

На правах рукописи

Кумратова Альфира Менлигуловна

**ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ПЛАТФОРМА
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНЫХ, ФИНАНСОВЫХ
И АГРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

5.2.2. Математические, статистические
и инструментальные методы в экономике

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
доктора экономических наук

Санкт-Петербург – 2024

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет».

Научный консультант: доктор экономических наук, профессор
Плотников Владимир Александрович

Официальные
оппоненты: **Трегуб Илона Владимировна**
доктор экономических наук, профессор,
Финансовый университет при Правительстве
Российской Федерации
профессор кафедры бизнес-информатики

Ильясов Руслан Хизраилевич
доктор экономических наук, доцент,
Чеченский государственный
университет имени А.А. Кадырова
исполняющий обязанности заведующего
кафедрой учёта, анализа и аудита в цифровой
экономике

Федотова Гилян Васильевна
доктор экономических наук, доцент
Федеральный исследовательский центр
«Информатика и управление»
Российской академии наук
ведущий научный сотрудник

Ведущая организация: **Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого**

Защита диссертации состоится «23» декабря 2024 года в 15-00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.386.09 при Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет», по адресу: 191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, литера А, ауд. 3033.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте <https://unecon.ru/nauka/dis-sovety/dissertaczii-predstavlennye-v-spbgeu/> Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет».

Автореферат разослан « ___ » _____ 2024 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета

М. П. Декина

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В последние годы исследователи экономических рисков и прогнозов обратились к синергетике – «нелинейной парадигме» для выявления особенностей исследования волатильных процессов. В синергетике исследователи имеют дело с кооперативным взаимодействием множества подсистем, проявляющимся как самоорганизация общей экономической системы. Главное, что утверждается в экономической синергетике – принципиально не существует такой эволюционирующей экономической системы, которая всегда находится в состоянии устойчивости.

Особенно острой стала проблема прогнозирования и тесно связанная с ней проблема оценки перспективных хозяйственных рисков в условиях турбулентности развития российской экономики, которая проявляется в последние годы. В условиях наблюдаемой турбулентности экономическая динамика становится слабо предсказуемой традиционными методами, нелинейной. Часто изменяется направленность (рост или спад) показателей. Предлагаемые методы оказываются более релевантными процессам в социальных, финансовых и агроэкономических системах, они приносят в прогноз экономического показателя инновационные и обобщающие элементы, отсутствующие в методологии наименьших квадратов.

Основным вопросом методологии создания единого комплекса инструментов является среднесрочное прогнозирование социальных, финансовых и агроэкономических процессов. Сущность авторской платформы состоит в использовании нетрадиционного синергетического анализа и синтеза прогнозов с одновременным взаимодействием нескольких взаимодополняющих алгоритмов экономико-математических методов, что позволяет исследовать многомерную зависимость, а также строить частные прогнозы с их обобщением в один прогнозный показатель. Исследовательская платформа призвана облегчить усилия аналитиков при поиске прогнозов в сложных, стохастических, многокритериальных системах в многомерном операционном пространстве.

Характерные особенности платформы, в авторской трактовке, следующие: *первая* – системный выбор взаимодополняющих экономико-математических методов, подбор блока вычислительных алгоритмов получения прогнозного показателя отдельно выбранного сектора экономики. Многокритериальное прогнозирование предполагает конвергенцию спектра предлагаемых подходов: из кластера 1 – дискретных нелинейных фрактальных, демонстрирующих отказ от нормального закона и описываемых статистикой Хёрста, и из кластера 2 – непрерывных полиформных сплайн-аппроксимационных, признающих нормальный закон и работающих с классической статистикой; *вторая* – единая система управления процессами исследования сложных социально-экономических систем на базе итерационных и временных вычислительных манипуляций; *третья* – поиск механизмов влияния, определение в явном виде закономерностей, по которым количественно определяется роль внешних воздействий «первичных» источников (например, в зерновом

производстве таковыми можно считать инсоляцию, температуру окружающей среды и поверхности земли, осадки, ранние заморозки и пр.) на «вторичный» искомый показатель (например, урожайность); *четвертая* – сведение блока агрегирования частных прогнозов в один обобщённый прогноз синтезирующими методами (кластерный анализ, методы конкордации Кенделла); *пятая* – визуализация получаемых результатов, инструменты визуализации представляет система компьютерной математики; *шестая* – комплекс инструментальных средств: нейронные сети, программа «Методы нелинейной динамики» и система компьютерной математики MAPLE с мощностью аналитических, графических и числовых рациональных преобразований без погрешностей округления, с аппаратом сплайнов, фазовых пространств, преобразований Фурье, многомерной графикой и пр.

Все перечисленное указывает на актуальность разработки качественно нового методологического подхода к прогнозированию в условиях неопределённости и риска.

Степень разработанности проблемы. Значительный вклад в развитие методов анализа и прогнозирования социально-экономической динамики сложных процессов внесли зарубежные исследователи, среди которых можно отметить следующих: Т. Андерсон, И. Бернар, Дж. Бокс, Д. Бриллинджер, Л. Вальрас, Н. Винер, Р. Винн, К. Гергели, Р. М. Гудвин, Дж. Джонстон, Э. Домар, К. Доугерт, П. Л. Йейтс, Н. Калдор, Г. Кассель, Дж.М. Кейнс, М.Дж. Кендэлл, Дж. Б. Кларк, А. Клас, Ж.-К. Колли, Дж.О. Коппок, О. Ланге, Г. Ландсберг, Ф. Лион, К. Л. Макконелл, Э. Маленво, Б.Б. Мандельброт, К. Маркс, Дж. Мартино, Д. Медоуз, Р. Р. Нельсон, М. Ф. М. Осборн, Р. Отнес, В. Парето, М. Песаран, Э. Петерс, Д. Пуарье, П. Э. Самуэльсон, Т. Свон, Э.Ф. Сигэл, Р. Солоу, А. Стьюарт, Л. Слейтер, Г. Тейл, Г. Тинтнер, Дж.С. Уинтер, Е. Федер, Дж. Фишер, Л. Фишман, Дж. Форрестер, М. Фридмен, Р. Фриш, А.Дж. Фрост, Ф.А. фон Хайек, Г. Хакен, Э. Хансен, Р.Ф. Харрод, Д. Хейс, К. Холден, Й. Шумпетер, Г. Шустер, И. Шуян, Р.Н. Эллиотт и др.

Футурологические исследования отечественных научных школ известны тем, что советская экономика базировалась на плановом среднесрочном планировании и прогнозировании. Рассматривая развитие советской и российской социально-экономической системы и его теоретического осмысления, можно отметить работы Л.И. Абалкина, А.Г. Аганбегяна, С.А. Айвазяна, В.А. Базарова, И.В. Бестужева-Лады, И.С. Брука, Г.В. Гореловой, А.А. Горчакова, А.Г. Гранберга, В.В. Давниса, В.А. Долятовского, А.С. Дудова, А.С. Емельянова, И.С. Енюкова, Э.Б. Ершова, С.В. Жака, А.Н. Ильченко, В.И. Калинин, Л.В. Канторовича, В.А. Кардаша, Ф.Н. Клоцвог, В.В. Ковалева, Л.Н. Ковалёвой, Д.Н. Колесова, А.М. Кочкарова, С.В. Крюкова, С.П. Курдюмова, В.К. Куртовича, Г.Г. Малинецкого, В.И. Максименко, Е.Н. Мельниковой, Л.Д. Мешалкина, В.Ф. Минакова, Т.Г. Морозовой, И.А. Наталухи, В.С. Немчинова, В.В. Новожилова, А.Л. Новосёлова, Т.В. Огородниковой, И.В. Орловой, А.А. Первозванского, В.А. Плотникова, Е.В. Поповой, И.Р. Пригожина, Б.И. Рамеева, Д.Г. Родионова, А.Ф. Рогачёва,

А.В. Рыженкова, Т.А. Салтановой, Н. М. Светлова, В.И. Тиняковой, Н.Х. Токаева, М.И. Туган-Барановского, Е.В. Устюжаниной, Р.А. Фатхутдинова, Н.П. Федоренко, В.В. Федосеева, Г.А. Фельдмана, В.В. Халина, Г.Н. Хубаева, Г.В. Черновой, Е.М. Четыркина, С.И. Шаныгина, С.С. Шаталина, Н.Ф. Шатилова, А.Н. Ширяева и др.

Отметим, что, несмотря на обширную тематику указанных направлений научных работ в области прогнозирования и управления сложными процессами, не до конца изучены вопросы влияния финансовых, социально-экономических, аграрных и других факторов с наличием риск-экстремальных значений, что особенно важно в современных условиях хозяйствования. Перечисленные обстоятельства обусловили границы тематики диссертации и определили ее цель и задачи.

Целью диссертационной работы является разработка, научное обоснование экономико-математической исследовательской платформы среднесрочного прогнозирования социальных, финансовых и агроэкономических процессов, а также методов и моделей ее реализации и встраивания алгоритмов в инструментальные средства.

В соответствии с поставленной целью в исследовании решаются следующие **задачи**:

1) обозначить требования к инструментальным средствам для ретроспективной оценки состояния и динамики волатильных процессов в современных условиях хозяйствования;

2) предложить концепцию единой экономико-математической исследовательской платформы прогнозирования социальных, финансовых и агроэкономических процессов;

3) разработать экономико-математические методы прогнозирования и выявления закономерностей поведения межгодовых колебаний риск-экстремальных факторов и обосновать взаимосвязь качества прогноза и длины «горизонта прогноза» со статистическими характеристиками прогнозируемого процесса и полученными качественными предпрогнозными характеристиками временного ряда;

4) адаптировать метод фазового анализа к моделированию и исследованию цикличности волатильных процессов, выявить синергетический эффект от исследования сложных экономических процессов в разрезе результатов триады: исходного временного ряда, ряда его приращений и агрегированных данных;

5) разработать многомерные непрерывные и дискретные циклические образы динамических показателей внешней природно-климатической среды («первичные» источники) и выявить их связь с «вторичным» показателем – урожайностью зерновых культур на базе графических построений системы компьютерной математики MAPLE 19.0;

6) оценить эффективность алгоритма линейного клеточного автомата для среднесрочного прогнозирования экономических показателей зернового производства;

7) агрегировать частные прогнозные расчёты разработанных моделей с помощью кластерного анализа, расположив глобальный прогноз в точке, находящейся на минимуме «расстояний» от локальных прогнозов; обобщить и свести прогнозы конкордацией Кенделла в один итоговый показатель, демонстрирующий влияние на него разных по своей природе факторов;

8) обработать большие объёмы данных (Big Data) и предложить схему эффективного применения метода машинного обучения нейронной сети при анализе финансового рынка;

9) выявить и смоделировать издержки и риски по итогам прогнозирования экономических показателей зернового производства и туристического потока для принятия оптимальных управленческих решений на базе синергетических экономико-математических подходов.

Объектом исследования являются социально-экономические показатели малого бизнеса; агроэкономические показатели макрорегионов России; процессы функционирования финансового и товарного рынка России.

Предметом исследования выступает математический, статистический и инструментальный аппарат систем поддержки принятия управленческих решений в разных отраслях экономики для обеспечения интересов субъектов экономической деятельности.

Теоретико-методологической основой исследования послужили фундаментальные положения экономической теории, работы отечественных и зарубежных авторов по рассматриваемой проблеме, мировые футурологические исследования, законодательные и нормативные акты Российской Федерации, программные разработки государственных органов управления, а также официальные документы Правительства РФ, Министерства сельского хозяйства, материалов периодической печати. Методологической основой исследования являются принципы, методы абстрагирования и агрегирования, а также междисциплинарный подход, позволяющий рассмотреть процесс прогнозирования экономических показателей зернового производства с учетом влияния на них природно-климатических факторов с риск-экстремальными значениями.

Инструментально-методический аппарат. В работе применялись **методы** системного анализа, монографический, структурно-логический, экономико-статистический, математический непрерывный и дискретный, расчётно-конструктивный; программа оценки уровня развития органического земледелия «Orgfarm»; программа для построения дерева решений, анализа прогнозных и экономических данных «Способы финансирования посевных работ»; программа для моделирования нейронных сетей «Neuron»; программа оценки регионального потенциала производства зерна «ОРП»; программа управления логистическими процессами «Organic logistics», а также разработанная автором СППР: «Методы нелинейной динамики», в которой запрограммированы алгоритмы работ: линейного клеточного автомата (ЛКА), фазового анализа, R/S-анализа, расчета старшего показателя Ляпунова. Каждый из методов использовался, исходя из его функциональных возможностей, что

позволило в полной мере обеспечить достоверность выводов и научных положений.

Информационно-эмпирическую базу исследования составили нормативно-правовые акты Российской Федерации, данные Федеральной службы государственной статистики (Росстата) и ее территориальных органов, Паспорта Национальных проектов РФ (Цифровая экономика, Наука и университеты, Малое и среднее предпринимательство, Туризм и индустрия гостеприимства, Экономика данных); официальные документы федерального уровня (Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года, Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года, Цифровое сельское хозяйство, Постановление Правительства Российской Федерации от 11.11.2015 г. № 1218 «О порядке разработки, корректировки, осуществления мониторинга и контроля реализации прогноза социально-экономического развития Российской Федерации на долгосрочный период»), данные Министерства сельского хозяйства Российской Федерации и субъектов РФ, статистической службы ФАО, Росгидромета, региональные целевые ведомственные программы развития АПК, сельского хозяйства и зернового производства, материалы монографических исследований отечественных и зарубежных ученых и периодических изданий, справочные материалы, аналитические сведения научно-исследовательских учреждений России и личные наблюдения автора.

Степень достоверности и обоснованность полученных результатов подтверждаются корректным применением апробированных методов научного исследования, адекватностью выбора теоретико-методологических подходов, опорой при проведении исследования на официальные источники информации, репрезентативной информационной базой исследования, качественным совпадением и согласованностью полученных результатов с данными, полученными из открытых источников.

Область исследования. Исследование выполнено в соответствии с пунктами Паспорта специальности 5.2.2 «Математические, статистические и инструментальные методы в экономике»:

2. Типы и виды экономико-математических и эконометрических моделей, методология их использования для анализа экономических процессов, объектов и систем (результаты 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9);

18. Компьютерные методы и программы моделирования экономических процессов (результаты 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9).

Научная новизна диссертационной работы и полученных результатов в целом заключается в разработке единого комплекса экономико-математических методов и инструментов моделирования стохастических процессов в экономических системах с учетом влияния на них факторов с риск-экстремальными значениями, а также в получении числовых результатов исследования.

Основные положения, **полученные лично автором, обладающие научной новизной и выносимые на защиту:**

1. Оценена эффективность разработанного инструментария для визуализации динамики показателей и анализа волатильных экономических процессов, объектов и систем, отличительной особенностью представленного инструментального средства является анализ и визуализация структурированных данных одновременно в трех плоскостях: временной, территориальной и по выбранному показателю, что позволяет более полно учитывать специфику исследуемой предметной области в условиях изменения глобальных трендов и тенденций.

2. Разработан комплекс экономико-математических методов и инструментов прогнозирования экономических процессов, организованный в форме авторской исследовательской платформы, учитывающих рост волатильности, цикличности и неустойчивости влияющих на них внешних факторов. Отличие этой разработки состоит в комбинированном использовании нескольких взаимодополняющих алгоритмов различных типов, что позволяет ситуативно (с учетом конкретного набора факторов) строить частные прогнозы с их обобщением в один прогнозный показатель.

3. Разработан методический подход и его программная реализация для получения прогноза динамики экономических показателей, особенность которого состоит в комплексном использовании алгоритмов и методов нелинейной динамики, что позволило синхронизировать прогнозные характеристики, полученные в ходе проведения предпрогнозного анализа агроэкономических процессов, а также обосновать рекомендуемую глубину памяти для алгоритма линейного клеточного автомата.

4. Разработан инструментарий на базе алгоритма фазового анализа для исследования и выявления свойств цикличности волатильных процессов, особенность которого состоит в параллельном исследовании триады: исходного временного ряда, ряда его приращений и агрегированных данных экономического процесса, что позволяет выявить синергетический эффект от исследования сложных экономических процессов.

5. Разработаны сплайн-модели для совместного описания цикличности внешних природно-климатических показателей (солнечная активность, количество осадков, температура окружающей среды) и урожайности пшеницы, реализация которых позволила построить непрерывные полиформные кусочно-аппроксимационные модели, отличающиеся от известных в литературе мономоделей и моделей на основе метода наименьших квадратов аналитичностью и приспособленностью для широкого круга процессов с изменяющейся структурой.

6. Реализованы различные подходы раскраски временного ряда для алгоритма линейного клеточного автомата (ЛКА), применяемого в прогнозировании сложных процессов: «малых» выборок; больших данных; для временных рядов, эмпирическая функция распределения которых не подчиняется закону Гаусса. Отличительной особенностью метода ЛКА является возможность составления среднесрочного прогноза (свыше 1 года), за счет нахождения глубины памяти временного ряда, что позволяет выявить новые полезные

прогнозные характеристики с точки зрения методологии исследования: глубина долговременной памяти; прогноз в числовом выражении и в виде термина (Н – низкое, С – среднее, В – высокое значение), среднесрочный прогноз в рамках «лага» глубины памяти.

7. Оценена согласованность полученных прогнозных характеристик внешних факторов с прогнозными характеристиками экономических показателей с использованием коэффициента конкордации Кендалла, что позволило сформировать кластер локальных прогнозов и количественно оценить достоверность результатов применения предложенной концепции для прогнозирования значений экономических показателей.

8. Оценена эффективность метода машинного обучения – нейронной сети при обучении временного ряда цен на пшеницу, использован комбинированный подход применения модели ConvLSTM для прогнозирования сложных процессов с двумя сверточными нейронными сетями, а также двумя LSTM слоями (рекуррентные нейронные сети и сети с долгой кратковременной памятью).

