

На правах рукописи



КИНДАЕВ Александр Юрьевич

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
В УПРАВЛЕНИИ СТРАХОВЫМИ РИСКАМИ**

Специальность 05.13.10 – «Управление в социальных и экономических системах»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Рязань – 2020

Работа выполнена на кафедре математики и физики ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет».

Научный руководитель: **Моисеев Александр Владимирович,**
кандидат физико-математических наук, доцент,
доцент кафедры цифровой экономики Пензенского
государственного университета, г. Пенза

Официальные оппоненты: **Иващенко Антон Владимирович,**
доктор технических наук, профессор, заведующий
кафедрой вычислительной техники Самарского
государственного технического университета, г.
Самара

Орешков Вячеслав Игоревич,
кандидат технических наук, доцент кафедры
систем автоматизированного проектирования
вычислительных средств Рязанского
государственного радиотехнического университета
им. В.Ф. Уткина, г. Рязань

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Астраханский государственный технический
университет», г. Астрахань

Защита диссертации состоится «18» февраля 2021 года в 12:00 на заседании диссертационного совета Д 212.211.02 в ФГБОУ ВО «РГРТУ» по адресу: 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, д. 59/1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», а также на сайте ФГБОУ ВО «РГРТУ» www.rsreu.ru.

Автореферат разослан «___» _____ 20__ г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук, доцент



Д.А. Перепелкин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В условиях недостаточности данных страховой статистики ключевым элементом определения обоснованных страховых тарифов является модель страхования. Страхование является мощным инструментом сглаживания убытков, возникающих в ходе хозяйственной деятельности. Диссертационная работа направлена на разработку моделей и алгоритмов обработки информации с целью оценки рисков для принятия верных управленческих решений. Уделяется внимание моделированию индивидуальных рисков страхования убытков хозяйственной деятельности.

Вопросами построения моделей оценки риска занимались как отечественные, так и зарубежные ученые и специалисты. Так, Лакман И.А., Гареева И.Ю., Курбангалеева Д.М., Агадуллина А.И. для идентификации рисков использовали дерево отказов и логико-вероятностный метод (ЛВМ), а для оценки вероятности наступления неблагоприятного события использовались независимые бинарные модели, оценка риска проводилась с помощью обобщенного распределения Парето (*GPD*). Мухамедиева Д.Т., Солиева Б.Т. в своих работах обосновали метод прогнозирования рисков на основе аппроксимирующих моделей нечеткого вывода при нечетко заданной исходной информации о факторах риска. Ими установлено, что результаты принятия решений по таким моделям можно отнести к недетерминированным. Особенности логико-вероятностной теории риска с группами несовместных событий изучали Соложенцев Е.Д., Рябинин И.А., Степанова Н.В., Карасев В.В., Рыбаков А.В., Алексеев В.В., Яценко С.Г., Козлова В.И., Крюкова Е.А., Лыгденова Т.Б., Ванчикова Е.Н., Мошкин Н.И., Малышев Е.А., Дагбаева С.Д.-Н., которые разработали алгоритмы управления рисками прогнозирования, позволяющие идентифицировать риски и оценить степень их отражения на выполнении плановых показателей производства. Большое внимание актуарным расчетам в страховании и управлении рисками уделено в работах д.ф.-м.н. Баскакова В.Н.

Внимание к страхованию как инструменту преодоления негативных последствий неприятия риска и нестабильности доходов фермеров повышается уже в течение многих лет (Hazell, Pomareda, & Valdes (Eds.), 1986). Следует также отметить, что технологическое развитие отрасли стимулировало повышенный интерес к потенциалу микрострахования для управления климатическими рисками небольших сельскохозяйственных организаций в развивающихся странах (Bogale, 2015; Carter, 2017; Carter, Cheng, & Sarris, 2016; Carter, Janzen, & Stoeffler, 2018; Hess & Hazell, 2015; Janzen & Carter, 2013; Jensen & Barrett, 2017; Miranda & Farrin,

2012; Schaefer & Waters, 2016). Некоторые зарубежные специалисты (например, Khan S., Rennie M., Charlebois S.) в своих работах рассматривают особенности применение погодных деривативов в разных странах по сравнению со стандартными процедурами страхования. Отмечается, что наибольшим препятствием для их эффективного использования в управлении погодными рисками является отсутствие достоверной и доступной информации. Согласно докладу Европейской комиссии, одним из основных условий для страхования конкретного риска является одинаковая доступность страхователя и страховщика к информации о возможности наступления того или иного риска. В силу этого применение подобного подхода в России затруднено.

Несмотря на глубокую проработку отдельных вопросов страхования, ряд вопросов, связанных с численной оценкой рисков страхования, остается открытым. Наибольшее внимания заслуживает разработка моделей и алгоритмов информационной поддержки процесса страхования, которые обеспечат возможность оценки риска, как страховщиками, так и страхователями.

Основным источником первичной информации в этой сфере должны являться данные, которые доступны всем участникам рынка страхования. Данный факт существенно отличает имеющиеся подходы от рассматриваемого в работе, так как снимает проблему асимметрии информации, актуальную в экономике в целом и в страховании в частности. Моделирование осуществляется на основе предположения о нормальности закона распределения данных. Построение моделей основано на классических подходах, согласно которым выявляется факт наступления страхового случая и ущерб по отдельно взятым договорам страхования. Очевидно, что итоговая модель, которая составляет основу информационной системы, должна строиться с использованием формулы полной вероятности.

Применение модели индивидуальных потерь позволяет обосновано подойти к построению модели коллективного риска, необходимой для определения оптимальных тарифов страхования. Существенным преимуществом такого подхода является возможность определения страховых премий в условиях недостаточной страховой статистики, что всё ещё актуально для современной России.

В этой связи тема диссертационного исследования, посвященного разработке моделей и алгоритмов обработки информации для идентификации рисков, является **актуальной**.

Цель и задачи. Целью работы является повышение точности количественной оценки рисков для повышения качества управленческих решений в страховании.

Для достижения поставленной цели сформулированы и решены следующие **задачи**.

- проведен анализ современного состояния исследований и разработок в области управления страховыми рисками;
- модифицирована информационно-структурная модель оценки рисков для решения проблемы асимметрии информации;
- разработана методика формирования модельных данных, учитывающую системность анализируемых рисков;
- разработан алгоритм разбиения на группы объектов страхового поля;
- разработан алгоритм оценки финансового результата страховой компании и страхователей;
- проведена техническая реализация методики формирования модельных данных и разбиения на группы в среде *MatLab*;
- экспериментально оценена эффективность использования разработанных алгоритмов на имеющихся статистических данных.

Объектом исследования является процедура управления страховыми рисками.

