последовательным применением апробированных математических методов анализа и синтеза, математическими доказательствами лемм, теорем и утверждений, результатами вычислительных экспериментов с применением предложенных моделей и методов и их программных реализаций, внутренней непротиворечивостью выводов и их согласованностью с результатами исследований других авторов.

Основные теоретические и практические результаты обсуждались на ряде научных конференций всероссийского и международного уровней, изложены в 36 научных работах, в том числе 8 – в изданиях из перечня ВАК при Минобрнауки России, и 3 – в изданиях, включенных в библиографическую базу данных Scopus, а также 1 патенте на изобретение и 1 свидетельстве о регистрации программы для ЭВМ. Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках проекта № 0707–2020–0034, а также Российского научного фонда (грант № 22–79–10353).

Научная новизна результатов и основных положений диссертации

Научная новизна состоит в развитии математических методов моделирования структуры и динамики многокомпонентных рисков в социотехнических системах, при этом впервые:

- предлагается метод моделирования структуры многокомпонентных рисков, использующий матричные и многоиндексные представления стохастической связи между композицией установленных вероятностных характеристик уязвимости и состояний ОЗ, параметров рассматриваемых источников угроз и вариантов функционирования СОБ, с одной стороны, и набором возможных видов последствий, с другой стороны;

- построена общая модель процессов риск-ориентированного управления на основе постановки задач многокритериальной комбинаторной оптимизации, в рамках которой обоснованы численный метод определения вероятностных характеристик уязвимости ОЗ по экспертным оценкам, а также методика стохастического анализа функционирования СОБ;

- построена модель эксплуатационных многокомпонентных рисков, в которой установлена связь вероятностных характеристик опасных отказов ТО с параметрами источников процессов деградации и обобщенной наработкой, представленной интегральным функционалом от основных эксплуатационных факторов;

- построена модель каскадных сценариев возникновения и развития кризисных ситуаций, использующая наборы аналитических решений локальных систем уравнений Колмогорова для нестационарных марковских процессов с ветвящейся структурой, а также обоснован метод прогнозирования развития критических состояний с учетом данных текущего мониторинга.

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов

Теоретическая значимость результатов исследования состоит в развитии математической теории рисков и методов математического моделирования процессов возникновения и формирования структуры многокомпонентных рисков.

Практическая значимость исследования состоит в создании математического аппарата информационно-аналитической поддержки риск-ориентированного управления в социотехнических системах. Разработанные

методы, математические модели и программный комплекс рекомендуется использовать при проектировании программно-аппаратных средств поддержки риск-ориентированного управления в системах обеспечения комплексной безопасности, а также оперативного реагирования в кризисных ситуациях.

Замечания по работе

По диссертационной работе необходимо сделать ряд замечаний:

1. В разделе 5.1.1 на странице 142 на рисунке 5.2 при построении дерева событий допущена ошибка в обозначении «00» (должно быть «000») для наихудшего варианта, при котором не выполняется ни одна из трех функций Φ_1 , Φ_2 , Φ_3 для конфигурации 1 из табл.5.3.

2. В названии раздела 1.5 на странице 38 стоит лишнее слово «математическому» (в оглавлении «Исследование подходов к моделированию рисков в сложных системах»).

3. В названии раздела 4.4 на странице 116 пропущено словосочетание «отдельных этапов» (в оглавлении «Моделирование динамики отдельных этапов развития аварий и катастроф по каскадному сценарию»).

4. В разделе 4.2 при обосновании предположения, связанного с подбором подходящих законов для адекватного описания временной зависимости интенсивности переходов между состояниями, с учетом определенных этапов развития аварийной ситуации, следовало бы привести более расширенную аргументацию, объясняющую выбор автора в пользу использования трехпараметрических распределений Вейбулла.

Общее заключение

Представленная к защите диссертационная работа Пруса М. Ю. на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является законченной научно-квалификационной работой, самостоятельно выполненной автором на достаточно высоком научном уровне.

Все сформулированные в работе задачи были автором успешно решены, полученные результаты являются достоверными. Диссертационная работа содержит новое решение актуальной научной задачи построения математических моделей и обоснования аналитических и численных методов исследования многокомпонентных рисков в социотехнических системах.

Диссертационное исследование соответствует паспорту специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» по следующим пунктам:

– п. 1 «Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений (физико-математические науки)»;

– п. 8 «Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента».

В результате можно сделать вывод, что диссертационная работа на тему «Математическое моделирование структуры и динамики многокомпонентных рисков в социотехнических системах» соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования РФ, а ее автор – Прус Михаил Юрьевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
доцент, профессор кафедры фунда-
ментальной и прикладной математики
ФГБОУ ВО «Ростовский государ-
ственный экономический университет»
Сахарова Людмила Викторовна

Адрес: 344002, г. Ростов-на-Дону,
ул. Большая Садовая, д. 69
Тел. +7(863) 263–74–60
E-mail: L_Sakharova@mail.ru

Сахарова

Л. В. Сахарова



«24» мая 2023 г.

Подпись Сахаровой Людмилы Викторовны удостоверяю