9. Адаптирована многоуровневая модель снижения предпринимательского риска в зерновом производстве и туристическом бизнесе с учетом прогнозов риск-экстремальных факторов и предложена ее программная реализация, включающая получение прогноза на базе алгоритма линейного клеточного автомата и разработку «дерева решений». Отличительной особенностью разработанного инструментария является возможность маневрирования материальными ресурсами, что позволяет сформировать различные сценарии реализации продукции и услуг через различные каналы продаж, где в качестве входной информации использованы полученные прогнозы. Показано, как точность результатов прогнозов на нижнем уровне влияет на итоговый результат принятия решений в моделях верхнего уровня и снижения предпринимательского риска.

Теоретическая значимость результатов исследования определяется разработкой методологии создания единого комплекса инструментов с уточнением теоретических и методологических способов прогнозирования экономических показателей, в том числе прогнозирования показателей для различных сфер экономики (зерновое производство, туризм, финансовые потоки). При этом учитывается нелинейность и фрактальность показателей, а также многообразие внешних факторов, влияющих на процессы в различных сферах экономики. Авторские разработки вносят вклад в науку в части развития инструментария экономико-математического моделирования и методологии его использования для анализа экономических процессов, объектов и систем, в том числе с использованием компьютерных программ.

Практическая значимость работы заключается в обосновании комплекса прикладных рекомендаций по совершенствованию процедур моделирования и прогнозирования социально-экономических процессов. Предложенные практико-ориентированные методы, алгоритмы и технологии могут быть применены органами государственного и муниципального управления при разработке плановых и прогнозных документов, связанных с регулированием развития соответствующих секторов экономики (туризм, сельское хозяйство и

др.), руководителями отраслевых компаний для повышения эффективности оперативного и стратегического управления их развитием и функционированием в условиях неопределенности. Практическое значение также имеют авторские разработки программного обеспечения поддержки принятия решений в сфере АПК, подтвержденные свидетельствами об официальной регистрации программ для ЭВМ.

Практическое значение имеют авторские разработки программного обеспечения поддержки принятия решений в сфере АПК, подтвержденные свидетельствами об официальной регистрации программ для ЭВМ:

- программная реализация СППР «Методы нелинейной динамики», созданная для принятия решений при определении прогноза динамики социально-экономических процессов;
- методика определения и обучения линейного клеточного автомата на основе экономико-математического инструментария интеллектуальной поддержки принятия решений;
- программная реализация СППР «Способы финансирования посевных работ», предназначенная для построения дерева решений, анализа прогнозных и экономических данных, помощи в выборе стратегии действий в управленческих задачах в зерновом производстве;
- программа оценки уровня развития органического земледелия "ORGFARM", предназначенная для анализа и визуализации структурированных данных по производству продукции органического земледелия;
- программа для проведения предпрогнозного анализа временных рядов урожайности зерновых культур;
- программа «Organic logistics» для фирм по доставке продукции, которая способствует полной автоматизации основных бизнес-процессов по учету товаров, доставке продукции, контролю выходной документации по запросам пользователей системы и снижению предпринимательского риска;
- программа «ОРП» для ранжирования хозяйствующих субъектов по степени убывания риска, реализующая алгоритм обобщенного решающего правила прямых методов принятия решений (на примере оценки потенциала ресурсообеспеченности макрорегионов России по производству зерна).

Апробация работы. Основные положения диссертационного исследования, выводы и предложения апробированы в научных публикациях и материалах более 30 международных, всероссийских научно-практических конференций Российской Федерации, Узбекистана, Швейцарии, Великобритании, Португалии, в том числе: «Цифровой регион: опыт, компетенции, проекты» (Брянск, 2023), «Прикладная математика: современные проблемы математики, информатики и моделирования» (Краснодар, 2023), «Точки научного роста: на старте десятилетия науки и технологии» (Краснодар, 2023), «Опыт и проблемы реформирования системы менеджмента на современном предприятии: тактика и стратегия» (Пенза 2023), «Цифровые технологии в аграрном образовании» (Краснодар, 2022), «Проблемы управления, экономики и права в общегосударственном и региональном масштабах» (Пенза, 2022), «Мировые

тенденции развития науки и техники: пути совершенствования» (Москва, 2022), «Стратегическое развитие инновационного потенциала отраслей, комплексов и организаций» (Пенза, 2022), «Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы» (Пенза, 2022), «Юбилейная научно-практическая конференция, посвященная 100-летию КубГАУ (Краснодар, 2022), а также на ежегодных научно-практических и учебно-методических конференциях Кубанского ГАУ «Научное обеспечение АПК» (2016-2023), «Социально-экономическое развитие сельских территорий: тренды кооперации» (Новосибирск, 2021); «Экономика XXI века» (Новосибирск, 2021), «Трансфер знаний. Технологии будущего» (Ростов-на-Дону, 2021), «Earth and Environmental Science» (Волгоград, 2021), «AGRITECH V–2021: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies» (Красноярск, 2021); «International Scientific and Practical Conference on Current research in the field of environment, Sustainability and Socio-economic Development» (Барнаул, 2021), «Год науки и технологий 2021» (Краснодар, 2021), «Информационное общество: современное состояние и перспективы развития» (Краснодар, 2014-2023), «Цифровая трансформация науки и образования» (Нальчик, 2020), «Россия, Европа, Азия: цифровизация глобального пространства» (Ставрополь, 2019), «Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты» (Краснодар, 2019-2023), «Поиск новой модели социально-экономического развития в условиях глобальных и локальных трансформаций» (Москва, 2018); «Глобализация и интеграция традиционной и инновационной науки в современном мире» (Санкт-Петербург, 2016); «Современные концепции научных исследований» (Москва, 2015), «Актуальные проблемы социально-экономических исследований» (Махачкала, 2014), «Экономическое прогнозирование: модели и методы» (Воронеж, 2009-2018), на Межрегиональных научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава, молодых учёных и студентов (Ростов-на-Дону, 2007-2008); «Электронный бизнес: проблемы, развитие и перспективы» (Воронеж, 2006-2017); «Современные методы физико-математических наук» (Орел, 2006); «Новые технологии в управлении, бизнесе и праве – НТ+УБП'2005» (Невинномысск, 2005).

Работа выполнена при поддержке грантов Российского фонда фундаментальных исследований: № 17-06-00354 «Инструментальные средства и математические модели многокритериального синергетического прогнозирования природно-экономических процессов» под научным руководством соискателя; № 16-06-00158 «Модели и методы нелинейной динамики прогнозирования развития финансового рынка»; № 19-010-00134 «Экономико-математическое моделирование туристической и рекреационной деятельности»; № 19-010-00415 «Исследование деятельности страховых компаний методами нелинейной динамики». Отдельные разделы работы выполнены в рамках реализации проектов: НИР ИЭОПП СО РАН в проекте «Движущие силы и механизмы развития кооперационных и интеграционных процессов в экономике Сибири», № 121040100279-5; Грант Минобрнауки РФ, проект № 13.1902.21.0016 «Социально-экономическое развитие Азиатской России на основе синергии

транспортной доступности, системных знаний о природно-ресурсном потенциале, расширяющегося пространства межрегиональных взаимодействий»; Грант Президента Российской Федерации «Транспортно-логистическая инфраструктура Юга Сибири в условиях экспортной экспансии российского зерна» № МК-5244.2021.2.

Публикации. Основное содержание исследования изложено в 62 научных публикациях, в т.ч. 12 монографиях, 8 статьях в изданиях, индексируемых в Web of Science, 4 статьях в изданиях, индексируемых в Scopus, 38 статьях в научных журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России для публикации результатов диссертационных исследований, а также в статьях, сборниках научных трудов, тезисах докладов и выступлениях, общим объемом 103,15 п.л., в том числе авторских – 71,8 п.л. По результатам исследования получено 9 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Личный вклад. Все положения, выносимые на защиту, изложенные в диссертации, принадлежат лично автору. В работах, выполненных совместно (в соавторстве), автор принимал непосредственное участие в определении направления исследования, в выборе методов и оценке качества полученных результатов анализа.

Структура и содержание работы. Диссертационная работа изложена на 385 листах компьютерного текста и состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы, включающего 492 наименования.

II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Оценена эффективность разработанного инструментария для визуализации динамики показателей и анализа волатильных экономических процессов, объектов и систем, отличительной особенностью представленного инструментального средства является анализ и визуализация структурированных данных одновременно в трех плоскостях: временной, территориальной и по выбранному показателю, что позволяет более полно учитывать специфику исследуемой предметной области в условиях изменения глобальных трендов и тенденций.

В развитии экономико-математических и эконометрических моделей, их использования для анализа экономических процессов, в работе предложена авторская интерпретация комбинированной диаграммы структурированных данных. Представляет научный интерес исследовать динамику пропорций структурных данных экономических процессов (например, в сфере туризма – ежедневный туристический поток, состоящий из декомпозированных временных рядов по дням недели; в здравоохранении – учет поступивших пациентов по отделениям и пр.).

Для ретроспективной оценки состояния и динамики волатильных экономических процессов в современных условиях хозяйствования необходимо

обозначить *требования* к проектированию и практическому применению инструментального средства «PieChart». Сложность построения таких диаграмм состоит в масштабировании значений экономических показателей, в которых: 1) параметр «Время» представляет период исследуемого экономического процесса; 2) параметр «Размер» соответствует динамическому масштабированию значений экономического показателя во времени; 3) параметр «Пропорции» показывает динамику структурных составляющих всей величины экономического показателя для каждого узла исследуемого процесса. Согласно теореме (формула полной вероятности) имеем: величина всех пропорций должна представлять собой полную систему событий (должна равняться сумме произведений вероятностей гипотез на условные вероятности события, вычисленные соответственно при каждой из гипотез).

Рассмотрим набор структурированных данных в виде двудольного ориентированного графа $G = (V_1, V_2, E)$, где множество вершин V_1 и V_2 представляет набор значений временного ряда, состоящее из следующих групп значений: низкие, средние, высокие (рисунок 1). Множество терм переходов обозначим через $\mu = \{H, C, B\}$. Отметим, что в качестве вершин двудольного графа рассматриваются структурные значения исследуемого процесса в виде доли/долей от всей величины уровня временного ряда. Для определения множества вершин двудольного графа необходима предварительная подготовка значений временного ряда. Группировка данных происходит простым разделением на равные части. В качестве весов рассмотрим приращения временного ряда $y_i = x_i - x_{i-1}$ (цепной абсолютный прирост). Вызывает практический интерес наличие и частота переходов состояний: $H \rightarrow B$ и $B \rightarrow H$.

Как правило, наличие ненулевых переходов ($H \rightarrow B \neq 0$ и $B \rightarrow H \neq 0$) характеризует исследуемый процесс как волатильный, с выделяющимися реверсами спад/подъем. На рисунке 1 представлена графическая визуализация полного двудольного ориентированного графа $G = (V_1, V_2, E)$, где $V_1\{v_1, v_2, v_3\}$, $V_2\{v_4, v_5, v_6\}$, $|V_1| = |V_2| = 3$, $E = (e_1, e_2, \dots, e_9)$, $|E| = 9$ для анализа волатильных экономических процессов (на примере временного ряда значений всей посевной площади страны и ее структурной составляющей под зерновые культуры). Отметим, что в представленной модели (далее в ее программной реализации) нет ограничения на внутренние деления. Детальная раскраска более шести цветов становится неинформативной.

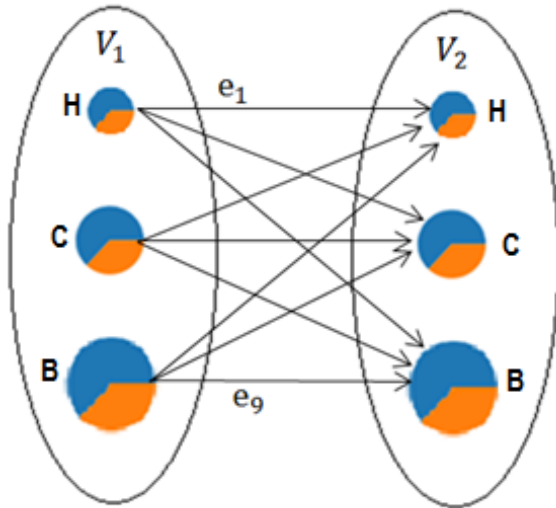


Рисунок 1 – Пример представления временного ряда со структурированными значениями в виде двудольного графа $G = (V_1, V_2, E)$

Выявление *риск-экстремальных значений* временного ряда происходит на этапе вычисления конфигураций $H \rightarrow B$ и $B \rightarrow H$. Отметим, что чаще всего, высокие значения при комбинации реверсов $H \rightarrow B \rightarrow H$ (или $B \rightarrow H \rightarrow B$) характеризуют периоды дефолта и краха. Составленная матрица смежности $A = \|a_{ij}\|$ позволит выявить *закономерности*, присущие исследуемому процессу. Представленная модель визуализации и анализа данных реализована в работе в виде комбинированной диаграммы структурных данных. На рисунке 1 представлено общеэкономическое

описание ситуации, а ее характеристики необходимы для моделирования сложных процессов отдельно выбранных секторов экономики.

Далее, для примера показана динамика зернового производства страны и макрорегионов, которая отличается многовекторностью и многофакторностью (рисунок 2). Особенно это проявилось в последние годы, когда вследствие регулярных макроэкономических шоков экономическое развитие стало более турбулентным и неустойчивым, а деятельность экономических субъектов – более рискованной. Россия, как страна, в состав которой входит значительное число регионов, существенно отличающихся по своим характеристикам, в своем развитии во многом зависит от того, по каким траекториям будут эволюционировать входящие в ее состав региональные экономические системы. В Азиатскую часть России (АЧР) входят зернопроизводящие территории Сибирского, Дальневосточного федеральных округов, а также отдельно Тюменская область Уральского федерального округа. Соответственно, динамика продуктивности зернового производства Европейской части России (ЕЧР) складывается из значений показателей Центрального, Северо-Западного, Южного, Северо-Кавказского, Приволжского, Уральского федеральных округов. Основные зернопроизводящие территории России находятся в Европейской части России. В целом для России снижение территории посевной площади под зерновые и зернобобовые культуры за период 1990-2021 гг. демонстрирует устойчивый рост значений показателей урожайности. В процентном соотношении наблюдается практически одинаковый рост значений урожайности зерновых и зернобобовых культур у Европейской и Азиатской частей России в сравнении 2021 г. с 1990 г.

Свойство волатильности также присуще и временному ряду значений показателя урожайности зерновых и зернобобовых культур (размах значений

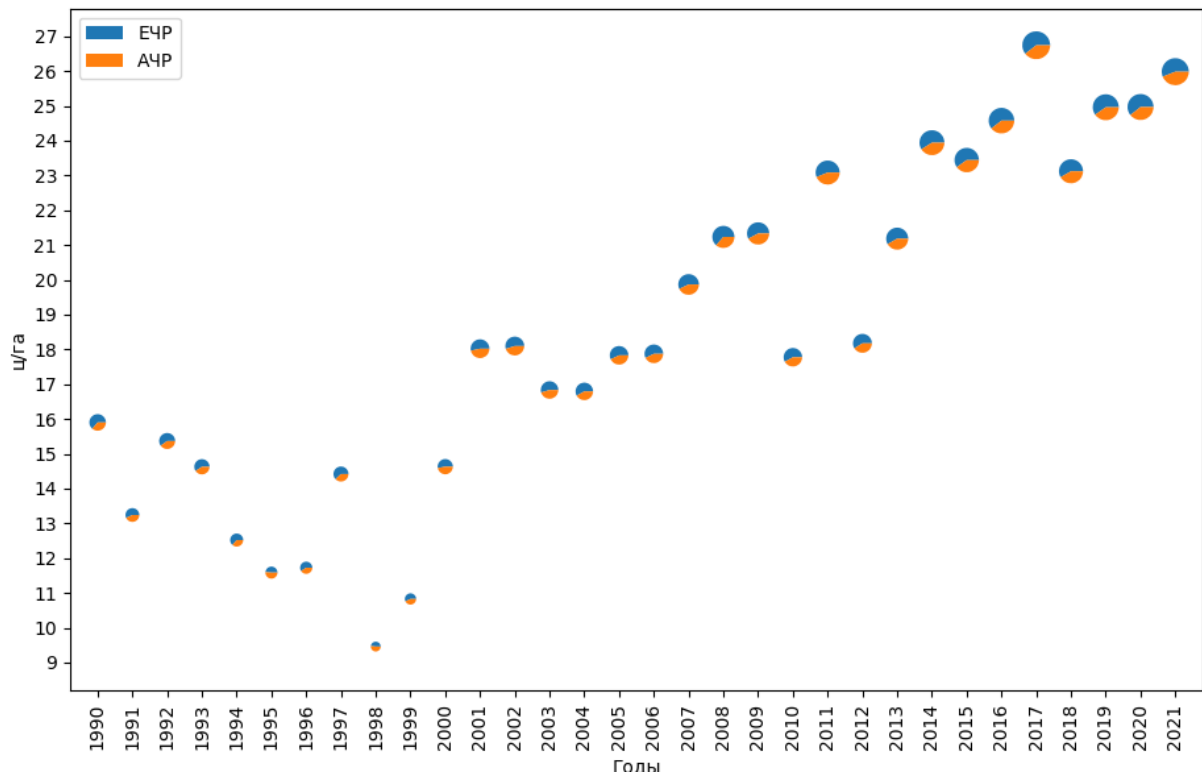


Рисунок 2 – Графическая визуализация структурных данных значений урожайностей зерновых и зернобобовых культур в разрезе Европейской (синий цвет) и Азиатской (оранжевый цвет) частей России (ц/га)

$R(X_i) = X_{max} - X_{min}$ равен величине 17,3 ц/га): локальный максимум достигнут в 2017 г. и составил 26,7 ц/га, локальный минимум зафиксирован в 1998 г. и равен 9,5 ц/га. Доля вклада урожайности зерновых и зернобобовых культур АЧР составляет диапазон от 32 до 52 % в общую динамику данного экономического показателя зернового производства. По сравнению с прошедшим десятилетием, значение показателя урожайности зерновых выросло в 2 раза. Представленный график одного из показателей зернового производства демонстрирует волатильный процесс. Межгодовые колебания значений экономических показателей зернопроизводящих территорий ЕЧР и АЧР реверсируют резкими перепадами спад/подъем. Несмотря на уменьшение размера посевной площади, можно отметить рост значений показателя урожайности зерновых и зернобобовых культур для Азиатской части России.