Предметом исследования являются модели и алгоритмы управления страховыми рисками в условиях недостаточности страховой статистики.

Методы исследования. Для решения поставленных задач были использованы методы математического анализа, теории вероятностей и математической статистики, теории управления, а также методы компьютерного моделирования, методы выполнения инженерных и научных расчетов в рамках интерактивной системы.

Научная новизна работы.

1 Предложена информационно-структурная модель количественной оценки риска страхования, отличающаяся от известных моделей тем, что основным источником информации является не ограниченные данные страховой статистики, а общедоступные данные о хозяйственной деятельности предприятий. Модель учитывает возможность коррелированности убытков по отдельным договорам, что позволяет компенсировать недостаточность данных страховой статистики.

2 Разработан алгоритм анализа исходной информации, позволяющий выявить корреляции между характеристиками принимаемых к страхованию

объектов, влияющих на оценку совокупного риска. Особенностью алгоритма является использование опосредованных данных, характеризующих факторы, которые являются основными, влияющими на риск. Применение алгоритма позволило выявить условия, при которых автором получено распределение индивидуальных потерь.

3 Для формирования характеризующих страховое поле модельных данных предложена методика, в которой используется алгоритм генерации зависимых случайных величин с заданной матрицей коэффициентов корреляции. Методика может быть использована, в том числе, и в условиях недостаточности статистической информации. По сравнению с традиционным подходом, предполагающим некоррелированность убытков по отдельным рискам, применение алгоритма позволяет повысить точность воссоздания информации, необходимой для расчета рисков.

4 Разработан алгоритм оценки финансового результата в случае принятия страховой компанией риска при определённой тарифной ставке на фиксированном временном промежутке, отличающийся от известных тем, что учитывает реальную зависимость между собой отдельных рисков, что позволяет избежать недооценки риска на малых временных промежутках.

5 Создана комплексная модель оценки страхового риска, учитывающая при выработке управленческих решений возможности изменения во времени тарифной ставки и резервов, что дает возможность объективной оценки страхового продукта, как с позиций страхователя, так и с точки зрения страховщика.

Практическая значимость работы.

1 Применение информационно-структурной модели расчета рисков страхования позволяет расширить спектр классических моделей страхования, дополнить его инструментом численной оценки рисков.

2 Использование предложенного алгоритма разбиения объектов страхования на некоррелируемые группы дает возможность повысить точность оценки совокупного риска страхования.

3 Использование алгоритма генерации зависимых случайных величин в методике формирования модельных данных позволяет практически реализовать модель идентификации и оценивания рисков в условиях ограниченной протяженности временных рядов, характеризующих деятельность объектов страхования.

4 Применение в практике деятельности страховых компаний разработанных алгоритмов, учитывающих особенности тарифной политики, а также

программных средств информационного анализа позволяет повысить эффективность их управленческих решений.

Достоверность и обоснованность результатов работы подтверждается:

- результатами экспериментальной проверки функционирования разработанных алгоритмов на реальных данных;
- согласованностью полученных результатов с результатами, полученными другими исследователями;
- практической эксплуатацией прикладных программных продуктов, на которые получены свидетельства о государственной регистрации;
- апробацией результатов исследования на научных конференциях различного уровня;
- актами об использовании результатов диссертационной работы.

Соответствие паспорту специальности. Диссертация выполнена в соответствии с требованиями специальности 05.13.10 – «Управление в социальных и экономических системах» (технические науки) по следующим областям исследований:

- п.3. «Разработка моделей описания и оценок эффективности решения задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах»;
- п.4. «Разработка методов и алгоритмов решения задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах»;
- п.5. «Разработка специального математического и программного обеспечения систем управления и механизмов принятия решений в социальных и экономических системах».

Основные положения, выносимые на защиту.

- 1 Информационно-структурная модель численной оценки рисков страхования в условиях коррелированности убытков по отдельным договорам.
- 2 Алгоритм анализа исходной информации, позволяющий выявить влияющие на оценку совокупного риска взаимосвязи между объектами.
- 3 Методика формирования модельных данных в условиях недостаточности статистической информации.
- 4 Алгоритм оценки финансового результата в случае принятия страховой компанией рисков при определённой тарифной ставке на фиксированном временном промежутке.
- 5 Программная реализация комплексной модели информационного анализа модельной информации, идентификации и расчета страховых рисков с целью выработки обоснованных управленческих решений.

Внедрение результатов работы.

Исследования поддержаны Российский фондом фундаментальных исследований (РФФИ) в рамках проекта № 16-36-00275 мол_а «Имитационное моделирование в анализе рисков выращивания зерновых с учетом экономико-географического положения района». Результаты работы использованы при создании двух программных продуктов: Модуль генерации многомерного случайного вектора (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2019660365), Программа имитации риска (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2019660364). Результаты исследовательской работы применяются в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», в Обществе с ограниченной ответственностью Агрофирма «Биокор-С» для повышения оценки точности возникающих рисков, а также в образовательном процессе Пензенского государственного технологического университета при подготовке бакалавров и магистров по направлению подготовки «Прикладная информатика», что подтверждено актами о внедрении.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы представлены и обсуждены на XVIII Международной научной конференции «Проблемы теоретической кибернетики» (г. Пенза, 2017); XXI Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах» (г. Самара, 2019); Международной научно-практической конференции «Современные методы интеллектуального анализа данных в экономических, гуманитарных и естественнонаучных исследованиях» (г. Пятигорск, 2016); Международном симпозиуме «Надежность и качество» (г. Пенза, 2018); XVIII Международной научно-практической конференции «Страхование в системе финансовых услуг в России: место, проблемы, трансформация» (г. Кострома, 2017); Международной научно-практической конференции «Инновационная экономика в условиях глобализации: современные тенденции и перспективы» (г. Минск, 2016); Международной заочной научно-практической конференции «Приложение математики в экономических и технических исследованиях» (г. Магнитогорск, 2016); Международной научно-практической конференции «Робототехника и системный анализ» (г. Пенза, 2015); VIII Всероссийском форуме студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и инновации в технических университетах» (г. Санкт-Петербург, 2014); II Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) «Информационные технологии в экономике и управлении» (г. Махачкала, 2016); Международной молодежной научно-

практической конференции «Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками» (г. Саратов, 2014, 2015, 2016), а также на семинарах кафедры «Математика и физика» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет».

Публикации. По теме диссертации опубликовано 23 работы, в том числе 8 статей в ведущих рецензируемых изданиях (из них 3 в зарубежных изданиях, индексируемых в наукометрических базах Web of Science и Scopus и 5 статей в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки России), получено 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Личный вклад автора. Основные результаты, выносимые на защиту, получены автором лично. Во всех работах, выполненных в соавторстве, автор непосредственно участвовал в постановке задач, выборе методов их решения, анализе результатов. Автор осуществил техническую реализацию алгоритмов.