2. Разработан комплекс экономико-математических методов и инструментов прогнозирования экономических процессов, организованный в форме авторской исследовательской платформы, учитывающих рост волатильности, цикличности и неустойчивости влияющих на них внешних факторов. Отличие этой разработки состоит в комбинированном использовании нескольких взаимодополняющих алгоритмов различных типов, что позволяет ситуативно (с учетом конкретного набора факторов) строить частные прогнозы с их обобщением в один прогнозный показатель.

Всё более и более конъюнктуры мировой экономики, процессы в социальных, природных, погодных и биологических системах усложняются, всё

более в них на передний план выходят стохастика, неопределённость, турбулентность, нелинейность, эффекты «долговременной памяти». Если мы хотим исследовать эти процессы точно, научно, и математически строго («В каждом знании столько истины, сколько математики» – И. Кант), то навстречу нелинейности природных явлений и общественных отношений должны выйти многомерность и многокритериальность исследовательской «платформы». В опубликованных работах Виктора Алексеевича Кардаша особое внимание уделено «рваным» процессам мировой экономики. В статьях они названы «составные», «агрегированные», «условно-элементарные», иногда в литературе можно встретить также определения составного процесса, обобщённого процесса. Благодаря сетевым связям возникают сложные зависимости между социально-экономическими, финансовыми и другими процессами, которые невозможно отобразить в виде классической одномерной модели.

На практике возникают определенные сложности при исследовании стохастических процессов: короткие ряды, многокритериальный характер социально-экономических процессов, нелинейность динамики, нечеткие данные, интервальность как входных, так и выходных данных, влияющие на валидность и точность результатов. Прогнозирование таких «проблемных» временных рядов экономических показателей, с риск-экстремальными значениями, является актуальной темой.

Велики и трудности при использовании спектра новых подходов. Первая – «проблема малых выборок», в реальных ситуациях удаётся провести лишь несколько десятков наблюдений оцениваемого параметра, в то время как для нормальной статистики их должно быть несколько тысяч. Вторая – при исследовании сложной системы необходимо принимать во внимание несколько целей одновременно, которые невозможно описать одним показателем и приходится обращаться к альтернативному множеству «подходящих решений» Парето. Третья – эволюционирование таких систем является нелинейным, а нелинейность порождает хаос решений. Четвёртая – приходится прибегать к теории нечётких множеств и нечётких систем с лингвистическими переменными, нечёткими высказываниями и нечёткими алгоритмами, конструктам математически более сложным и неточным. Пятая – логичный переход к интервальному анализу и интервальной арифметике с различными минимаксными (гарантированными) подходами, этот анализ, обладая целым рядом преимуществ, сталкивается с проблемой точности получаемого результата. Проблема повышения качества среднесрочного прогноза с точки зрения исследования динамики поведения риск-экстремальных факторов (осадки, заморозки), влияющих на урожайность зерновых культур представляет собой, прежде всего, научный интерес. Можно отметить, что экстремальные проявления риск-факторов могут полностью нарушить рост и развитие растений и нанести материальный ущерб АПК.

На рисунке 3 представлена платформа системы поддержки управленческих решений для получения среднесрочного прогноза экономических показателей (на примере зернового производства). Методология учитывает

цикличность риск-экстремальных факторов и биологические циклы зерновых культур, системно сочетая частные показатели прогнозов экономических показателей зернового производства в одном глобальном решении. Объектом исследования синергетической методологии прогнозирования являются эволюционные процессы, обладающие «долговременной памятью», характерные как для экономических, так и для природных временных рядов (ВР), характеризующих экономические показатели зернового производства. Предлагаемая платформа призвана облегчить усилия исследователей при поиске прогнозов экономических показателей в сложных, многокритериальных системах в многомерном операционном пространстве с учетом цикличности волатильных процессов и позволяет решить следующие задачи: 1) платформа позволяет объединить большое число взаимодействующих математических и инструментальных конструктов; 2) платформа учитывает законы воздействия внешних риск-экстремальных факторов (первичные показатели) на экономические показатели (вторичные показатели).



Рисунок 3 – Экономико-математическая исследовательская платформа прогнозирования волатильных процессов на базе синергетической методологии (на примере зернового производства)

Использование исследовательской платформы позволяет увеличить горизонт прогноза: помимо годовых нормативных прогнозов существует возможность построение краткосрочных (2-3 года) и среднесрочных прогнозов (4-10 лет). По длине горизонта прогноза будем различать 3 вида прогнозов.

«Прогноз 1» – это «внутригодовое» прогнозирование социально-экономического фона, например, суждение о будущем размере урожая зерновых культур генерируется внутри прогнозируемого года, по текущим характеристикам «отчётного периода». Он расширяется по мере приближения ко времени уборки зерна. «Горизонт прогноза урожайности», наоборот, при этом сужается. Чем ближе мы находимся к моменту сбора урожая, тем точнее следует ожидать данные «прогноза-1».

«Прогноз-2» – это «годовое» прогнозирование экономических показателей, прогноз определяется при постоянной длине «горизонта прогноза» в один, два, реже три и более года, при этом длина «отчётного периода» временного ряда входного параметра превышает длину «горизонта прогноза» в несколько десятков раз. Это наиболее известная методология, когда по характеристикам значений предшествующих лет определяется прогноз в искомом году, следующим за последним годом «отчётного периода».

«Прогноз-3» – «длительное», «длинное», «блочное» или «циклическое» прогнозирование экономических показателей, которое определяет будущее значение на несколько лет вперёд в «горизонте прогноза» некими обобщёнными характеристиками траектории исследуемого процесса за предшествующие годы. Такими обобщёнными характеристиками в исследовании выступают: циклы урожайности зерновых культур, так что прогноз экономических показателей зернового производства удаётся рассчитать вперёд, по крайней мере, на длину очередного цикла; значение цен на акции и котировок выбранных элементов финансового рынка; величина туристического потока. Предлагаемая исследовательская платформа позволяет решать эти вопросы, в связи с возможностью использования методов нелинейной динамики, позволяющих учитывать циклическую сущность экономических процессов.

3. Разработан методический подход и его программная реализация для получения прогноза динамики экономических показателей, особенность которого состоит в комплексном использовании алгоритмов и методов нелинейной динамики, что позволило синхронизировать прогнозные характеристики, полученные в ходе проведения предпрогнозного анализа агроэкономических процессов, а также обосновать рекомендуемую глубину памяти для алгоритма линейного клеточного автомата.

В соответствии с описанной платформой многокритериального прогнозирования (рисунок 3) разработана методика построения прогнозной модели первичных факторов, влияющих на показатели отдельных выбранных секторов экономики. Методика включает системную комбинацию математических методов, задача которых – моделировать многокритериальность объективного влияния внешней среды (риск-экстремальных факторов) на экономические показатели. В отличие от методов классической статистики, изучение динамики риск-экстремальных факторов, влияющих на экономические показатели на базе арсенала методов нелинейной динамики придает концепции новые качественные предпрогнозные характеристики: 1) наличие свойства «долговременной» памяти у временного ряда риск-экстремального фактора (оценка

показателя Херста); 2) выявление длин циклов и квазициклов риск-экстремальных факторов в качестве предпрогнозной информации (фазовый анализ); 3) вычисление показателя Ляпунова (старший показатель и спектр) для оценки степени влияния самоподобных процессов; 4) определение глубины долговременной памяти временного ряда внешних факторов, полученной на базе алгоритма работы линейного клеточного автомата (ЛКА).

Реализацию отдельных этапов методики прогнозирования «первичных» факторов, влияющих на экономические показатели зернового производства, представим на данных региона Юга России: Ставропольского края, Карачаево-Черкесской Республики, Краснодарского края. Методика предполагает использование временных рядов агрегированных значений осадков за апрель месяц, которые влияют на экономические показатели зернового производства в указанной климатической зоне.

Обозначим эти ряды: «Осадки_КЧР» (1960-2018 гг.), «Осадки_КК» (1938-2018 гг.), «Осадки_СК» (1967-2018 гг.). Представим результаты расчетов на базе представленной методики.

Описанная методика реализована в виде программного обеспечения «Методы нелинейной динамики», среда программирования – Python 3.7.6 (свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2020612899 РФ).

Этап 1. Расчет и анализ статистических показателей временного ряда осадков в апреле месяце подтверждают факт подчинения закону нормального распределения (в соответствии с рисунком 4а). Исследуемая совокупность данных принадлежит диапазону $M + 3 \cdot \sigma$. На рисунке 4а представлены эмпирическая функция распределения исследуемого временного ряда значений выпавших осадков, а также вычисленные статистические показатели.

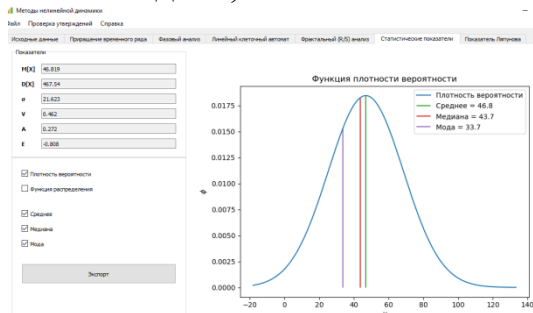


Рисунок 4а – Вкладка «Статистические показатели» для временного ряда «Осадки_КК»

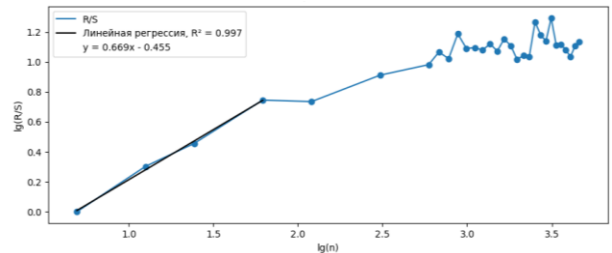


Рисунок 4б – R/S-траектория временного ряда «Осадки_КК». Глубина памяти равна 5 (точка срыва с тренда)

Этап 2. Определение наличия, оценка показателя шума и выявление свойства трендоустойчивости для исследуемого временного ряда значений осадков. Рассчитан показатель нормированного размаха значений ряда за конечный промежуток времени, предложенный гидрологом Херстом. Также предложено классифицировать трендоустойчивость временного ряда риск-фактора – количества выпавших осадков – относительно введенного им показателя (в соответствии с рисунком 4б).

Этап 3. Получение предпрогнозной информации, используя знания о длинах квазициклов временного ряда риск-экстремальных факторов,

влияющих на экономические показатели зернового производства на базе фазового анализа (рисунок 5). Фазовый анализ проведен с целью выявления циклов во временном ряде значений выпавших осадков, которые определяют эффективность зернового производства.

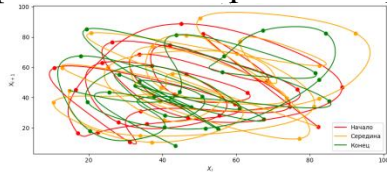


Рисунок 5а – Фазовый портрет временного ряда «Осадки_КК»

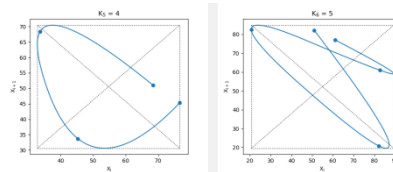


Рисунок 5б – Типичные квазициклы временного ряда «Осадки_КК»

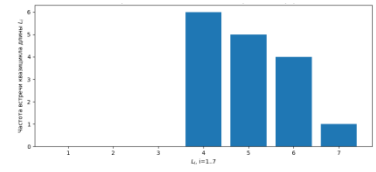


Рисунок 5в – Длины квазициклов ВР «Осадки_КК»

Этап 4. Выявление качественных предпрогнозных характеристик на основе оценки показателя Ляпунова (рисунок 6). Определение длинных циклов для агроэкономических временных рядов является основой для построения сценариев среднесрочного прогнозирования зернового производства.

Наличие положительного знака у наибольшего показателя Ляпунова позволяет говорить о хаотическом поведении исследуемого процесса. представлен график устойчивой сходимости значений старшего показателя Ляпунова $\lambda(y_i)$ к величине 0.0264 бит в год. Последнее означает то, что теряется предсказательная мощность исследуемого процесса со скоростью 0.037 бит/год или 37 (лет).

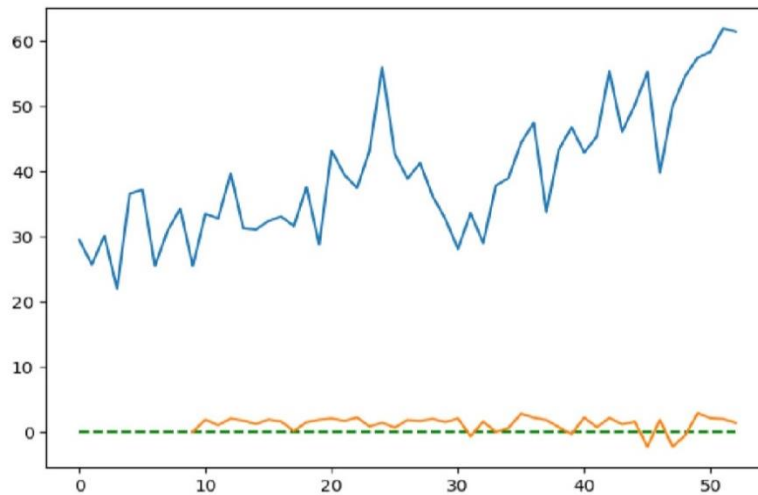


Рисунок 6 – Сходимость старшего показателя Ляпунова для временного ряда урожайности зерновых культур по Краснодарскому краю за период с 1966 по 2021 гг. (оранжевый цвет); диаграмма исходных данных (синий цвет); по оси абсцисс – номер уровня ВР; по оси ординат единица измерения (ц/га)

Спектр показателей Ляпунова для исследуемого процесса – временного ряда урожайности зерновых культур по Ставропольскому краю составляет массив $[0.0264; -0.0228; -0.054; -0.2453]$, характеризующий общие закономерности поведения процесса для различных начальных условий. Вычисление старшего показателя Ляпунова дает возможность определить степень влияния са-

моподобных процессов в зерновом производстве, которые имеют долгосрочную зависимость, позволяя предсказать будущее поведение на базе ретроспективных данных.

Этап 5. Получение прогноза количества выпавших осадков в числовом выражении и в виде лингвистической переменной. В качестве инструментария для анализа и прогнозирования временных рядов природно-климатических показателей, не удовлетворяющих условиям эконометрического анализа, в

работе используется модель линейного клеточного автомата – модель дискретных динамических систем с распределённым управлением. Визуализация работы инструментального средства «Методы нелинейной динамики» (рисунок 7) и оценка верхней границы ошибки прогноза, позволяет оценить релевантность примененных методов и моделей для прогнозирования временных рядов значений риск-экстремальных факторов, влияющих на экономические показатели зернового производства. Для исследования временного ряда осадков в апреле месяце использован линейный клеточный автомат, выбрана классическая раскраска в виде трита: Н – низкий уровень количества осадков, С – средний уровень, В – высокий (рисунок 9а). Для удобства работы с данным приложением результаты расчетов алгоритмов работы методов нелинейной динамики экспортируются в приложение Microsoft Excel.

Результаты апробации авторской методики для получения прогноза временного ряда выпавших осадков, определяющих продуктивность и эффективность зернового производства, представлены в таблице 1.

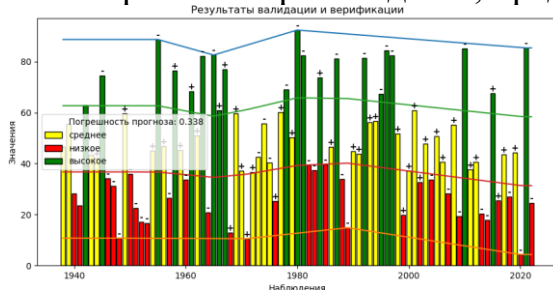


Рисунок 7а – Результат работы этапа верификации алгоритма линейного клеточного автомата для ВР «Осадки_КК»



Рисунок 7б – Результат проведенной процедуры валидации для ВР «Осадки_КК». Ошибка прогноза 33,8%. Глубина памяти равна 5. Прогноз 31,4 мм

Таблица 1 – Сводные данные проведенного фазового анализа и линейного клеточного автомата для временных рядов выпавших осадков в апреле месяце

Математические методы	Классич. статистика	Предпрогнозный анализ			Прогноз			
	Стат. парам.	Фазовый анализ		R/S-анализ	Линейный клеточный автомат		Скольз. среднее	
Наименование временного ряда (риск-фактора)	Коэффициент вариации, %	Наибольшая частота квазициклов, m_i	Длина квазицикла с максимальной частотой, d_i	Точка срыва R/S-траектории	Глубина ряда, l	Ошибка прогноза (%)	Прогноз на 2023 г. (мм)	Прогноз на 2023 г. (мм)
Осадки КЧР	41	3	4; 5; 7	4	5	27,3	39,7	38,2
Осадки КК	46,8	7	4	5	5	33,8	43,6	37,1
Осадки СК	52,1	3	6	4	6	35,3	30,6	25,6

Методика прогнозирования риск-экстремальных факторов, влияющих на экономические показатели зернового производства, включающая в себя алгоритмы методов нелинейной динамики, отличается от традиционных мономоделей и метода наименьших квадратов тем, что позволяет выявить качественно новые прогностические характеристики исследуемых риск-факторов, определить топологические и метрические характеристики циклов риск-

экстремальных факторов, выявить глубину долговременной (конечной) памяти временного ряда риск-экстремальных факторов, которая является значимым параметром в системе поддержки принятия управленческого решения в сфере зернового производства.

Определение прогноза в виде лингвистической переменной и числовом выражении дает дополнительную информацию для риск-менеджмента в зерновом производстве. Например, величина финансовых средств по страхованию посевов будет зависеть прогнозов риск-экстремальных факторов, влияющих на экономические показатели зернового производства. Отметим, что волатильность природных процессов ведет к резким колебаниям финансово-экономических показателей зернового производства.

4. Разработан инструментарий на базе алгоритма фазового анализа для исследования и выявления свойств цикличности волатильных процессов, особенность которого состоит в параллельном исследовании триады: исходного временного ряда, ряда его приращений и агрегированных данных экономического процесса, что позволяет выявить синергетический эффект от исследования сложных экономических процессов.

Представлена авторская разработка информационной системы предпрогнозного анализа сложных социально-экономических процессов методом исследования локальных колебаний временного ряда (ВР). Для визуализации модели и описания всех действий, выполняемых разработанной программой используем ряд инструментальных средств, позволяющих моделировать действия в процессах, определять их порядок и необходимые ресурсы. Отличительной особенностью представленного инструментального средства является экспорт выходного файла, в котором строится сводная таблица результатов фазового анализа для триады: исходного временного ряда, ряда приращений и агрегированных данных, при этом визуализируется получаемый синергетический эффект от исследования сложных социально-экономических процессов в разрезе полученных результатов.

В качестве входного файла для представленного инструментального средства в этом параграфе, также могут быть апробированы данные из других секторов экономики. Для разработки информационной системы «Фазовый анализ агрегированных данных» (рисунок 8) целесообразно использовать системные встроенные средства Visual Studio с подключением пакетов Microsoft Office.Core и Microsoft Office.Interop.Excel для работы с файлами Microsoft Excel.

Аналогичные расчеты можно провести как для исходного ВР, так и для ряда приращений исследуемого процесса. Отличительной особенностью данной разработки является то, что система в качестве выходного файла дополнительно представляет сводную таблицу результатов фазового анализа для: исходного ВР, ряда приращений и агрегированного ВР (таблица 2).

Для волатильных временных рядов требуются дополнительные исследования в разрезе построения формаций (агрегирование, приращение).

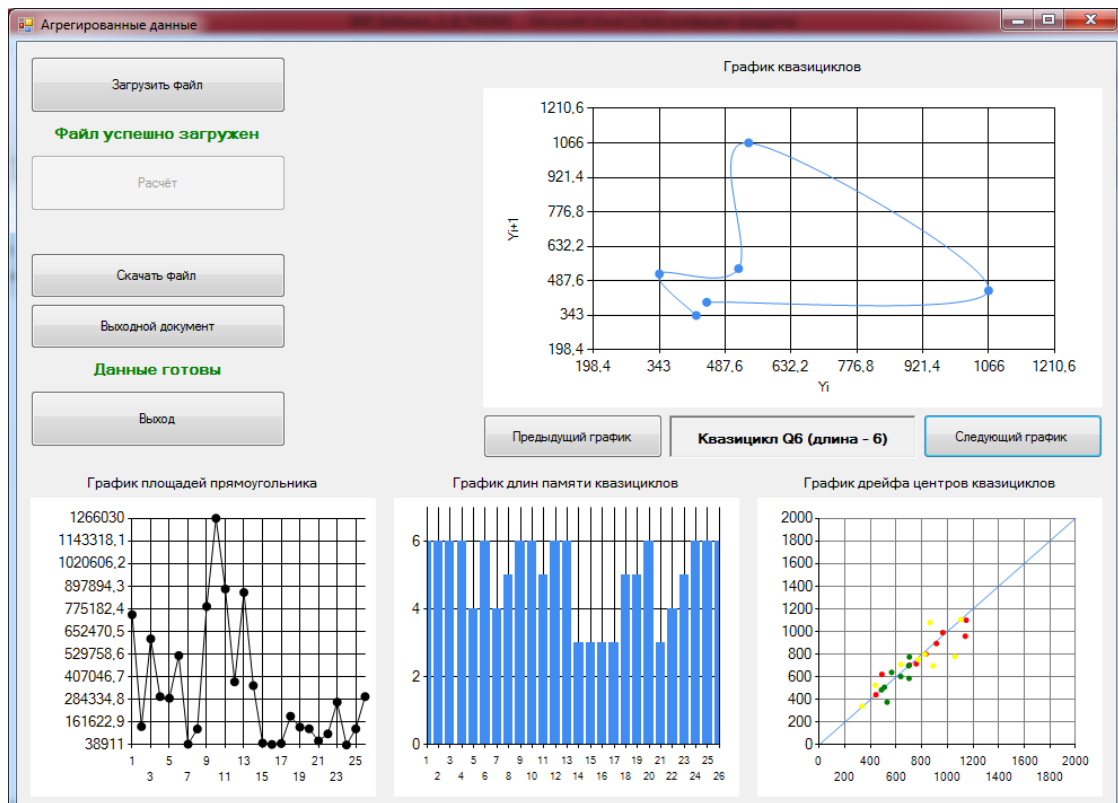


Рисунок 8 – Расчет метода фазового анализа для агрегированного временного ряда туристического потока (период агрегации $k = 7$)

Результаты предпрогнозного анализа нужны для подбора или разработки прогнозной модели.

Таблица 2 – Сводная таблица результатов фазового анализа

Исходный ВР			Приращения ВР			Агрегированный ВР по 7		
Наибольшая частота квазициклов	Длина квазицикла с max частотой	Уравнение регрессии	Наибольшая частота квазициклов	Длина квазицикла с max частотой	Уравнение регрессии	Наибольшая частота квазициклов	Длина квазицикла с max частотой	Уравнение регрессии
159	5	$y = 0,9x + 4,7$	83	6	$y = 0,2x + 1,77$	13	6	$y = 0,82x + 112,06$

Точность же количественного прогноза определяет последовательность данных, которая позволяет выявить возможности появления следующего значения во времени. Апробация программного комплекса проведена на основе реальных данных объема туристического потока. Получены количественные значения и качественные характеристики предпрогнозной информации для значений нижнего уровня моделирования туристско-рекреационной деятельности, которые в свою очередь являются входными данными для прогнозных моделей верхнего уровня управления туристско-рекреационной деятельностью (планирование занятости и брони номерного фонда), что становится особо важным фактом в условиях развития отечественного туризма.

5. Разработаны сплайн-модели для совместного описания цикличности внешних природно-климатических показателей (солнечная активность, количество осадков, температура окружающей среды) и урожайности пшеницы, реализация которых позволила построить непрерывные

полиформные кусочно-аппроксимационные модели, отличающиеся от известных в литературе мономоделей и моделей на основе метода наименьших квадратов аналитичностью и приспособленностью для широкого круга процессов с изменяющейся структурой.

В экономических и природных процессах обнаруживается три десятка принципиальных достоинств сплайн-аппроксимации. Главные из них: сплайны «подвижные и гибкие», непрерывные и гладкие вместе со своими производными, эффективные, всегда существуют, единственны, сходятся быстро и равномерно, аналитичны, мал порядок аппроксимирующего полинома, адекватно представление ими систем с переменной структурой, инвариантна внутренняя структура, удобная замена рядов Фурье при моделировании периодических движений, сохранение временного показателя каждого дискретного отсчёта, прохождение сплайна точно через узловые точки делает его точность абсолютной, отменяет операцию минимизации в методе наименьших квадратов. Для сплайна характерны простота вычислений, сплайн хорошо проявил себя в фазовом анализе и параметрическом построении взаимосвязей, он не критичен к величине и вариативности шага, восстанавливает пропущенные значения, не реагирует на «ложную цикличность» или «эффект Слуцкого-Юла».

Нами введены ортогональные составляющие процессов с совпадающими и несовпадающими существенными признаками:

$$\begin{aligned}
 \hat{x}_{k,l} &= \frac{1}{N} \sum_{v=0}^{N-1} \hat{X}_{v,l} \exp(i2\pi vk/N); \\
 \hat{X}_{v,l} &= \begin{cases} X_{v,l}, & \text{sign } S_v = \text{sign } X_{v,l}, \\ 0, & \text{sign } S_v \neq \text{sign } X_{v,l}; \end{cases} \\
 \tilde{x}_{k,l} &= \frac{1}{N} \sum_{v=0}^{N-1} \tilde{X}_{v,l} \exp(i2\pi vk/N); \\
 \tilde{X}_{v,l} &= \begin{cases} 0, & \text{sign } S_v = \text{sign } X_{v,l}, \\ X_{v,l}, & \text{sign } S_v \neq \text{sign } X_{v,l}. \end{cases} \\
 \hat{S}_{v,l} &= \begin{cases} S_v, & \text{sign } S_v = \text{sign } X_{v,l}, \\ 0, & \text{sign } S_v \neq \text{sign } X_{v,l}; \end{cases} \\
 \tilde{S}_{k,l} &= \frac{1}{N} \sum_{v=0}^{N-1} \tilde{S}_{v,l} \exp(i2\pi vk/N); \\
 \tilde{S}_{v,l} &= \begin{cases} 0, & \text{sign } S_v = \text{sign } X_{v,l}, \\ S_v, & \text{sign } S_v \neq \text{sign } X_{v,l}. \end{cases}
 \end{aligned} \tag{1}$$

l – номер ряда; i – мнимая единица; v – дискретная частота; $k = 0..N$; где N – количество элементов временного ряда;

$\hat{x}_{v,l}$ – прямое дискретное преобразование Фурье значений временного ряда;
 $\hat{X}_{v,l}$ – обратное дискретное преобразование Фурье значений ВР;
 $\hat{s}_{k,l}$ – прямое дискретное преобразование Фурье непрерывного сплайна;
 $\hat{S}_{k,l}$ – обратное дискретное преобразование Фурье непрерывного сплайна;

В данном исследовании существенными «первичными» погодными климатическими источниками, влияющими на урожайность зерновых, кроме Солнца, солнечной активности (инсоляции), чисел Вольфа и цикличности инсоляции могут быть количество осадков, цикличность количества осадков или относительной влажности воздуха, цикличность температуры окружающей среды и поверхности земли, включая возможные периодические возвраты заморозков. Особое значение замкнутых фазовых портретов в экономике состоит в том, что они по-другому изображают известные циклы – как периодические движения показателя. Они описываются такой наукой, как экономическая цикломатика, которая позволяет разделить на циклы сложную многослойную эволюцию экономических процессов.

Сходство рядов существенно уменьшается, если для различных номеров l и одинаковых частот v коэффициенты X_{vl} будут иметь разные знаки. Ряд чисел Вольфа обладает этими же свойствами.

Сложную «многослойную» эволюцию экономических процессов и систем получается декомпозировать на циклы. Будем «поглядывать» на эти положения теории, строя непрерывные («истинные») фазовые траектории для значений временного ряда показателей урожайности озимой пшеницы региона Ставропольского края за временной промежуток времени с 2000 г. по 2021 г. (рисунок 9).

Фазовый портрет, который строится на базе связи непрерывных процессов и их первых производных, претендует на непривычно обобщённый двумерный математический образ динамики системы. Особенность непрерывного фазового подхода состоит в комплексном представлении социально-экономической динамики на фазовой плоскости, где в качестве оси абсцисс будут значения «показателя», по оси ординат исчисленные значения первой производной «показателя».

Циклический характер ВР «Пшеница_СК» отчетливо виден по фазовому портрету. Отличительной особенностью фазового анализа является выделение цикла, как динамического блока в повторении, достраивая который появляется возможность получения прогноза на ряд лет вперед (прогноз-3) от прогноза-2 и прогноза-1. На рисунке 9 визуализируется положительное движение циклов слева направо по оси Ox в пределах интервала [2.1; 40.2], что характеризует рост показателя урожайности озимой пшеницы Ставропольского края, выражаемого наличием тенденции резких выбросов (функции $\varphi'(t)$ по оси Oy).

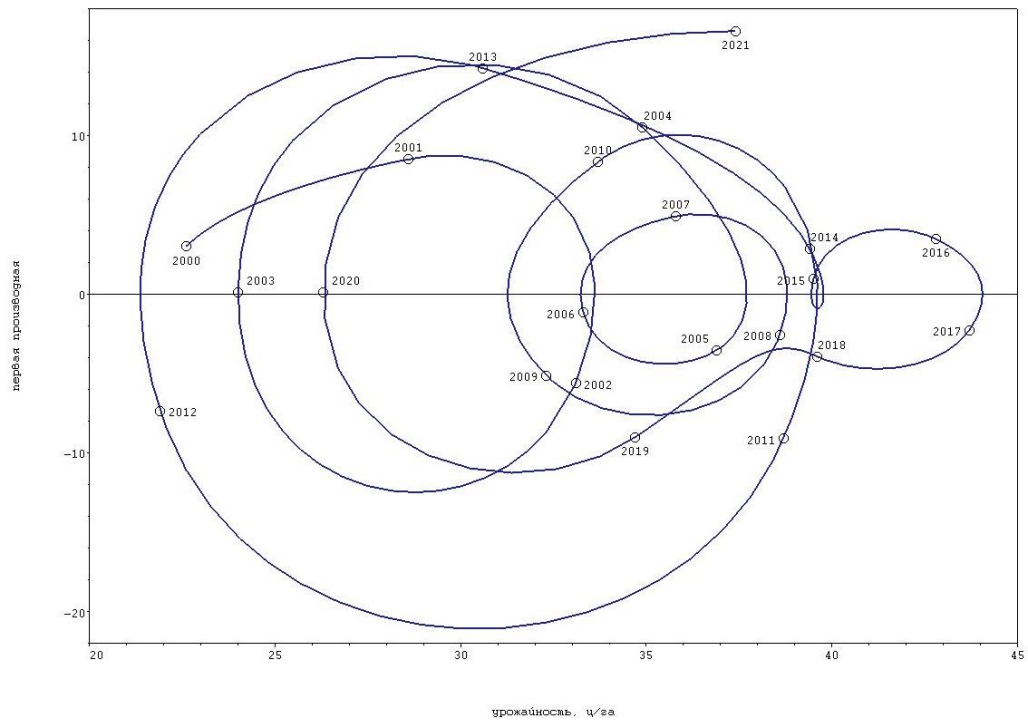


Рисунок 9 – Фрагмент циклической картины показателя урожайности «Пшеница_СК» по Ставропольскому краю с 2000 по 2021 гг.

Слайн-аппроксимация. Система компьютерной математики *MAPLE 19.0*

В отличие от известных методов классической статистики, одним из преимуществ методов нелинейной динамики является возможность определения такого свойства исследуемого процесса, как «устойчивое состояние системы», например, на базе применения алгоритма фазового анализа.

Выявление аттракторов системы, а также визуализация переходов из одного состояния в другое являются одним из качественных характеристик исследуемого процесса X_i , которое можно получить на базе апробации такого метода нелинейной динамики, как фазовый анализ. Его алгоритм предполагает определение первой X'_i и второй X''_i производных исследуемого временного ряда. Отметим, что X'_i представляет собой скорость изменения значений экономического показателя (значения абсолютного цепного прироста), а вторая X''_i – означает ускорение этих процессов.

Согласно соотношениям (2)–(3) построены координаты фазовой траектории временного ряда урожайности озимой пшеницы по Ставропольскому краю (рисунок 10):

$$X'_i = x_i - x_{i-1}, \quad (2)$$

$$X''_i = x_{i+1} - 2 \cdot x_i + x_{i-1}, \quad (3)$$

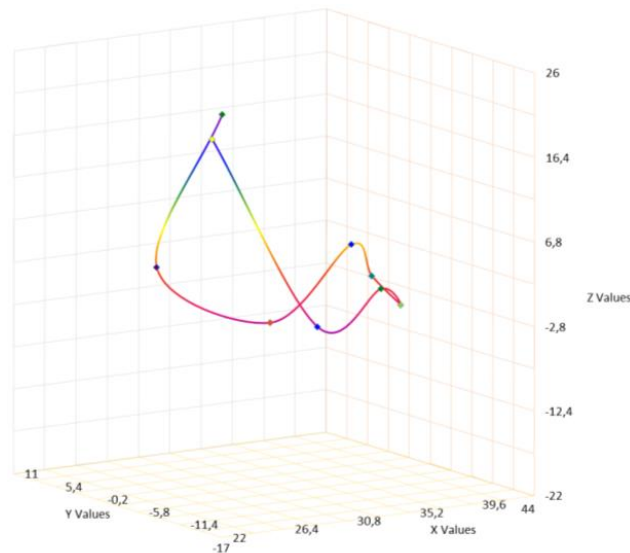


Рисунок 10 – Фрагмент циклической картины в трехмерном пространстве показателя урожайности «Пшеница_СК» по Ставропольскому краю с 2012 по 2021 гг.

где x_i – текущее значение экономического показателя, x_{i-1} – предыдущее значение, x_{i+1} – следующее значение ВР.

Согласно визуализации рисунка 10 наблюдаем точку бифуркации (X_{2011}), значение урожайности составило для этого года 38,7 (ц/га), в следующий момент времени система имела значение $X_{2012} = 21,9$ (ц/га). Переход из одного состояния системы в другое вызван резким изменением значений узлов временного ряда.