Объем и структура диссертации. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 108 наименований и приложений. Текст изложен на 134 страницах, содержит 33 рисунка и 21 таблицу.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, определены объект и предмет исследования. Сформулированы цель и задачи исследований, основные положения, выносимые на защиту. Показана научная новизна и практическая значимость основных научных результатов. Дана общая характеристика работы.

В первой главе рассматривается математическое и информационное обеспечение процесса страхования. Показаны особенности системности характера риска в страховании. Особое внимание уделяется асимметрии информации между участниками системы, то есть ситуации, при которой одна часть участников рыночной сделки располагают всей полнотой информации, а другая часть – нет. Приводятся две основные модели страхования: индивидуальная и коллективная.

Рассматриваются основные информационные системы обеспечения страхования применимые в нашей стране и за рубежом. Проанализированы следующие подходы: модель страхования погодных индексов, модель контрактного сельского хозяйства, модель, охватывающая форвардные и страховые контракты одновременно.

Проведен анализ подходов к обеспечению процесса страхования (модель расчета нетто-премии, обобщенная линейная модель, модель расчета частоты наступления страхового случая, модель расчета среднего размера убытка). Отмечены проблемы информационного обеспечения вне зависимости от модели страхования.

На основании анализа уточнены задачи исследования.

Во второй главе разработаны модель и алгоритмы оценки риска при страховании убытков предприятия. Описаны диаграммы функционирования информационной системы поддержки принятия решений товаропроизводителями с целью минимизации рисков производства. Модифицирована информационно-структурная модель процесса страхования, отличием является блок «Информация», к которому имеют доступ все участники страховых отношений: сельскохозяйственные организации, страховые компании, банковский сектор и государство (рис. 1).

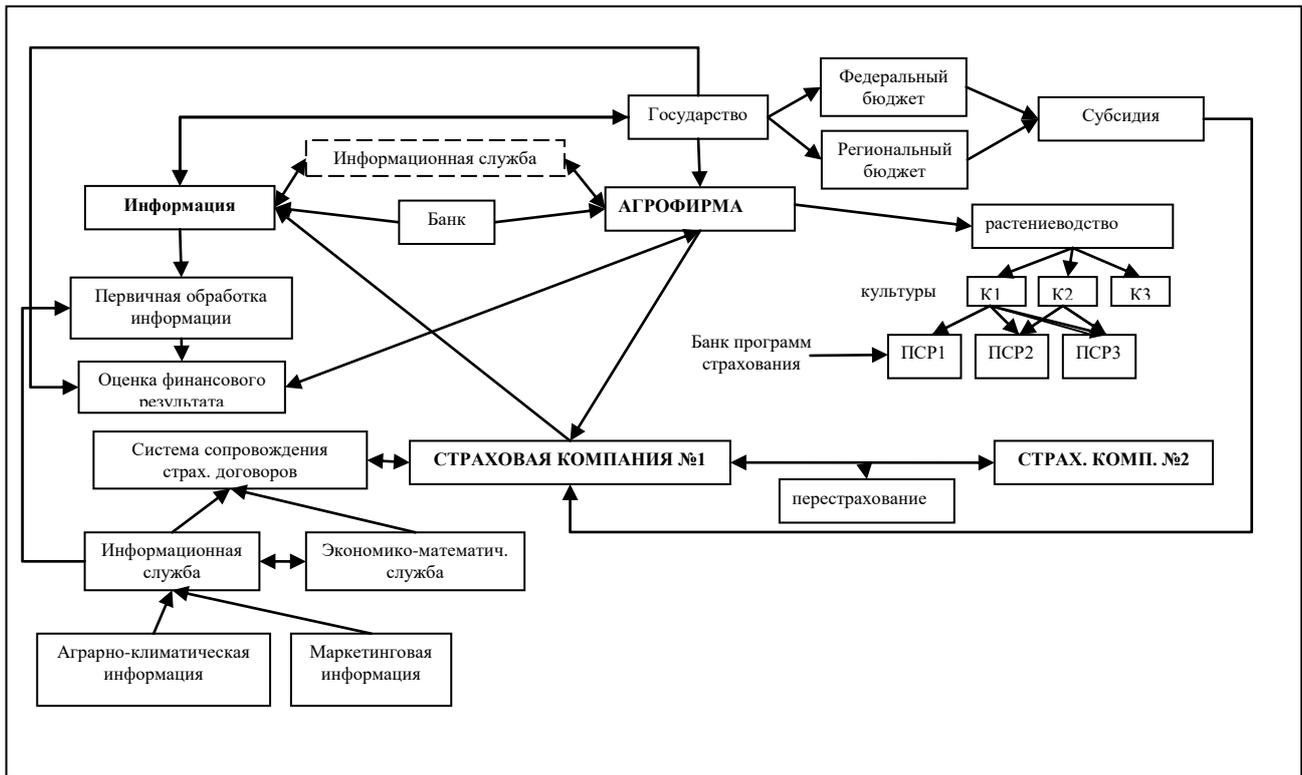


Рисунок 1 – Информационно-структурная модель

Предложен алгоритм анализа исходной информации, включающий в себя четыре модуля (рис. 2).

На рис. 3,4 представлены модули вычисления корреляционных матриц и проверки устойчивости этих матриц.