Идея, что урожайность зерновых циклически следует числам Вольфа, или, другими словами, 11-

летнему циклу солнечной активности, достаточно долго была в повестке дня. Фактически, длина цикла равна 10.5 годам. Расстояние между наибольшими значениями цикла изменяются в диапазоне от 7.3–17.1 лет и между наименьшими значениями 9–13.6 лет. Эта идея проросла предложениями, что «циклы урожайности сельскохозяйственных культур тесно связаны с циклами солнечной активности», периоды которой считаются «достаточно известными и постоянными». А это уже не так, раз сами длины циклов далеки от постоянства. Количественно значение солнечной активности определяется числами Вольфа. Определяются среднемесячные и среднегодовые значения чисел Вольфа W . Коэффициент k в формуле для W был принят за единицу для чисел Вольфа в 1849 г. Сами числа Вольфа располагаются в пределах от 0 до 300. Средняя продолжительность циклов Швабе-Вольфа составляет 11.04 или 11.1 года. Периоды (длины) циклов – от 108 месяцев до 163, чаще 136-137. Длина цикла чаще определяется как расстояние между минимумами солнечной активности. Каждый цикл солнечной активности имеет период, амплитуду и фазу. Несколько таких «настоящих» или «истинных» непрерывных фазовых траекторий временного ряда показателей урожайностей зерновых культур в виде функциональной зависимости $\varphi(t)$ от первой производной $\varphi'(t)$ построено на рисунке 9 для которых величина урожайности озимой пшеницы известна. Можно видеть, что цикличность внутренне присуща урожайности озимой пшеницы, даже если мы не знаем вызывающих ее причин. Фазовое представление позволяет вычленять циклы из дискретных временных рядов урожайности озимой пшеницы, определять их метрические и топологические характеристики.

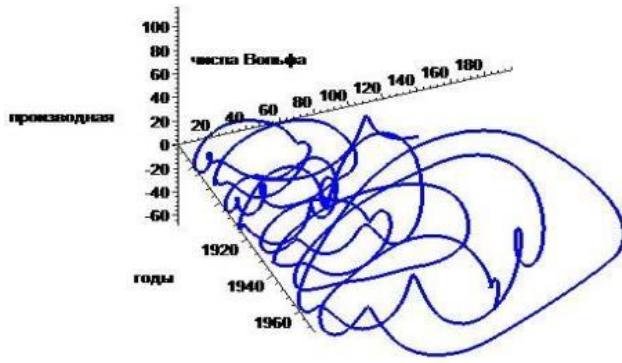


Рисунок 11 – Трехмерный фазовый портрет динамики циклов среднегодовых (календарных) чисел Вольфа с 1870 по 2022 гг. Слайн-аппроксимация. Система компьютерной математики *MAPLE 19.0*

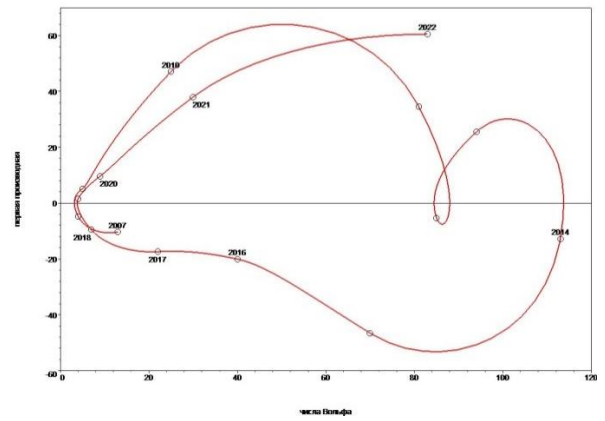


Рисунок 12 – Фрагмент фазового портрета циклической картины инсоляции (чисел Вольфа) в 2000-2015 гг. (BLUE). Видны конец XXIII-го и середина XXIV-го солнечных циклов, период последнего считается в точке $x=5$ $2015.8-2004.7=11.1$ г., в точке $x=3$ $2014.3-2003.7=10.6$ г. с паразитным циклом $2015.8-2014.3=1.5$ г.

Фазовая траектория соответствующего фрагмента временного ряда среднегодового «календарного» показателя солнечной активности (числа Вольфа) с 2007 по 2022 гг. в трехмерном пространстве представлена на рисунке 11. Можно отметить резкие «скачки» в изменении поведения траектории построенного квазицикла. На рисунке 12 представлен фрагмент фазового портрета циклической картины инсоляции (чисел Вольфа) в 2007–2022 гг. Видны конец XXIII-го и середина XXIV-го солнечных циклов, период последнего считается в точке $x=5$ $2015.8-2004.7=11.1$ г., в точке $x=3$ $2014.3-2003.7=10.6$ г. с паразитным циклом $2015.8-2014.3=1.5$ г.

На рисунке 13 приведена сравнительная характеристика кривых урожайности озимой пшеницы в Ставропольском крае и солнечной активности в 2000–2021 гг. Начало и конец солнечного цикла считается по его минимумам, длина цикла – по расстоянию между ними.

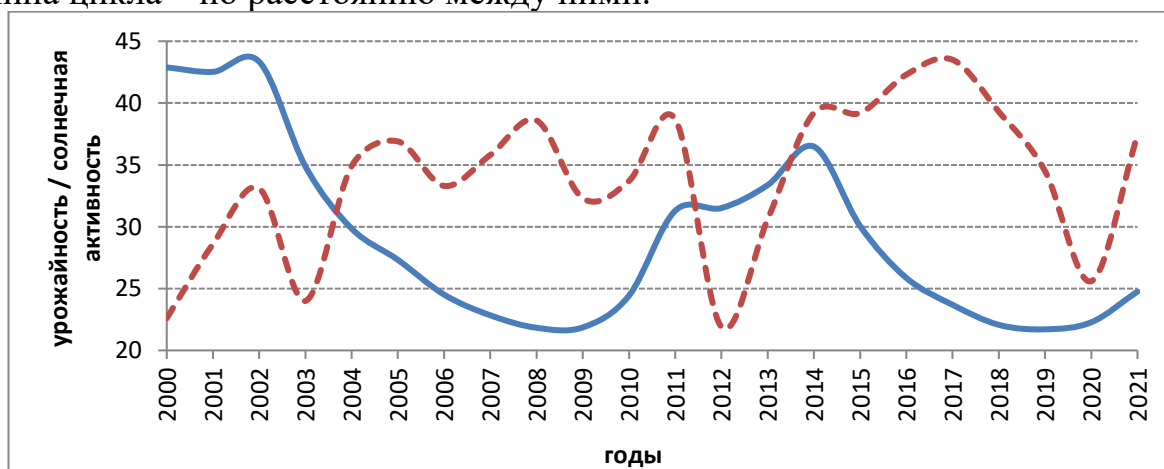


Рисунок 13 – Сравнительный анализ совмещенных кривых динамики урожайности озимой пшеницы в Ставропольском крае (RED, пунктир) и частей XXIII-го (окончание) и XXIV-го (начало и середина) циклов солнечной активности (BLUE, сплошная) в 2000–2021 гг.

Цикличность урожайности, как признак «вторичный», зависит от нескольких первопричин – цикличности солнечной активности, цикличности

выпадения осадков, годовой цикличности температуры окружающей среды. Поскольку в использованных нами непрерывных методах сплайны и сплайновые циклы имеют аналитическое описание, то построение прогнозного цикла сводится к аналитическому или графическому сдвигу последнего цикла «отчётного времени» на T лет вперёд, где T – длина периода этого последнего цикла. Как видно из интегрального фазового портрета рисунке 9, хорошо просматриваются многочисленные «правильные» фазовые циклы урожайности озимой пшеницы. Длины этих циклов сокращаются при приближении к 2018 г., можно увидеть большое число замыканий циклов в отрезке 2000–2018 гг. На рисунке 9 для периода 2000–2021 гг. найдены 8 циклов с длинами от 2.7 до 9.0 лет, длины которых значительно отличаются от длины 11-летнего цикла солнечной активности. Рассматривая статистику показателя урожайности озимой пшеницы по Ставропольскому краю, попытаемся найти связь между ней и солнечной активностью (числами Вольфа).

Аналогично обстоит дело с осадками – сумма помесечных осадков для озимого урожая N -го года должна измеряться и суммироваться по среднемесячным осадкам с августа $N-1$ -го года по июль N -го года, а для ярового урожая – от мая до сентября. Еще одна сложность с осадками – они измеряются в отдельной точке (например, в Ставрополе), а не по всему краю, области или республике, что неадекватно размеру осадков на всей территории, с которой собирается урожай зерновых культур.

В качестве примера приведем фазовую траекторию выпадения апрельских осадков в Ставрополе в 1967–2022 гг. (в соответствии с рисунком 14). Как мы видим, интенсивность выпадения осадков влияет как на абсолютную величину урожайности озимой пшеницы, так и на ее цикличность.

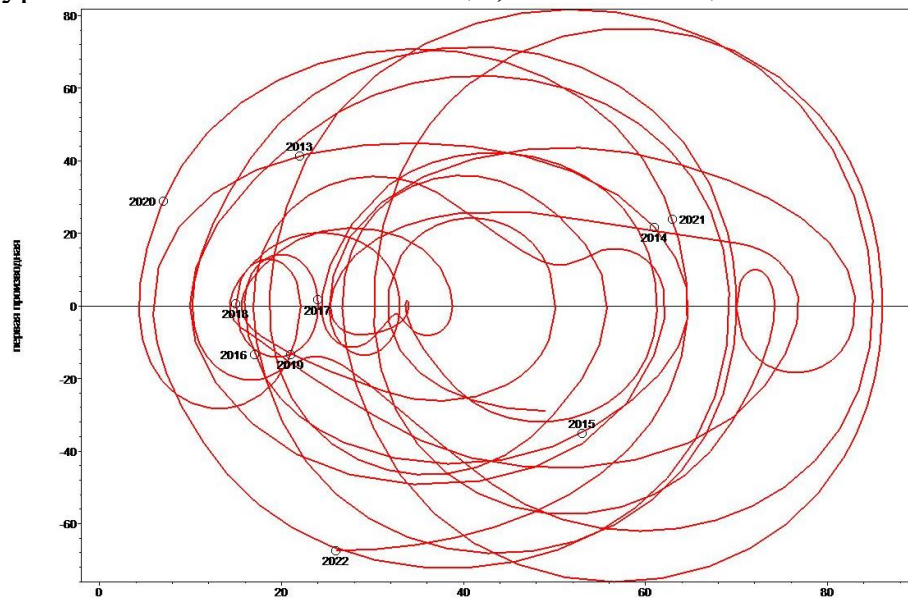


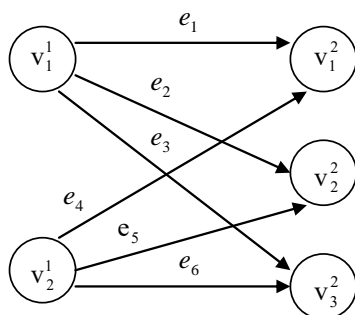
Рисунок 14 – Фрагмент циклической картины в фазовом пространстве временного ряда значений риск-экстремального фактора – количества выпавших осадков в апреле месяца в Ставрополе за период 1967–2022 гг. с минимумом в 2003 г.

Фазовый анализ является фактически «переходным» новым инструментом для изучения агроэкономических процессов. На его основе происходит привязка точек циклических траекторий к такому параметру как время.

Другими словами, с помощью фазового анализа осуществляется поиск, соответственно, обнаружение, далее визуализация и расчет циклических характеристик, привязанных к временному параметру. Фазовые методы дают нам возможность найти системные циклы и становятся частью анализа агроэкономических процессов. Именно однозначное соответствие фазовых траекторий временным параметрам и используемые аналитические формы, включая первые производные, расширяют наше понимание об агроэкономических процессах. Фазовые циклические траектории и на понятийном уровне взаимосвязанные эконометрические законы дают возможность применения новых подходов к прогнозированию – «блочному» прогнозированию.

6. Реализованы различные подходы раскраски временного ряда для алгоритма линейного клеточного автомата (ЛКА), применяемого в прогнозировании сложных процессов: «малых» выборок; больших данных; для временных рядов, эмпирическая функция распределения которых не подчиняется закону Гаусса. Отличительной особенностью метода ЛКА является возможность составления среднесрочного прогноза (свыше 1 года), за счет нахождения глубины памяти временного ряда, что позволяет выявить новые полезные прогнозные характеристики с точки зрения методологии исследования: глубина долговременной памяти; прогноз в числовом выражении и в виде терма (Н – низкое, С – среднее, В – высокое значение), среднесрочный прогноз в рамках «лага» глубины памяти.

Полное описание алгоритма работы ЛКА представлено в работах автора. В работе используются результаты алгоритма ЛКА для построения трехцветной прогнозной модели (преобразование временного ряда в лингвистический). Прогнозная модель представлена в виде линейного клеточного автомата, память которого состоит из двудольных ориентированных графов переходов терм $G^\ell = (V_1^\ell, V_2^\ell, E^\ell)$, $\ell = 1, 2, \dots, L$ (рисунок 15). Поиск кодов и тетракодов конфигураций лингвистического временного ряда до состояния «потеря памяти» определяет величину «глубина памяти» временного ряда. Алгоритм ЛКА применим для временных рядов, подчиняющихся/не подчиняющихся нормальному закону распределения.



$$E^2 = \{e_1, e_2, \dots, e_6\}, \quad e_1 = (1, 1), \quad e_2 = (1, 2), \\ e_3 = (1, 3), \quad e_4 = (2, 1), \quad e_5 = (2, 2), \quad e_6 = (2, 3)$$

Рисунок 15 – Ориентированный граф переходов $G^2 = (V_1^2, V_2^2, E^2)$

Увеличение количества ломаных и/или цветов раскраски лингвистического временного ряда позволяет провести обучение линейного клеточного автомата и снизить ошибку прогноза. Недостаток алгоритма ЛКА: средняя

ошибка прогноза увеличивается при прогнозировании двух и более уровней вперед (в рамках глубины памяти). Средняя ошибка прогноза для всего временного ряда урожайности зерновых культур по Ставропольскому краю на базе работы алгоритма линейного клеточного автомата составила величину, не превышающую значение 12,6 %, средний модуль отклонения (MAE) составил величину 3,1.

Примечание. Всякую такую конфигурацию u_j^0 , в которой имеется только 1 переход в состояния термов H , C и B отличный от нуля (остальные переходы – нулевые) будем называть *конфигурацией с наличием памяти*.

Процедура валидации алгоритма линейного клеточного автомата апробируется (обучается) на всей выборке данных по принципу оверфиттинга.

Прогнозное значение в числовом виде ожидается как величина, равная 31,7 ц/га, в качестве лингвистической переменной ожидается прогноз в виде терма – C , прогноз на 2 шага вперед – H , на 3 шага – B . Глубина памяти, выявленная на базе алгоритма линейного клеточного автомата равна 6 годам, тем самым появляется возможность строить среднесрочные прогнозы значений урожайности зерновых культур.

Основным преимуществом ЛКА по сравнению с другими методами прогнозирования временных рядов, например, ARIMA, SSA, методом аналогов, нейронными сетями является самообучение алгоритма при проведении валидации по принципу метода скользящего контроля. Алгоритм ЛКА показывает наиболее приближенное поведение исходного временного ряда, «угадывая» при этом реверсы «спад/подъем». Алгоритм ЛКА «прозрачен», прослеживается на всех этапах (верификация, валидация, дефаззификация) в отличие от нейронных сетей, которые работают по принципу «черного ящика».

В ходе выполнения развернутого вычислительного эксперимента, автором сформулированы следующие утверждения:

Утверждение 1. Глубина памяти, полученная на базе ЛКА, всегда принадлежит множеству значений длин квазициклов:

$$l_{\text{ЛКА}} \in \{d_i\}, i = \overline{1, m} \quad (4)$$

Утверждение 2. Длина квазицикла d с наибольшей частотой определяет нижнюю границу вероятного значения величины глубины памяти, найденной при апробации квазигенетического алгоритма.

$$d_s \leq l_{\text{ЛКА}}, s = \max_i m, i = \overline{1, m} \quad (5)$$

где m – количество квазициклов.

Утверждение 3. Номер точки, которая характеризует «потерю памяти» или «срыв с тренда» в R/S-траектории принадлежит множеству значений выявленных длин квазициклов $T \in \{d_i\}, i = \overline{1, m}$ и определяется следующим соотношением:

$$T \leq l_{\text{ЛКА}}, \quad (6)$$

где T – номер точки срыва с тренда в R/S-траектории.

Тем самым можно говорить о синхронизации полученных результатов предпрогнозного анализа агроэкономических процессов с глубиной памяти, выявленной на базе алгоритма линейного клеточного автомата.

На базе полученного лага – глубины памяти прогнозной модели ЛКА $l = 6$ построим среднесрочный прогноз показателей зернового производства на 6 лет. Значения частот переходов 1-конфигурации определяют прогнозируемый терм в соответствии с наибольшей величины количества переходов (таблица 3).
Таблица 3 – Значения частот переходов лингвистических переменных ВР урожайности зерновых культур Ишимского района Тюменской области

глубина	Переход из термина	Переход в терм	Количество переходов	Всего переходов
1-конфигурация	Н	Н	20	51
		С	20	
		В	11	
	С	Н	20	52
		С	15	
		В	17	
	В	Н	11	47
		С	17	
		В	19	

Лексема 2020 г. автоматически определена алгоритмом работы ЛКА как терм «Н» (низкий урожай озимой пшеницы), у которого в равном количестве переходы в состояния Н и С (равно 20). В свою очередь терм «С» с большей вероятностью переходит в состояние термина «Н» (как 20 из 52).

При глубине равной 6 построим прогноз на 2024 год, если известны выходные данные системы (верхние строки таблицы 3). Тогда конфигурация за прешествующие годы для прогнозирования показателя урожайности озимой пшеницы 2024 г. выглядит следующим образом: ВСНСНН. При формировании конфигурации, определяющей прогноз урожайности озимой пшеницы на 2025 г. происходит сдвиг на одну клетку: ВВСНСН. Система «Методы нелинейной динамики» автоматически импортирует расчеты алгоритма ЛКА в виде выходного файла в приложение Microsoft Excel (таблица 4).

Таблица 4 – Результаты прогнозирования показателей урожайности зерновых культур Ишимского района Тюменской области)

Прогноз	Конфигурация при определении прогноза	Прогноз		Вероятность наступления (%)
		лексема	ц/га	
2021	ВВВВСН	С	33	77,1
2022	ВВВСНС	Н	23,7	38,5
2023	ВВСНСН	Н	23,8	16,2
2024	ВСНСНН	Н	23,5	
2025	СНСННН	Н	23,2	

Согласно долговременной памяти, у временного ряда озимой пшеницы ожидается «повторение» периода с низкими значениями урожайности, как для диапазона 1994–2000 гг., где подряд идут термы Н.

Математический аппарат алгоритма линейного клеточного автомата применим в прогнозировании сложных процессов, в том числе и для временных рядов, эмпирическая функция распределения которых не подчиняется закону Гаусса, а также в исследовании «малых» выборок и больших данных.

Основным преимуществом ЛКА по сравнению с другими методами прогнозирования временных рядов классической статистики и машинного обучения является самообучение алгоритма при проведении процедуры валидации по принципу метода скользящего контроля (оверфиттинга).

Далее представлена демонстрация работы алгоритма линейного клеточного автомата на примере временного ряда ежемесячных значений цен на палладий за период с 01.03.2018 г. по 01.12.2023 г.:

$$P: p_i, i = \overline{1, n}, \quad (7)$$

которые перенумерованы индексом i , где $n = 12.2023 - 03.2018 = 70$ (шт.); p_i – цены на платину (руб.) на товарном рынке в i -ом месяце. На рисунке 16 представлена графическая визуализация временного ряда (7).

Важным отличием программы является возможность выбора и редактирования минимальных и максимальных точек для построения ломаных из МДР. Все рутинные операции расчета квазигенетического алгоритма автоматизированы и предусмотрен импорт входных данных, экспорт результатов верификации, валидации и дефаззификации в MS Excel.

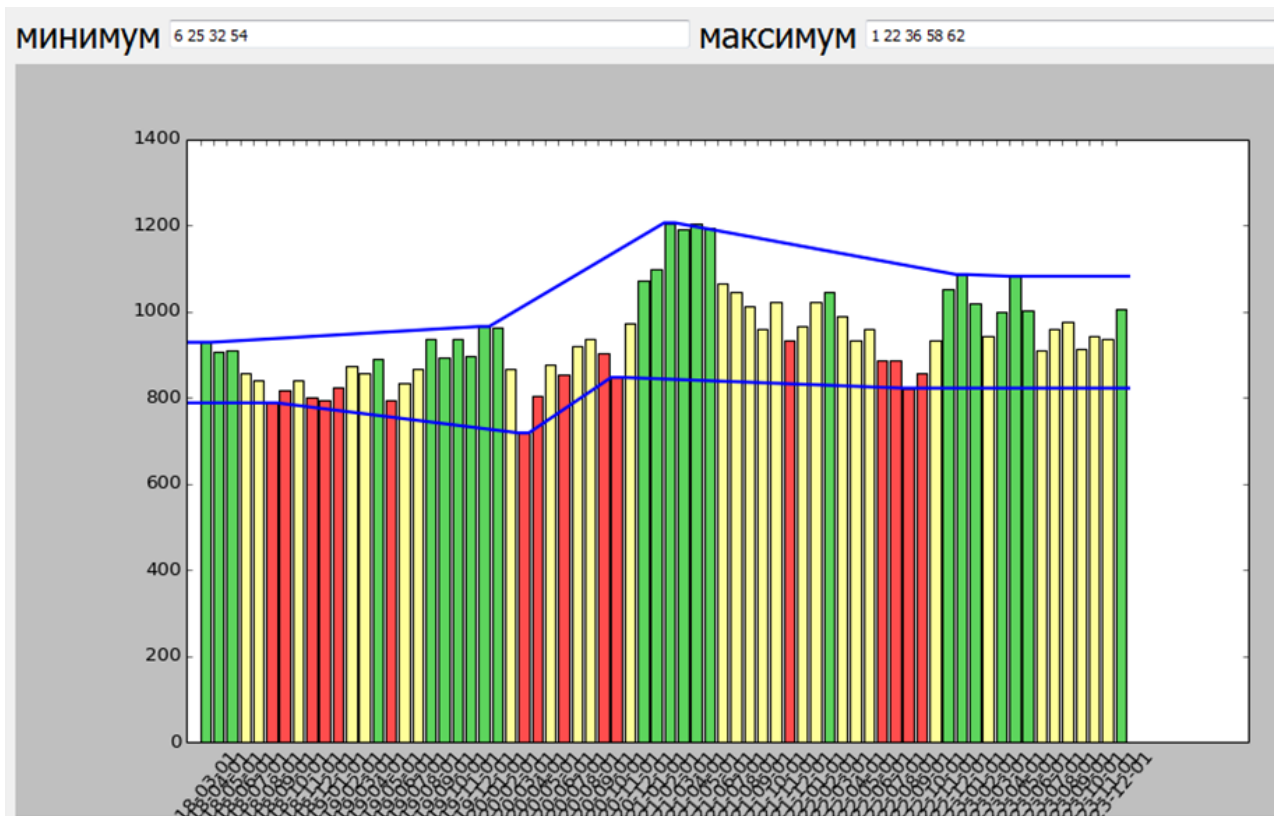


Рисунок 16 – Гистограмма второго варианта раскраски временного ряда значений цен на платину за период с 01.03.18 г. по 01.12.2023 г. (после I и II второго этапа)

В целях самообучения алгоритма линейного клеточного автомата, предусмотрена возможность редактирования номеров точек исследуемого временного ряда (точки ломаных) в целях достижения наименьшей ошибки прогноза при проведении процедуры верификации.

Согласно расчетной формуле процедуры дефаззификации, построим прогноз в числовом виде:

$Y_{n+1}^0 = \sum_{t=1}^3 \mu_t y_t^0 = 0,18 \cdot 857,4 + 0,25 \cdot 940,25 + 0,57 \cdot 1003,5 = 961,34$ р., где индексом $t = 1, 2, 3$ перенумерованы соответственно термы H, C, B : $\mu_1 = \mu_H = 0,18$, $\mu_2 = \mu_C = 0,25$, $\mu_3 = \mu_B = 0,57$. Прогноз в виде терма – В. Получено значение глубины памяти $l_{LCA} = 7$, $\varepsilon_{LCA} = 17,1$ %. Процесс обучения алгоритма ЛКА применяется в случаях, когда необходимо снизить ошибку валидации прогнозной модели за счет выбора точек ломаных (сужение диапазона эпох), тем самым можно говорить о подборе адекватной модели для изучаемого процесса.

Ретроспективный анализ алгоритма ЛКА показывает наиболее приближенное поведение исходного временного ряда, «угадывая» при этом реверсы «спад/подъем». Алгоритм ЛКА «прозрачен», прослеживается на всех этапах (верификация, валидация, дефазификация) в отличие от нейронных сетей, которые работают по принципу «черного ящика». ЛКА дает новые полезные прогнозные характеристики с точки зрения методологии исследования: глубина долговременной памяти; прогноз в виде терма и числа. Отличительной особенностью метода ЛКА является возможность составления среднесрочного прогноза (свыше 1 года), за счет нахождения глубины памяти временного ряда. Средняя ошибка прогноза для агроэкономических временных рядов не превышает 25 %. Доказана синхронизация прогнозных характеристик, полученных в ходе проведения предпрогнозного анализа агроэкономических процессов с глубиной памяти, выявленной на базе алгоритма линейного клеточного автомата.

7. Оценена согласованность полученных прогнозных характеристик внешних факторов с прогнозными характеристиками экономических показателей с использованием коэффициента конкордации Кендалла, что позволило сформировать кластер локальных прогнозов и количественно оценить достоверность результатов применения предложенной концепции для прогнозирования значений экономических показателей.

Объединение различных экономико-математических методов с использованием платформы (рисунок 3) позволяет сформировать кластер локальных прогнозов значений риск-экстремальных факторов и зависящих от них экономических показателей, на базе которого можно получить значение конкордации Кендалла (рисунок 19). Значение коэффициента Кендалла определяет достоверность исследовательской платформы (рисунок 3) для прогнозирования значений внешних факторов и экономических показателей отдельно выбранного сектора экономики. Оценка конкордации Кендалла позволяет системно учитывать все разнообразие воздействующих внешних (риск-экстремальных) факторов, используя взаимно-дополняющие методы и подходы к прогнозированию значений экономических показателей.

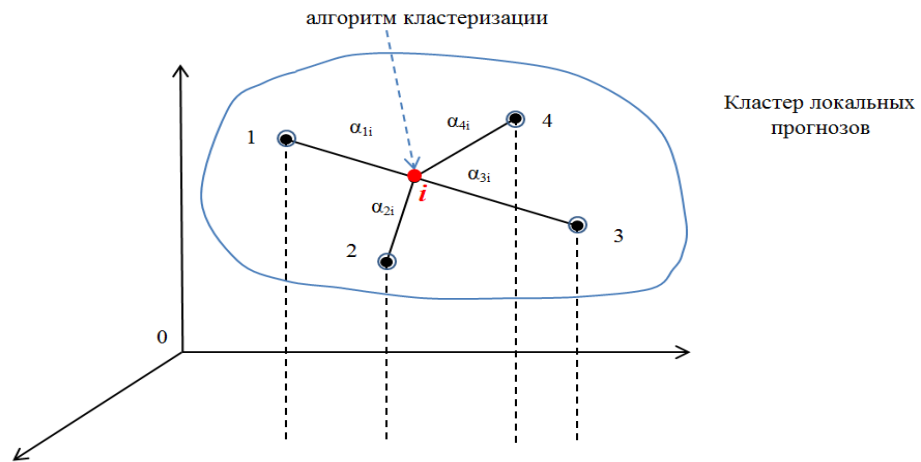


Рисунок 17 – Многомерное пространство прогнозирования экономических показателей на базе синергетической методологии (на примере данных зернового производства: 1 – прогноз осадков методами нелинейной динамики; 2 – прогноз температуры методами нелинейной динамики; 3 – прогноз экономического показателя зернового производства методами нелинейной динамики; 4 – прогноз экономического показателя зернового производства на базе линейного клеточного автомата; ...; i – значение конкордации Кендалла)

Выполнено обобщение прогнозных расчетов значений риск-экстремальных факторов, влияющих на экономические показатели, в один итоговый показатель осуществлено на основе расчета коэффициента конкордации Кендалла (коэффициента множественной ранговой корреляции) для того, чтобы выявить согласованность мнений экспертов о взаимосвязанности рассматриваемых факторов. Эта оценка необходима для определения адекватности выбранных методов:

$$K = \frac{12R}{m^2(n^3 - n)} \quad (7)$$

где R – сумма квадратов разностей рангов; m – количество методов; n – количество факторов.

Достоверность предлагаемого подхода рассмотрим на основе значений временных рядов экономических показателей зернового производства – урожайности озимой пшеницы ряда регионов Юга России: Карачаево-Черкесской Республики, Краснодарского края, Ставропольского края, относящихся к одной природно-климатической зоне. На рисунке 20 представлена трехцветная прогнозная модель: терм Н означает низкое значение урожайности, терм С – средний уровень урожайности пшеницы и терм В – высокое значение урожайности. В ходе визуализации данных таблицы 5 экспериментально подтверждены и согласованы полученные результаты предпрогнозного анализа и прогнозирования показателей урожайности зерновых, полученные на базе исследовательской платформы.

Для оценки согласованности выбранных риск-экстремальных факторов, влияющих на экономические показатели зернового производства и методов прогнозирования рассчитан коэффициент конкордации Кендалла.

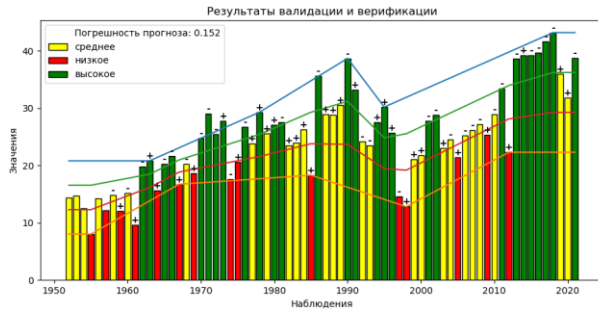


Рисунок 18а – Результат работы алгоритма линейного клеточного автомата для временного ряда «Пшеница_КЧР»

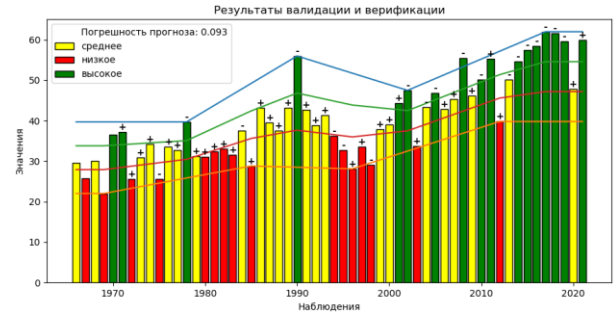


Рисунок 18б – Результат работы алгоритма ЛКА для временного ряда «Пшеница_КК»



Рисунок 18в – Результирующий график алгоритма линейного клеточного автомата в исследовании временного ряда урожайности озимой пшеницы по Краснодарскому краю за период с 1966-2021 гг. (ц/га)

Таблица 5 – Фрагмент результатов прогнозирования временных рядов озимой пшеницы по регионам Юга России

Математические методы	Стат. параметры	Предпрогнозный анализ			Прогноз			
		Фазовый анализ		R/S-анализ	Линейный клеточный автомат		Скольз. среднее	
Наименование временного ряда	Коэффициент вариации, %	Наибольшая частота квазициклов, m_i	Длины квазицикла с тахчастотой, d_i	Точка срыва R/S-траектории	Глубина ряда, l	Ошибка прогноза (%)	Прогноз на 2022 г. (ц/га)	Прогноз на 2022 г. (ц/га)
Краснодарский край	25,7	4	5	4	5	9,3	55,6	58,2
КЧР	33	8	4	5	6	15,2	38,9	38,5
Ставропольский край	77	11	5	4	6	23,5	33,5	37,4

В качестве параметров используются значения прогнозов, полученные на базе методов: R/S-анализ, фазовый анализ, ЛКА; в качестве критериев (объектов) привлечены экономические показатели зернового производства и риск-экстремальных факторов, влияющих на них.

В таблице 6 каждая строка соответствует расчетным значениям соответствующего критерия. Коэффициент конкордации Кендалла (6), равный $K \approx 0.7$ свидетельствует о тесной степени согласованности выбранных методов прогнозирования экономических показателей урожайностей и риск-экстремальных факторов, влияющих на них.

Таблица 6 – Оценка согласованности методов прогнозирования и факторов (фрагмент)

Временной ряд Методы нелинейной динамики	Осадки	Температура воздуха	Урожайность пшеницы	Урожайность кукурузы
R/S-анализ (точка срыва)	5		4	6
Фазовый анализ (длина квазицикла с наиб. частотой)	4	5	5	5
ЛКА (глубина памяти, l)	5	5	5	5
Коэффициент конкордации Кендалла				0,69

Как видно, предложенный подход агрегирует расчёты прогнозных моделей риск-экстремальных факторов с помощью кластерного анализа, определяет степень их согласованности с прогнозами экономических показателей зернового производства. Этот подход можно применять в системах поддержки управленческих решений в целях повышения экономических показателей зернового производства в условиях риска и неопределенности: организация прогнозного мониторинга изменения климата на зернопроизводящих территориях; определение объемов финансирования для страхования посевов и адресной государственной поддержки зернопроизводителей; государственное регулирование в зерновом производстве для решения задач риск-менеджмента (при планировании структуры посевных площадей, при проведении хеджирования зерновых культур, при определении ценовой политики на внешнем и внутреннем рынке зерна).

8. Оценена эффективность метода машинного обучения – нейронной сети при обучении временного ряда цен на пшеницу, использован комбинированный подход применения модели ConvLSTM для прогнозирования сложных процессов с двумя сверточными нейронными сетями, а также двумя LSTM слоями (рекуррентные нейронные сети и сети с долгой кратковременной памятью).

В качестве объектов исследования выбраны следующие временные ряды финансового рынка: 1) котировки акций ПАО «Сбербанк» за период 01.01.2015–01.03.2021; 2) котировки акций компании «Полиметалл» за период 01.01.2015–01.03.2021; 3) котировки акций группы компании «Россети» за период 01.01.2015–01.03.2021.

Рабочим инструментом в прогнозировании сложных процессов становятся нейронные сети (НС). Они состоят из множества связанных между собой нейронов, которые обмениваются информацией и работают вместе для

решения задач. Прогнозирование сложных процессов с помощью нейронных сетей осуществляется путем обучения сети на основе исторических данных. На первом этапе данные подаются на вход сети, затем происходит обработка их нейронами и вычисление результата. Обработка данных происходит в несколько этапов, включая пропуск данных через несколько слоев нейронов, настройку весов и определение функции активации. Такое прогнозирование имеет ряд преимуществ. Во-первых, нейронные сети могут обрабатывать большие объемы данных и находить скрытые зависимости между ними. Во-вторых, нейронные сети могут обучаться на основе различных типов данных, включая текст, звук и изображения. В-третьих, нейронные сети могут учитывать нелинейные зависимости между данными, что делает их более эффективными для прогнозирования сложных процессов.

Прогнозирование сложных процессов с помощью нейронных сетей также имеет свои недостатки. Во-первых, нейронные сети требуют больших объемов вычислительных ресурсов и времени для обучения. Во-вторых, нейронные сети могут быть склонны к переобучению, что может привести к неверным результатам. НС предлагают несколько преимуществ, когда дело доходит до анализа временных рядов:

1. Они могут моделировать нелинейные отношения между переменными, что особенно полезно при анализе временных рядов, где отношения между переменными могут быть нелинейными и сложными. Это позволяет нейронным сетям фиксировать закономерности и тенденции, которые могут быть упущены линейными моделями, такими как ARIMA.