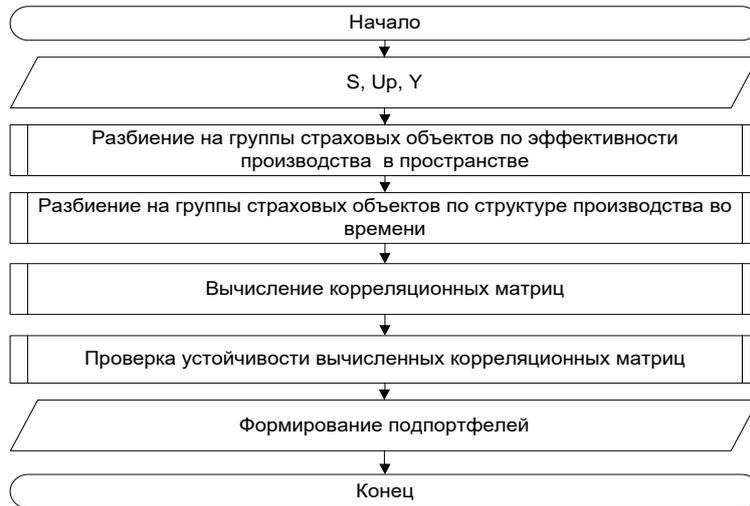


Рисунок 2 – Алгоритм анализа исходной информации

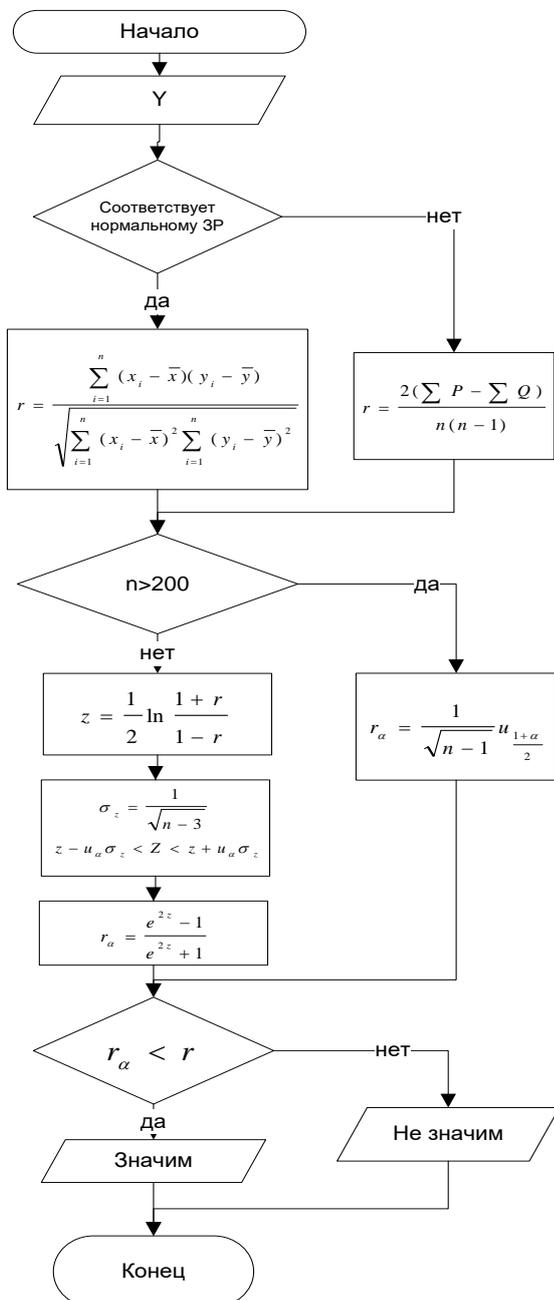


Рисунок 3 – Модуль вычисления корреляционных матриц

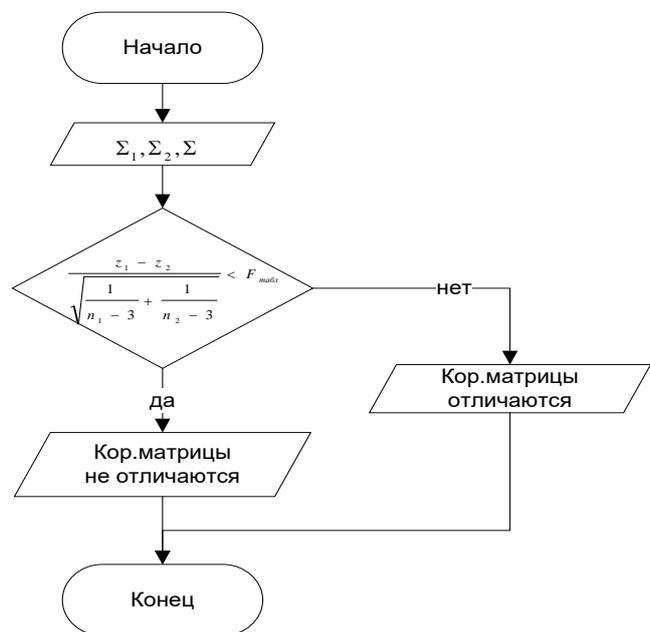


Рисунок 4 – Модуль проверки устойчивости корреляционных матриц

За основу берётся модель индивидуального риска страхования в предположении охвата всего страхового поля. Пусть Y_i – убыток по i -му договору страхования, X_i – часть полной страховой премии, зачисляемой в страховой фонд по i -му договору страхования, h – начальный капитал страховщика по данному портфелю. В этом случае величина

$$R = h + \sum_{i=1}^n (X_i - Y_i), \quad (1)$$

есть итоговый страховой фонд или остаток средств страховой компании по некоторому фиксированному множеству договоров страхования (страховому портфелю). Если считать, что компания охватывает все страховое поле, то величина n является детерминированной.

Рассмотрено формирование величины X_i . Будем считать, что X_i определяется как некоторая доля от страховой стоимости продукции, которая есть произведение цены на плановый сбор:

$$X_i = \alpha(P \cdot Um_i \cdot S), \quad (2)$$

где α – доля (ставка) страховой стоимости, зачисляемая в страховой фонд, единая для всех договоров страхования; Um_i – средняя производительность за последние 5 лет.

Рассмотрим формирование выплат страховой компании по i -ому договору страхования.

$$Y_i = P \cdot D_i, \quad (3)$$

где D_i – величина недополученной продукции (условных единиц),

P – цена одной условной единицы. Величина D_i определяется следующим образом

$$D_i = \begin{cases} 0, & \frac{Up_i - Uf_i}{Up_i} < \beta \\ Up_i - Uf_i, & \frac{Up_i - Uf_i}{Up_i} \geq \beta \end{cases}, \quad (4)$$

где β – граничное значение наступления страхового случая,

Uf_i – фактический объём производства по i -му договору страхования,

Up_i – плановое значение объёма производства по i -му договору страхования, которое определяется как произведение имеющихся мощностей на среднюю производительность за последние пять лет:

$$Up_i = Um_i \cdot S, Um_i = \frac{U_{i,t-5} + U_{i,t-4} + U_{i,t-3} + U_{i,t-2} + U_{i,t-1}}{5}, \quad (5)$$

где t – текущий момент времени,

$U_{i,t}$ – производительность для i -го объекта страхования в момент времени t .

Фактический объём есть произведение производительности U_t на имеющиеся мощности производства: $Uf_i = U_{i,t} \cdot S$.

Доход организации по конкретному виду производства при отсутствии страхового договора будет

$$B = U \cdot S \cdot P - Q, \quad (6)$$

где Q – затраты на производство конкретного вида продукции, величины U, S, P описаны выше.

При использовании страхования может сложиться два варианта: риск наступил или нет. Так, по формуле (5) находятся плановый и фактический объём производства, а также средняя производительность за предшествующие 5 лет. Затем, по формуле (4) проверяем условие наступления страхового случая.

В случае наступления страхового случая доход компании будем находить как

$$B = U \cdot S \cdot P - Q - X + (Up_i - Uf_i) \cdot P, \quad (7)$$

В этой ситуации, производители получают возмещение риска от страховой компании. Если величина недополученной продукции не превышает граничное значение наступления страхового случая β , тогда доход будет находиться как

$$B = U \cdot S \cdot P - Q - X, \quad (8)$$

Неоднократная реализация алгоритма позволит найти средний (вероятный) доход, на основе реальных данных за предыдущие периоды, для принятия решения о страховании.

В третьей главе рассматривается реализация алгоритмов оценки и анализа рисков на примере предприятий аграрного сектора экономики. Подтверждена гипотеза о нормальности распределения производительности и выявлена корреляционная зависимость между производительностью в разных районах. Была выдвинута гипотеза о том, что корреляционные матрицы не меняются с течением времени. В итоге, при сравнении матриц было получено, что гипотеза с вероятностью 0,95 принимается и данные корреляционных матриц не отличаются друг от друга. Тот факт, что данные матрицы не отличаются друг от друга, свидетельствует о том, что, несмотря на влияние социально-экономических, политических и других факторов, реальные связи между хозяйствующими

субъектами с годами не изменились.

Определена вероятность наступления страхового случая и модель распределения ущерба. Получена функция распределения ущерба при условии нормальности распределения производительности

$$F_X(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ 0,75 + \left(0,5 - \Phi\left(\frac{10\sqrt{5} \cdot x}{P \cdot S \cdot \sigma_U \sqrt{6}}\right) \right) \cdot \Phi\left(\frac{\alpha}{V\sqrt{1+(1+\alpha)^2}}\right) + 0,5\Phi\left(\frac{10\sqrt{5} \cdot x}{P \cdot S \cdot \sigma_U \sqrt{6}}\right), & x \geq 0 \end{cases}, \quad (9)$$

где P – цена одной условной единицы; S – производственная мощность; V – коэффициент вариации; σ_U – стандартное отклонение величины U – производительность; $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ – функция Лапласа.

Предложена методика формирования модельных данных. Рассматривается имитационная модель риска для убытков производства. Установлено, что есть ненулевая вероятность наступления страховых случаев не у отдельных страхователей, а у всех сразу, что ведет к огромным финансовым потерям страховой компании, и ни одна компания не справится с такими рисками, даже если установить страховой тариф очень высоким. Завышение процентной ставки для формирования страховых взносов чревато отказом страхователей от страхования, что также приводит к финансовым потерям. Учитывая тот факт, что Пензенская область находится в зоне рискованного земледелия, вероятность наступления «неблагоприятного» года остается весьма значительной.

Так как, рассматривать случайные величины X_i как отдельные не совсем корректно, был рассмотрен случайный вектор

$$\mathbf{X} = (X_1, X_2, \dots, X_N), \quad (10)$$

Стандартные процедуры генерации случайных чисел без труда позволяют получить набор не коррелируемых нормально распределенных случайных величин. Однако, в исследуемой области имеет место быть случайный вектор \mathbf{X} имеющий нормальный закон распределения с матрицей корреляций отличной от единичной. Был рассмотрен алгоритм генерации такого вектора.

Рассмотрен случайный вектор (10), распределенный по многомерному нормальному закону с плотностью

$$f_{\mathbf{X}}(\mathbf{X}) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} |\Sigma_{\mathbf{X}}|^{\frac{1}{2}}} \cdot e^{-\frac{1}{2}(\mathbf{X}-\mu)^T \Sigma_{\mathbf{X}}^{-1}(\mathbf{X}-\mu)}. \quad (11)$$

Именно такую величину можно рассматривать в качестве модели

производительности в организациях, расположенных в определенной области. Для дальнейшего рассмотрения удобнее было перейти к нормированной случайной величине

$$Y_i = \frac{X_i - E(X_i)}{\sigma(X_i)}, \quad i = 1, \dots, N, \quad (12)$$

где $E(X)$ есть математическое ожидание, а $\sigma(X)$ стандартное отклонение. Как было замечено, ковариационная матрица $\Sigma_X = E((\mathbf{X} - E(\mathbf{X}))(\mathbf{X} - E(\mathbf{X}))^T)$ не является диагональной, поэтому матрица $\Sigma_Y = E(\mathbf{Y}\mathbf{Y}^T)$ (корреляционная матрица случайного вектора \mathbf{X}) не является единичной. Далее было рассмотрено линейное преобразование $\mathbf{Y} = \mathbf{T}\mathbf{Z}$, где \mathbf{T} – не вырожденная матрица $N \times N$. В этом случае $\mathbf{Z} = \mathbf{T}^{-1}\mathbf{Y}$. Затем определили такую матрицу \mathbf{T} , что $\mathbf{Z}\mathbf{Z}^T = \mathbf{T}^{-1}\mathbf{Y}\mathbf{Y}^T(\mathbf{T}^{-1})^T = \mathbf{T}^{-1}\Sigma_Y(\mathbf{T}^{-1})^T$ есть диагональная матрица. В этом случае можно говорить, что \mathbf{Z} есть случайный вектор, состоящий из некоррелированных, нормально распределенных компонент.

Сформулированная выше задача является задачей диагонализации матрицы Σ_Y . Для решения поставленной задачи нужно найти собственные вектора корреляционной матрицы, из которых, как столбцов, составлена матрица \mathbf{T} . Собственные значения определяют дисперсию вектора \mathbf{Z} .

Таким образом, была получена схема генерации случайного нормального вектора с наперед заданной матрицей парных корреляций:

1) задать положительно определенную, симметричную матрицу парных корреляций Σ размера $N \times N$;

2) вычислить собственные значения λ_i , $i = 1, \dots, N$. В силу симметричности матрицы Σ и её положительной определённости данная задача имеет решение, причём $\lambda_i > 0$;

3) для каждого собственного значения λ_i определить собственный вектор;

4) из собственных векторов, как из столбцов составить матрицу \mathbf{T} ;

5) сгенерировать нормальные независимые случайные величины Z_i , $i = 1, \dots, N$, такие что $E(Z_i) = 0$, $\forall i = 1, \dots, N$ и $D(Z_i) = \lambda_i$;

6) осуществить линейное преобразование $\mathbf{X} = \mathbf{T}\mathbf{Z} = \mathbf{T}(Z_1, \dots, Z_N)^T$.

В результате реализации алгоритма получим вектор из N случайных компонент, имеющих нулевое математическое ожидание и единичную дисперсию с заданной матрицей корреляций. Выполняя преобразование, обратное преобразованию, получим желаемый вектор $\mathbf{X} = (X_1, X_2, \dots, X_N)^T$.