2. Они гибки и могут обрабатывать широкий спектр типов входных данных, таких как числовые, категориальные или даже графические данные. Это особенно полезно при анализе временных рядов, когда данные могут быть в различных формах и могут требовать различных методов обработки.

3. Нейронные сети можно научить прогнозировать будущие значения временного ряда на основе прошлых значений. Это делается с помощью авторегрессии, когда сеть учится использовать предыдущие значения временного ряда для прогнозирования будущих значений. Это делает нейронные сети особенно полезными в приложениях прогнозирования, где критически важны точные прогнозы будущих значений.

На рисунке 19 представлена демонстрация авторского инструментального средства «Neuron». Web-ориентированная платформа «Neuron» написана с привлечением библиотек `keras`, `matplotlib`, `numpy` языка программирования Python (1.v.). Для прогнозирования ВР применяются следующие виды нейронных сетей: 1) Рекуррентные нейронные сети (RNN) и сети с долговременной кратковременной памятью (LSTM); 2) Сверточные НС (CNN).

Слои LSTM могут фиксировать долгие зависимости в данных. Они могут запоминать важные закономерности из более ранних временных шагов и использовать эту информацию для более точных прогнозов. LSTM особенно эффективны при обработке данных временных рядов, поскольку они могут

моделировать последовательности различной длины и фиксировать временные зависимости между входными функциями.

Слои CNN эффективны для выявления пространственных закономерностей во входных данных, которые имеют отношение к прогнозу. В частности, слой 1D CNN можно использовать для извлечения функций из данных временных рядов на основе подхода скользящего окна, который позволяет сети изучать закономерности в данных в разных масштабах.

Часто для прогнозирования временных рядов слои CNN и LSTM используют совместно. CNN может извлекать пространственные характеристики из ряда, а LSTM может моделировать временные зависимости.

В качестве модели для прогнозирования временных рядов используется ConvLSTM модель с двумя сверточными и двумя LSTM слоями. Результаты предсказания обученной модели для нормированных данных исследуемых временных рядов показаны на рисунке 19.

Разработка точных моделей нейронных сетей для прогнозирования временных рядов не лишена проблем. Существует несколько факторов, влияющих на точность прогнозов: 1) данные необходимо обработать, что приводит к неточным прогнозам; 2) выбор релевантных признаков затруднен из-за наличия коррелированных и зашумленных данных; 3) работа с нестационарными данными: статистические свойства данных меняются со временем. Обработка нестационарных данных требует применения таких методов, как дифференцирование, удаление тренда и сезонная декомпозиция; 4) обучение и проверка моделей нейронных сетей для прогнозирования временных рядов требует тщательного рассмотрения гиперпараметров, таких как скорость обучения, размер пакета и количество эпох, также требуется надежная стратегия проверки, чтобы гарантировать, что модель хорошо обобщает невидимые данные; 5) интерпретация результатов модели нейронной сети для прогнозирования ВР может быть сложной задачей из-за сложности модели. Такие методы, как анализ чувствительности, ранжирование переменных по важности и визуализация, могут помочь понять поведение модели.

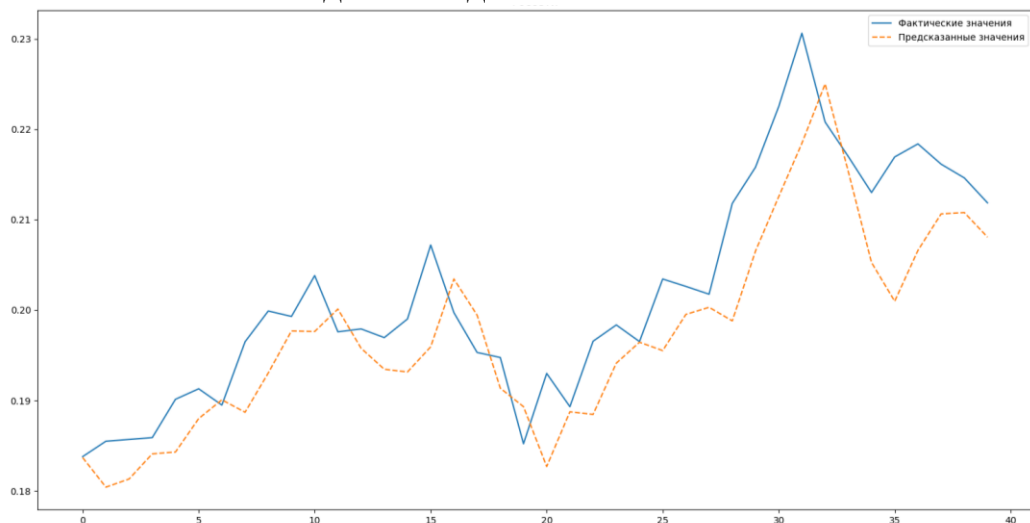


Рисунок 19 – Результаты предсказания модели для котировок акций группы компании «Россети»

В таблице 9 представлены результаты проведенного исследования – прогнозирование сложных процессов на базе применения нейронной сети.

Таблица 7 – Выходные результаты апробации нейронной сети в исследовании модельной серии временных рядов финансового рынка (руб.)

Вид ошибки Временной ряд	MAD	MSE	MAPE	MPE	Стандартная ошибка
Сбербанк	10.3682	171.2334	0.0431	0.0128	13.08
Полиметалл	71.6452	8744.7753	0.0432	-0.0014	93.51
Россети	0.0075	0.0001	0.0369	0.0348	0.0088

Исходя из результирующей таблицы 9 можно сделать вывод о том, что наиболее обучаемым является временной ряд котировок акций группы компаний «Россети», которой присуща наименьшая ошибка погрешности.

Нейронные сети оказались эффективными инструментами для прогнозирования сложных процессов. Они способны обрабатывать огромные объемы данных и распознавать закономерности, которые людям трудно идентифицировать. Однако точность и надежность прогнозов нейронных сетей сильно зависят от качества и количества данных, используемых для обучения. Поэтому очень важно тщательно выбирать данные, чтобы обеспечить оптимальные результаты.

9. Адаптирована многоуровневая модель снижения предпринимательского риска в зерновом производстве и туристическом бизнесе с учетом прогнозов риск-экстремальных факторов и предложена ее программная реализация, включающая получение прогноза на базе алгоритма линейного клеточного автомата и разработку «дерева решений». Отличительной особенностью разработанного инструментария является возможность маневрирования материальными ресурсами, что позволяет сформировать различные сценарии реализации продукции и услуг через различные каналы продаж, где в качестве входной информации использованы полученные прогнозы. Показано, как точность результатов прогнозов на нижнем уровне влияет на итоговый результат принятия решений в моделях верхнего уровня и снижения предпринимательского риска.

В качестве практической реализации процесса эффективного управления зерновым производством в условиях риска и неопределенности предложено использовать двухуровневую экономико-математическую модель, каждому уровню которой соответствует конкретная задача: 1) исследование методами нелинейной динамики экономических показателей зернового производства и влияющих на них риск-экстремальных факторов; 2) разработка сценария в виде дерева решений для ЛПР. Разработанный инструментарий позволяет зернопроизводителю осуществить выбор эффективного управленческого решения для маневрирования материальными ресурсами и выбора времени продаж зерновой продукции в условиях неопределенности и риска, вызванных риск-экстремальными факторами. На нижнем уровне дерева решений предлагается использовать экономические показатели зернового производства и влияющих на них риск-экстремальных факторов (рисунок 20).

Для верхнего уровня применяется аддитивная модель, имеющая на входе информацию в виде нечеткого множества показателей риск-

экстремальных факторов (осадки, заморозки и пр.) и внешних условий (конъюнктура цен зерновой продукции на рынке).

При наличии запаса зерна на продажу у зернопроизводителя имеется возможность реализовать его в марте месяце (начало посевных работ) или придержать до июня месяца, когда цены на него могут измениться в зависимости от прогноза риск-экстремальных факторов, влияющих на экономические показатели зернового производства будущего урожая. Благоприятный прогноз риск-экстремальных факторов предполагает увеличение значений экономических показателей зернового производства, что в свою очередь влечет снижение рыночных цен на зерновую продукцию. И наоборот, неблагоприятный прогноз риск-экстремальных факторов с высокой долей вероятности указывает на увеличение рыночных цен. Следующим управленческим решением является получение кредита в банке при разных уровнях доходности, в зависимости от значений прогноза риск-экстремальных факторов и экономического показателя зернового производства.

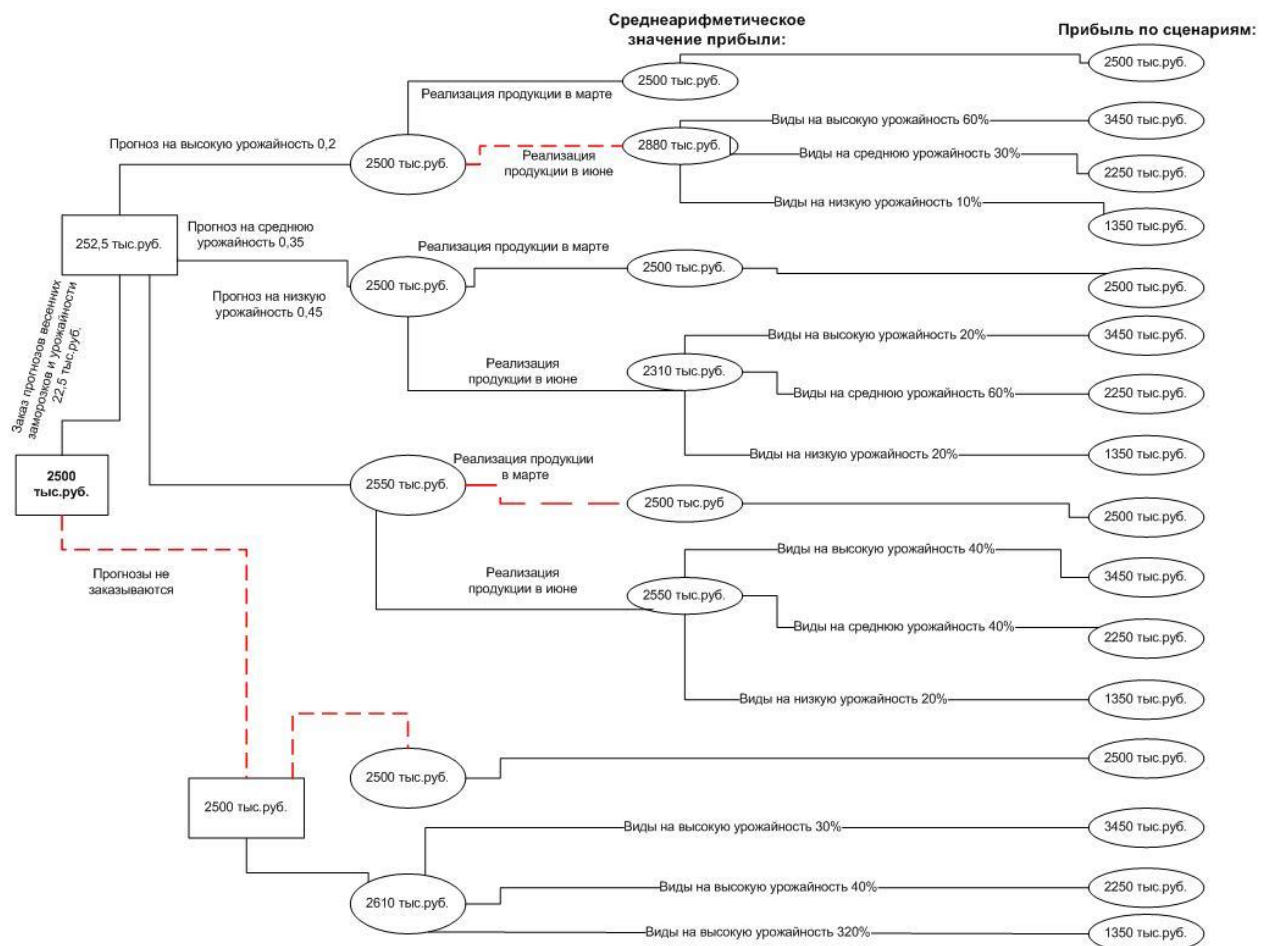


Рисунок 20 – «Дерево решений» как иллюстрация для выбора способа финансирования посевных работ

Таким образом, модель получения дохода от реализации продукции в июне месяце включает в себя риски прогнозных значений, которые могут варьироваться и зависеть от риск-экстремальных факторов, значимой для конкретной зернопроизводящей территории: весенних заморозков, осадков и др.

Модель апробирована на прогнозных данных урожайности зерновых культур по Краснодарскому краю при следующих входных параметрах: сумма кредита – 2 500 тыс. руб. на три месяца, выдается под 24 % годовых. Значения прогнозов на низкий, средний и высокий урожай составляют соответственно: 0,2; 0,35 и 0,45.

Введены следующие обозначения:

K – кредит, т.е. финансовые средства для посевных работ (тыс. руб.);

t – срок кредита (количество месяцев);

r – годовая процентная ставка банка (%);

b – процентная ставка в месяц;

Z – ежемесячные выплаты по кредиту.

Для определения %-ой ставки, имеем:

$$b = \frac{r}{12} \times t. \quad (8)$$

Ежемесячные выплаты за кредит составят:

$$Z = K \times b, \quad (9)$$

где n – количество лингвистических переменных в алгоритме ЛКА;

M – количество зерна, имеющейся в наличии у зернопроизводителя (т);

L – стоимость зерна в марте (т);

S_n – стоимость зерна в июне месяце, при различных прогнозах показателей зернового производства;

D – доход при продаже зерна;

Π_n – прогнозы показателей зернового производства;

При условии, если прогнозируется высокий урожай зерновых культур в июне месяце, то имеем соотношение: $S_B < S_C < S_H$, где B, C, H – лингвистические переменные: высокий, средний, низкий урожай зерновых культур.

Согласно введенным обозначениям (8)–(9), имеем расклад доходности по трем вариантам прогноза:

$$D_n = \sum_{n=1}^3 M \times S_n - Z. \quad (10)$$

Тогда среднеарифметическое значение прибыли при реализации продукции в июне месяце составит:

$$D = \sum_{n=1}^3 \Pi_n \times D_n \quad (11)$$

Результаты применения модели верхнего уровня (10)–(11) представлены в виде «дерева решений» (рисунок 20).

Согласно представленной модели зернопроизводитель имеет возможность выбора обоснованных управленческих решений, направленных на снижение предпринимательского риска и увеличения прибыли при разных сценариях риск-экстремальных факторов и экономических показателей зернового производства. Исходя из визуализации результирующего столбца (рисунок 20), можно сказать, что в 50 % случаев он сможет покрыть затраты на кредит и получить дополнительную прибыль.

Многовариантность решений при выборе начальных условий позволит зернопроизводителю эффективно и рационально управлять товаром (зерновой продукцией) для извлечения максимальной прибыли при реализации через различные каналы продаж. Многокритериальная природа риска реализации

зерновой продукции в сезон зависит от многих внешних и внутренних факторов: политических, природно-климатических, маркетинговых, социально-экономических и многих других. Описанная модель реализована в виде программного обеспечения «Способы финансирования посевных работ», среда разработки – Visual Studio (свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2021664506 РФ).

Для сферы туризма имеем следующую постановку задачи: Управляющему курортного гостиничного комплекса (200 номеров) пос. Домбай необходимо принять решение о реализации номерного фонда на период высокого сезона. Отметим, что интенсивность туристического потока, а также влияющие на ее значение факторы (природные, экологические, эпидемиологические, инфляция и др.) отражаются на стоимости номера за сутки, которая может быть изменена, в том числе, и в течение сезона. Отельный обычно ориентируется на статистику предыдущих сезонов. Например, придержав номерной фонд и выставив на продажу во время высокого сезона возможно номер удастся продать, используя второй и третий вышеописанные каналы продаж, по более выгодной цене, чем если выставлять пакетные продажи на выкуп туристическим агентствам по оптовой цене. Для демонстрации работы инструментального средства сделаем следующее предположение. Значение вероятности востребованности номерного фонда в гостиничном комплексе равна соответственно 0.3 (высокая), 0.3(средняя), 0.4(низкая). Фактически, именно эти показатели могут быть результатом заказанного прогноза или оценкой эксперта, в роли которого может выступить управляющий. Какое решение должен принять отельер (выставить по оптовой цене на выкуп турфирмам все 100 % заранее за 10–12 месяцев – нулевая стратегия, либо «придержать» номерной фонд и, учитывая значения вероятности и реализовать номерной фонд в определенных пропорциях, используя все каналы продаж) для получения наиболее высокого дохода.

Многовариантность решений при выборе начальных условий позволит отельеру эффективно и рационально управлять номерным фондом для извлечения максимальной прибыли в туристическом бизнесе. Многокритериальная природа риска востребованности номерного фонда в сезон зависит от многих внешних и внутренних факторов: политических, природно-климатических, маркетинговых, социально-экономических и многих других.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенного исследования можно сделать главный вывод, что цель достигнута, все поставленные задачи решены. В диссертации на основании выполненных авторских исследований решена научная проблема, состоящая в научном обосновании экономико-математической исследовательской платформы среднесрочного прогнозирования социальных, финансовых и агроэкономических процессов, а также методов и моделей ее апробации и встраивания алгоритмов в инструментальные средства.

Предложено решение комплекса задач математического моделирования механизмов предвидения и прогнозирования в современных социально-экономических условиях временных рядов экономических показателей отдельного выбранного сектора экономики и в некоторых случаях с ограниченными данными в виде малых выборок. Даны научно обоснованные рекомендации по моделированию и прогнозированию динамики стохастических процессов, с учетом имеющихся ограничений: короткие ряды значений временных рядов, многокритериальный характер динамики временного ряда экономического показателя, нелинейность динамики показателей, нечеткие данные, большие объемы данных, интервальность как входных, так и выходных данных, влияющие на валидность и точность результатов. Прогнозирование таких «проблемных» временных рядов экономических показателей и риск-экстремальных факторов, влияющих на них, предложено выполнять с использованием разработанного авторского экономическо-математического инструментария.