Получены результаты моделирования с учетом и без учета коррелированности данных (рис. 5)

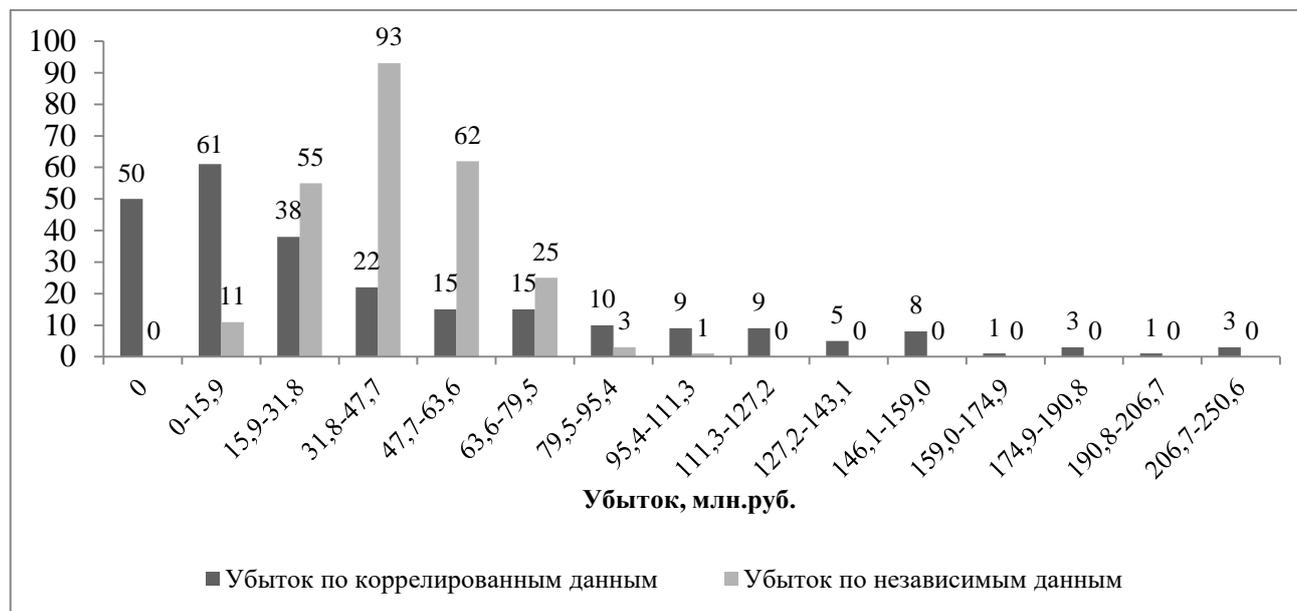


Рисунок 5 – Сравнение результатов моделирования для коррелированных и некоррелированных данных

Проведено моделирование результатов страхования при различных тарифных ставках за один год. Результаты деятельности сельскохозяйственных организаций при условии страхования урожая и без страхования урожая в сравнении иллюстрируются рис.б.

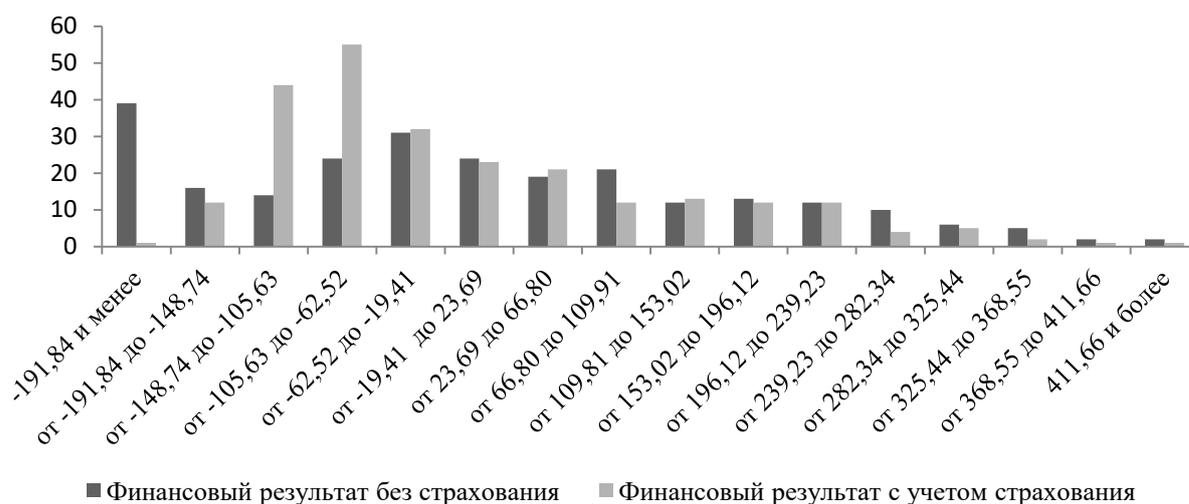


Рисунок 6 – Модельные финансовые результаты деятельности компаний в регионе без и с учетом страхования в млн. руб.

Страхование позволило уменьшить разброс (дисперсию) финансовых результатов. В разы уменьшается количество суперубыточных исходов, однако, уменьшается также и количество вариантов с большими прибылями.

В четвертой главе рассмотрена реализация разработанных моделей и алгоритмов поддержки принятия решений в управлении страховыми рисками на примере выращивания зерновых культур. Страхование в сельском хозяйстве характеризуется нарушением классических предпосылок, таких как: независимость результатов хозяйственной деятельности, отсутствие асимметрии информации, достаточный объем страховой статистики, на преодоление которых и была направлена работа. Реализация разработанных моделей и алгоритмов была проведена на примере выращивания зерновых культур в четырех смежных областях Поволжья (Пензенской, Самарской, Саратовской и Ульяновской).

На основе алгоритма представленного на рисунке 2 первым шагом было произведено разбиения районов четырех смежных областях Поволжья (Пензенской, Самарской, Саратовской и Ульяновской). Результаты разбиения представлены на рис. 7 – 10.



Рисунок 7 – Кластеризация муниципальных образований за ряд лет. Пшеница озимая

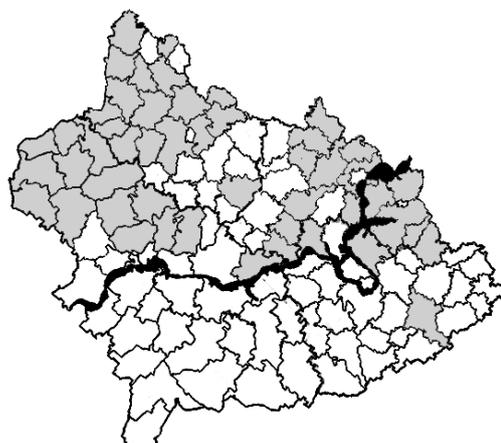


Рисунок 8 – Кластеризация муниципальных образований за ряд лет. Пшеница яровая

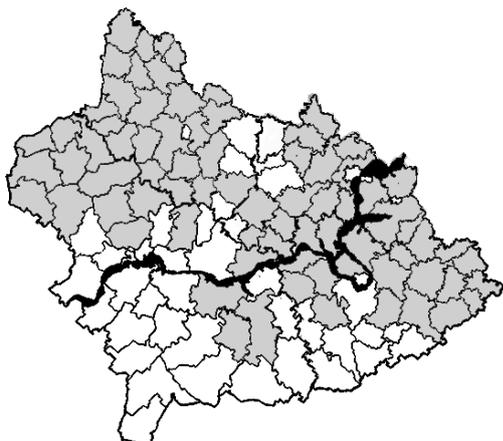


Рисунок 9 – Кластеризация муниципальных образований за ряд лет. Ячмень яровой

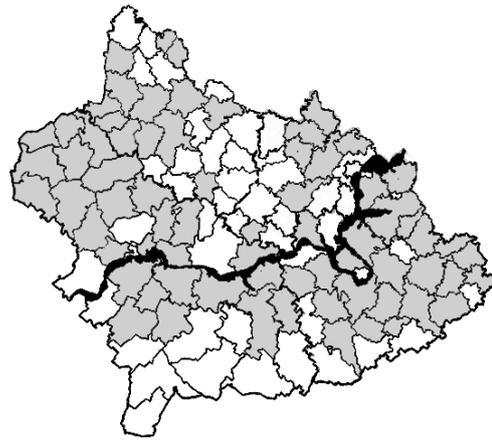


Рисунок 10 – Кластеризация муниципальных образований за ряд лет. Рожь озимая

Полученные результаты свидетельствуют о том, что территории со схожими результатами деятельности присутствуют во всех анализируемых субъектах и существенно зависят от рассматриваемой культуры.

На основе разработанных и зарегистрированных программ (Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ №2019660364 и №2019660365) были получены результаты деятельности страховой компании, а также сделан вывод о занижении страховыми компаниями ставок страхования в силу недооценки риска. Были получены объективные оценки рисков и справедливые страховые ставки при временном горизонте в один год, которые оказались неприемлемыми для производителей зерна. Для преодоления этого противоречия, с использованием разработанных моделей и алгоритмов, была проанализирована возможность реализации стратегии страхования более чем на один год. Установлено, что у страховой компании в среднем есть 9 лет, когда имеется прибыль от страхования сельскохозяйственных культур и потенциально имеются средства, которые могут быть направлены на формирование или пополнение резервного фонда. В таблице 1 показана динамика изменения числа вариантов наступления убыточных лет с учетом и без учета резервного фонда при разных процентных ставках.

Таблица 1 – Снижение вероятности наступления убыточного года по результатам моделирования с учетом формирования резервного фонда относительно результата без его учета при различных процентных ставках

1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%
в 6,2 раза	в 5,2 раза	в 5,1 раза	в 4,6 раза	в 4,6 раза	в 4,1 раза	в 4,8 раза	в 4,9 раза	в 5,4 раза	в 5,4 раза	в 5,3 раза	в 5,2 раза

Принятие во внимание результатов, полученных с использованием разработанных моделей для Пензенской области, позволит хозяйствам, осуществляющим выращивание зерновых культур в Башмаковском, Белинском, Каменском, Пензенском и Спасском районах, с учетом страхования с государственной поддержкой, увеличить прибыль в среднем на 9%. Для хозяйств ведущих деятельность в Мокшанском, Городищенском и Нижнеловомском районах, сельскохозяйственное страхование по результатам моделирования позволит выйти в зону прибыли. Для других районов области среднее уменьшение убытка с учетом использования страхования составит 15%.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ВЫВОДЫ

1 Предложена информационно-структурная модель количественной оценки риска, существенным отличием которой является включение блока «Информация». Модель позволяет решить проблему асимметрии информации участников страховых отношений, что является одним из условий оценки

конкретного риска принимаемого на страхование.

2 Разработан алгоритм анализа исходной информации, который включает в себя модули выделения и разбиения однородных групп объектов по производительности в пространстве и по структуре производства во времени. Также в алгоритм подключаются модули вычисления корреляционных матриц и проверки на устойчивость полученных корреляционных матриц. Алгоритм позволяет структурировать страховое поле за счет выделения не зависимых групп, внутри которых результаты зависимы. Кроме этого, подтверждение нормальности распределения производительности позволило получить функцию распределения индивидуальных потерь.

3 Разработана методика формирования модельных данных характеризующих страховое поле, в которой используется генерация случайного нормального вектора с наперёд заданной матрицей парных корреляций, которая позволяет решить проблему учета системности наступления риска. Генерация зависимых случайных величин в данной методике является принципиально важным, так как предприятия могут подвергаться схожим рискам, что порождает системные риски.

4 Предложен алгоритм оценки финансового результата, как для страховой компании, так и для страхующихся организаций. Страховые компании могут оценить перспективность принятия на страхование того или иного риска. Организации в свою очередь могут оценить целесообразность применения инструмента страхования в своей деятельности. Установлено, что есть ненулевая вероятность наступления страховых случаев не у отдельных страхователей, а у всех сразу, что ведет к огромным финансовым потерям страховой компании, и ни одна компания не справится с такими рисками, даже если установить страховой тариф очень высоким.

5 Проведена программная реализация комплексной модели идентификации и оценки страхового риска и информационного анализа модельной информации, позволяющая оценить различные управленческие решения, связанные с регулированием тарифа и формированием резервного фонда (программная реализация комплексной модели и ее элементы имеют свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ №2019660364 и №2019660365). Ее использование позволяет отрегулировать действующий механизм страхования для повышения его эффективности и решения основной цели – защиты товаропроизводителей. На примере агрострахования получено, что формирование резервного фонда позволяет снизить размер страхового тарифа в

среднем на три процентных пункта, что позволит сделать сельскохозяйственное страхование более привлекательным. Имитационное моделирование, проведенное на основе предложенных моделей для сельскохозяйственных организаций показало, что, за счёт повышения качества управления страховыми рисками, на 11% увеличивается прибыль/уменьшается убыток производителей зерна.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В изданиях, входящих в базы данных Web of Science и Scopus:

1. Kindaev, A. Simulation of insurance risks in agriculture / A. Moiseev, A. Kindaev // Journal of Applied Engineering Science. – 2015. – 13(4). – P. 257 – 264.
2. Kindaev, A. Insurers and insured individuals interaction as basis for persistent agricultural production process / A. Moiseev, V. Lizunkov, A. Kindaev // European Proceedings of Social and Behavioural Sciences. – 2016. – Vol.26. – P. 532 – 540.
3. Kindaev, A. Crop insurance as a means of increasing efficiency of agricultural production in Russia / A. Pavlov, A. Kindaev, I. Vinnikova, E. Kuznetsova // International Journal of Environmental and Science Education. – 2016.– 11(18). – 2016. – P. 11863 – 11868.

В изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России:

4. Киндаев, А.Ю. Моделирование страхования в сельском хозяйстве с учетом коррелированности результатов по региону / А.В. Моисеев, А.Ю. Киндаев // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2015. – Т.1. – №3(25). – С. 175 – 181.
5. Киндаев, А.Ю. Модель страхования с учетом коррелированности убытков по отдельным договорам / А.В. Моисеев, А.Ю. Киндаев // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2015. – Т.3. – №6(28). – С. 374 – 381.
6. Киндаев, А.Ю. Оценка корреляционных матриц в моделях риска / А.Ю. Киндаев // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2016. – №3(31). – С. 212 – 219.
7. Киндаев, А.Ю. К Вопросу определения корреляционных матриц в моделях риска / А.В. Моисеев, А.Ю. Киндаев // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2016. – №4(20). – С. 34-43.
8. Киндаев, А.Ю., Моисеев А.В. Алгоритм управления страховым тарифом в условиях неполной информации // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2019. – №.70. – С. 91-97.

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ:

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ в Реестре Российской Федерации по интеллектуальной собственности. №2019660365 Модуль генерации многомерного случайного вектора // Киндаев А.Ю., Моисеев А.В.; Пензенский государственный технологический университет, 05.08.2019 г.

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ в Реестре Российской Федерации по интеллектуальной собственности. №2019660364 Программа имитации риска // Киндаев А.Ю., Моисеев А.В.; Пензенский государственный технологический университет, 05.08.2019 г.

Публикации в других изданиях:

11. Киндаев, А.Ю. Управление страховыми тарифами в сельскохозяйственном страховании в зависимости от охвата страхового поля / А.В. Моисеев, А.Ю. Киндаев // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: сб. трудов XXI Междунар. конф. – Самара, 2019. – С.467-470.

12. Киндаев, А.Ю. Моделирование риска в агростраховании / А.В. Моисеев, А.Ю. Киндаев, Д.А. Моисеев // Труды международного симпозиума Надежность и качество. – 2018. – Т.1. – С. 219-220.

13. Киндаев, А.Ю. Модель индивидуального риска в страховании зерновых культур / А.В. Моисеев, А.Ю. Киндаев // Проблемы теоретической кибернетики: сб. трудов XVIII Междунар. конф. / под. ред. Ю.И. Журавлева. – Москва, 2017. – С. 168-171.

14. Киндаев, А.Ю. Генерация многомерной случайной величины для моделирования страхования аграрных рисков / А.В. Моисеев, А.Ю. Киндаев // Математическое моделирование в экономике и управлении рисками: материалы III Междунар. молодежной науч.-практ. конф. – Саратов, 2014. – С. 308-314.

15. Киндаев, А.Ю. Применение многомерных статистических методов для анализа урожайности в регионах Поволжья / А.Ю. Киндаев // Современные методы интеллектуального анализа данных в экономических, гуманитарных и естественнонаучных исследованиях: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Пятигорск, 2016. – С. 250-255.

16. Киндаев, А.Ю. Инфологическая модель анализа статистической информации для определения страховых тарифов / А.Ю. Киндаев // Информационные технологии в экономике и управлении: материалы II Всерос. науч.-практ. конф. (с междунар. участием) / под редакцией Т.А. Исмаилова. – Махачкала, 2016. – С. 56-60.

17. Киндаев, А.Ю. Анализ результатов управления рисками неурожая методами страхования / А.В. Моисеев, А.Ю. Киндаев // Приложение математики в экономических и технических исследованиях. – 2015. – №1(5). – С. 59-64.

18. Киндаев, А.Ю. Имитационное моделирование страхования в сельском хозяйстве / А.В. Моисеев, А.Ю. Киндаев // Наука и инновации в технических университетах материалы Восьмого Всерос. форума студентов, аспирантов и молодых ученых. – Санкт-Петербург, 2014. – С. 145-146.

19. Киндаев, А.Ю. Анализ результатов имитационного моделирования рисков выращивания сельскохозяйственных культур при страховании урожая в пензенской области / А.Ю. Киндаев, А.В. Моисеев // Математическое моделирование в экономике, страховании и управлении рисками: сб. материалов IV Междунар. молодежной науч.-практ. конф. – Саратов, 2015. – С. 124-129.

20. Киндаев, А.Ю. Оценка корреляционных матриц в моделях риска (на материалах Самарской области) / А.Ю. Киндаев // Инновационная экономика в условиях глобализации: современные тенденции и перспективы: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2016. – С. 102-105.

21. Киндаев, А.Ю. Сельскохозяйственное страхование как метод управления рисками при выращивании зерновых культур / А.Ю. Киндаев, А.В. Моисеев // Будущее российского страхования: оценки, проблемы, точки роста: сб. трудов XVII Междунар. науч.-практ. конф. – Ростов-на-Дону, 2016. – С. 546-552.

22. Киндаев, А.Ю. Результаты имитационного моделирования рисков выращивания зерновых культур в Пензенской области при страховании урожая / А.Ю. Киндаев, А.В. Моисеев // Робототехника и системный анализ: сб. статей Междунар. науч.-практ. молодежной конф. – Пенза, 2015. – С. 110-114.

23. Киндаев, А.Ю. Моделирование страхового риска во времени при условии коррелированности убытков в пространстве / А.В. Моисеев, А.Ю. Киндаев // Страхование в системе финансовых услуг в России: место, проблемы, трансформация: сб. трудов XVIII Междунар. науч.-практ. конф. – Кострома, 2017. – С. 195-197.

Научное издание

КИНДАЕВ Александр Юрьевич

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В
УПРАВЛЕНИИ СТРАХОВЫМИ РИСКАМИ**

Специальность 05.13.10 – «Управление в социальных и экономических системах»

Подписано в печать «___»_____202__ г. Формат 60x84¹/16

Бумага ксероксная. Печать методом ризографии.

Усл.печ.л. 1. Заказ №___

Тираж 100.

Отпечатано с готового оригинал-макета в ПензГТУ

Г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д.1а/11