В качестве перспективных направлений дальнейших исследований, по мнению автора можно назвать: развитие полученных результатов в направлении их дальнейшей интеграции с теоретическими, методологическими положениями таких новых направлений науки, как нелинейная динамика, методы машинного обучения, методология теории катастроф; разработка прогнозных моделей и получение качественной предпрогнозной информации в исследовании динамики экономических волатильных процессов на базе алгоритмов предложенных методов; разработка проблемно-ориентированного прикладного инструментария прогнозирования сложных систем для обеспечения условий эффективного управления хозяйствующими субъектами с возможностью маневрирования ресурсами и технологиями.

IV. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Монографии:

1. Кумратова А.М. Синергетическая методология прогнозирования продуктивности зернового производства России : монография / А. М. Кумратова. – Краснодар : КубГАУ, 2022. – 175 с.
2. Kumratova A. M. Modeling of economic risks in grain production : mathematical methods and tools : monograph / A. M. Kumratova. – Krasnodar: IE Dedkov I.V, 2024. – 90 p.
3. Kumratova A. M. Economic and mathematical research platform for long-term forecasting of grain market production development taking into account the impact of natural and climatic risk : monograph / A. M. Kumratova. – Krasnodar : IE Dedkov I.V., 2024. – 93 p.
4. Кумратова А.М. Туристско-рекреационная система: тренды, циклы, тенденции развития: монография / А.М. Кумратова, Е.В. Попова. – Краснодар: ИП Дедков (типография «ГРАНАТ»), 2021. – 178 с.
5. Кумратова А.М. Методы и модели многокритериальной оптимизации : монография / Е. В. Попова, Д. А. Замотайлова, А. М. Кумратова. – Краснодар: КубГАУ: ИП Дедков И.В., 2020. – 183 с.
6. Кумратова А.М. Нелинейная динамика экономических процессов : монография / А.М. Кумратова, Е.В. Попова. – Краснодар: КубГАУ. 2019. – 178 с.
7. Кумратова А.М. Фрактальная синергия динамики экономических систем: монография / А.М. Кумратова, Е.В. Попова. – Краснодар: КубГАУ, 2018. – 171 с.

8. Кумратова А. М. Модели и методы нелинейной динамики прогнозирования развития рынка НОД: методы, модели: монография / А. М. Кумратова, Е. В. Попова, Д. Н. Савинская. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 114 с.
9. Кумратова А. М. Прогноз динамики экономических систем : клеточный автомат : монография / А. М. Кумратова. – Краснодар : КубГАУ, 2015. – 241 с.
10. Кумратова А. М. Оценка и управление рисками: анализ временных рядов методами нелинейной динамики / А. М. Кумратова, Е. В. Попова. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 212 с.
11. Кумратова А. М. Экономико-математическое моделирование риска в задачах управления ресурсами здравоохранения / А. М. Кумратова, Е. В. Попова, А. З. Биджиев. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 168 с.
12. Попова Е. В. Туристско-рекреационная деятельность: методы, модели, прогноз / Е. В. Попова, А. М. Кумратова, М. В. Шебзухова. – Краснодар: КубГАУ, 2008. - 194 с.

Статьи в изданиях, индексируемых в базе данных Web of Science :

13. Kumratova A. Synergistic Effects In The Dynamics Of Socio-Economic Systems And Processes / Kumratova, A; Popova, E; Murlin, A // Bioscience research. 2021. № 18 (2), p.1488-1492.
14. Kumratova A., Popova E., Khudyakova E., Vasilenko I., and Orlyanskaya N. (2021). Current trends and forecasts development analysis of insurance industry. International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies, 12(11), 12A11R, 1-8.
15. Kumratova A. Statistics Application of the Dynamics Socio-Economic Processes: A Case of Russian Insurance Data / Kumratova, A; Popova, E; Saykinov, V // International transaction journal of engineering management & Applied sciences & Technologies. 2021. № 12 (3).
16. Kumratova A. Socio-Economic Nonlinear Dynamics Processes for Forecast and Pre-Forecast Information Based on Time Series / Kumratova, A; Popova, E; Shaposhnikova, O // International transaction journal of engineering management & Applied sciences & Technologies. 2021. № 12 (2)
17. Kumratova A. A hybrid approach of fractal and linguistic forecasting of winter wheat yields in southern Russia / Kumratova Alfira, Popova Elena, Costa Luis de Sousa // Indo American journal of pharmaceutical sciences. 2019, Том 6.Выпуск 3.Стр. 5299-5303.
18. Kumratova A. Application of nonlinear dynamics methods for predictive testing the economic time series data / Kumratova Alfira, Popova Elena, Piperskaya Lyudmila // Indo American journal of pharmaceutical sciences.2019. Том6.Выпуск 3.Стр. 5598-5602.
19. Kumratova A. Systemic Inflationary Risk As A Factor To Investment Climate Formation Latsheva L., Piperskaya L., Shamrina S., Kumratova A., Popova E. // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018, 9(6), pp. 776-779.
20. Kumratova A. Expected Scenarios of Development of Information Economy in the Global Economic System / Bogoviz A. V.; Savinskaya D. N., Kumratova A. M.// Models of modern information economy: conceptual contradictions and practical examples, 2018. p. 303-312.
21. Kumratova A. Methods of nonlinear dynamics as a hybrid tool for predictive analysis and research of risk-extreme levels / Kumratova A., Popova E., Costa L., Zamotajlova D. // International Journal of Hybrid Intelligent Systems, vol. 15, no. 4, pp. 221-241, 2019.
22. Kumratova A. Hybrid instrumental means of predictive analysis of the dynamics of natural and economic processes / Popova E., Costa L. de S., Kumratova A. // Advances in Intelligent Systems and Computing, 2019; vol. 923.pp. 31-39.

Статьи в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus:

23. Kumratova, A.M. The artificial intelligence method application for grain production productivity indicators predicting / A.M. Kumratova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. 1069(1), 012045.
24. Kumratova, A.M. Innovative methods and tools for obtaining pre-forecast information in the socio-economic processes research / Vasilenko, I.I., Kumratova, A.M., Semenova, A.N., Popova, M.I. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. 1069(1),012040.

25. Kumratova, A.M. Weather risks in grain production / Kumratova, A.M., Chupin, R.I., Aleschenko, V.V., Aleschenko, O.A. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. 1076(1),012057.
26. Kumratova, A.M. Estimation obtaining instrumental means based on nonlinear dynamics methods / Kumratova, A.M. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. 786(1),012009.
27. Kumratova A. Features of Formation and Development of Grain Production and Marketing in Siberia / V. V. Aleshchenko, R. I. Chupin, E. V. Popova, A. A. Bykov, A.M. Kumratova // ESSE 2021: International Scientific and Practical Conference on Current research in the field of environment, Sustainability and Socio-economic Development. 2021.
28. Kumratova A. Decision tree as a tool for implementing a scenario approach for multi-level predictive models / Kumratova, A.M., Popova, E.V., Aleshchenko, V.V., Bykov, A.A., Bashieva, A.K. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. 839(3),032050.
29. Digital Cooperation as a Promising Way to Improve the Financial Results of Enterprises / A. R. Nabiyeva, L. I. Kuzmina, A. M. Kumratova [et al.] // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2022. – Vol. 245. – P. 157-165.
30. Turovsky A.A. Key Directions in Russian Science and Technology Policy in the Context of the Growing Competition in Industrial Markets / Turovsky, A.A., Bulgarov, M.A., Kumratova, A.M., Korovyakovskiy, D.G., Aleksashina, T.V. // Lecture Notes in Networks and Systems. 2021. 280, pp. 538-548.
31. Afanaseva, E. P. Export Potential of Russian Agribusiness Products in a Regional Perspective / E. P. Afanaseva, A. M. Kumratova, A. B. Malina // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2022. – Vol. 210. – P. 115-124.
32. Kumratova A. Human resource management system development based on solving the problems of multi-criteria alternatives / Popova E., Zamotajlova D., Kumratova A., Kolyada V., Bashieva A. // International Journal of Recent Technology and Engineering, 2019. № 8(4), с. 4483-4486.
33. Kumratova A. Forecasting development of economic processes using adapted nonlinear dynamics methods / Kumratova A., Popova E., Temirova L., Shaposhnikova O. // International Journal of Engineering and Advanced Technology, 2019. №9(1), с. 3082-3085.
34. Kumratova A. Standards and norms of managing the innovative development of a modern economic system (Book Chapter) / Dianov, A.Y., Malinovskii, L.F., Kumratova, A.M., Larina, L.B., Yuldashev, R.T.// The Economic and Legal Foundations of Managing Innovative Development in Modern Economic Systems. 2020. pp. 81-88.
35. Kumratova, A.M. Tourist and recreational complex elements dynamics research data analysis qualitative methods / Kumratova, A.M., Popova, E.V., Velikanova, L.O., Vasilenko, I.I., Popova, M.I. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. 786(1),012010.

Статьи в периодических научных изданиях, рекомендованных ВАК:

36. Кумратова А.М., Плотников В.А. Применение методов нелинейной динамики и машинного обучения для прогнозирования экономических волатильных процессов // *π-Economy*. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 81-95.
37. Статистические методы прогнозирования агроэкономических процессов / А. М. Кумратова, Л. А. Чикатуева, О. И. Шапошникова, И. У. Мицкевич // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. – 2024. – № 199. – С. 82-90.
38. Кумратова, А. М. Интегральная оценка уровня развития сельского хозяйства Краснодарского края / А. М. Кумратова, Н. В. Третьякова, Л. К. Ефимиади // *Современная экономика: проблемы и решения*. – 2024. – № 4(172). – С. 47-58.
39. Кумратова, А. М. Методы нелинейной динамики в исследовании экономических процессов (на примере зернового производства) / А. М. Кумратова, К. А. Сивков // *Бизнес. Образование. Право*. – 2023. – № 1(62). – С. 72-77.

40. Построение долгосрочного прогноза зернового производства для задач риск-менеджмента / А. М. Кумратова, О. И. Шапошникова, Н. В. Третьякова, А. И. Василенко // Современная экономика: проблемы и решения. – 2022. – № 6(150). – С. 20-31.
41. Анализ и прогнозирование развития социально-экономических процессов / А. М. Кумратова, Е. В. Попова, О. И. Шапошникова, Н. В. Третьякова // Современная экономика: проблемы и решения. – 2021. – № 11(143). – С. 38-48.
42. Концепция двухуровневого подхода к моделированию социально-экономических процессов / А. М. Кумратова, Е. В. Попова, С. А. Курносков, Н. С. Курносова // Современная экономика: проблемы и решения. – 2021. – № 8(140). – С. 8-16.
43. Долгосрочное прогнозирование декомпозиционных временных рядов социально-экономических показателей / А. М. Кумратова, Е. В. Попова, Л. А. Чикатуева, И. И. Василенко // Современная экономика: проблемы и решения. – 2021. – № 9(141). – С. 29-41.
44. Адаптация математических методов и моделей фрактального анализа к исследованию агрегированных экономических временных рядов данных страховой компании / К. А. Ковалева, А. М. Кумратова, Л. А. Чикатуева, И. И. Василенко // Современная экономика: проблемы и решения. – 2020. – № 11(131). – С. 45-54.
45. О свойствах нелинейности динамических социально-экономических систем и процессов / К. А. Ковалева, А. М. Кумратова, Л. О. Великанова, Р. И. Клинецвич // Современная экономика: проблемы и решения. – 2020. – № 12(132). – С. 27-34.
46. Кумратова А.М. Использование линейного клеточного автомата в качестве инструмента прогнозирования стохастических систем, подверженных влиянию различных факторов / Кумратова А.М., Дунская Л.К., Ямщиков В.Н., Михлев А.И. // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. 2019. № 153. С. 103-112.
47. Кумратова А.М. Декомпозиционный многокритериальный подход к анализу временных рядов туристских потоков / Кумратова А.М., Попова Е.В., Турлий С.И., Дунская Л.К. // Современная экономика: проблемы и решения. 2019. № 5 (113). С. 8-16.
48. Кумратова А.М. Адаптированные методы нелинейной динамики подготовки данных экономических временных рядов к процедуре прогноза / Кумратова А.М., Попова Е.В., Турлий С.И., Недогонова Т.А. // Современная экономика: проблемы и решения. 2019. № 7 (115). С. 33-41.
49. Кумратова А.М. О целесообразности использования линейных клеточных автоматов для прогноза на основе малых выборок / Кумратова А.М. // Современная экономика: проблемы и решения. 2019. № 8 (116). С. 8-17.
50. Кумратова А.М. Адаптация линейного клеточного автомата для решения задач прогнозирования на базе природно-экономических временных рядов / Кумратова А.М., Попова Е.В., Костенко И.В., Дунская Л.К. // Современная экономика: проблемы и решения. 2019. № 9 (117). С. 8-17.
51. Кумратова А.М. Сплайн-технологии в исследовании основных риск-факторов, определяющих качество прогноза урожайности озимой пшеницы / А.М. Кумратова // Современная экономика: проблемы и решения. 2018. № 5 (101). – С. 8-17.
52. Кумратова А.М. Выявление тренд-сезонных компонент во временных рядах экономических процессов / А.М. Кумратова, Е.В. Попова, Т.А. Недогонова, Василенко А.И. // Современная экономика: проблемы и решения. 2018. № 6 (102). – С. 20-30.
53. Кумратова А.М. Исследовательская «платформа» синергетического прогнозирования // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ(Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – №08(132). С. 581 – 591. – IDA [article ID]: 1321708047. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/08/pdf/47.pdf>.
54. Кумратова А.М. Концептуальная основа получения и исследования максимального времени прогноза с заранее заданной точностью // Современная экономика: проблемы и решения. 2017. № 6 (90). С.23-31.
55. Кумратова А. М. Прогностическое исследование природно-экономического процесса / А. М. Кумратова, И. И. Василенко, С. Ю. Ксёنز, Е. А. Ратушная // Политематический

- сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – Краснодар: КубГАУ, 2016. – № 116. – С. 1454-1466;
56. Кумратова А.М., Попова Е.В. и др. Прогнозирование эволюционного развития финансового рынка на базе программного инструментария линейного клеточного автомата // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №07(121). С. 568 – 580.
57. Кумратова А.М., Попова Е.В. и др. Предпрогнозный фазовый анализ эволюционного развития элементов финансового рынка // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – №04(128). С. 772 – 785.
58. Кумратова А.М., Попова Е.В. и др. Аналитический инструментарий векторной оценки рисков финансового рынка // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. Краснодар: КубГАУ, 2016. №08(122). - С.481-495.
59. Попова Е. В. Инструментальные средства выявления долгосрочных тенденций развития природных и экономических процессов / Е. В. Попова, А. М. Кумратова, Н. В. Третьякова, Д. Н. Пономарева // Современная экономика: проблемы и решения. – 2015. – № 08 (68). – С. 22-31;
60. Кумратова А. М. Комплексная методика анализа экономических временных рядов методами нелинейной динамики / А. М. Кумратова, Е. В. Попова, Д. Н. Савинская, Н. С. Курносова // Современная экономика: проблемы и решения. – 2015. – № 08 (68). – С. 35-43.
61. Кумратова А. М. Математические образы последовательных и параллельных экономических рисков / А. М. Кумратова // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ (Научный журнал КубГАУ). – Краснодар: КубГАУ. - 2015. – № 113. – С. 230-243.
62. Кумратова А. М. Математические методы и инструментальные средства исследования трендов эволюционного развития природных и экономических процессов / А. М. Кумратова // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ (Научный журнал КубГАУ)]. – Краснодар: КубГАУ. - 2015. – № 07 (111).
63. Кумратова А. М. Моделирование риск-экстремумов методами многокритериальной оптимизации / А. М. Кумратова, Е. В. Попова, Н. В. Третьякова, М. И. Попова // Современная экономика: проблемы и решения. – 2015. – № 04 (64). – С. 21-30;
64. Кумратова А. М. Снижение экономического риска на базе предпрогнозного анализа / А. М. Кумратова, Е. В. Попова, Н. С. Курносова, М. И. Попова // Современная экономика: проблемы и решения. – 2015. – № 03 (63). – С. 18-28.
65. Кумратова А. М. Модифицированная система моделей и методов прогнозирования временных рядов с памятью / А. М. Кумратова, Д. Н. Савинская, А. И. Неженец, М. И. Попова // Современная экономика: проблемы и решения. – 2015. – № 01 (61). – С. 8-19.
66. Кумратова А. М. Исследование тренд-сезонных процессов методами классической статистики / А. М. Кумратова // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. - 2014. - № 09 (103). - С. 312-323.
67. Кумратова А. М. Точный прогноз как эффективный способ снижения экономического риска агропромышленного комплекса / А. М. Кумратова // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. - 2014. - № 09 (103). - С. 293-311.
68. Кумратова А. М. Влияние сезонной и событийной составляющих на процессы планирования и управления туристскими потоками / А. М. Кумратова, Е. В. Попова, М. И. Попова // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2014. – № 05 (099). – С. 1154-1165.
69. Кумратова А. М. Методы искусственного интеллекта для принятия решений и прогнозирования поведения динамических систем / А. М. Кумратова // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. - 2014. - № 09 (103). - С. 324-341.
70. Кумратова А. М. Методы классической статистики в исследовании степени «рисковости» тренд-сезонных процессов / А. М. Кумратова, Е. В. Попова, Г. И. Попов, Д. К. Текеев,

Н. С. Курносова // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. - 2014. - № 06 (100). - С. 1118-1137.

71. Кумратова А. М. Сравнительный анализ прогнозных оценок урожайности зон земледелия разной степени риска / А. М. Кумратова, В. И. Тинякова, Н. В. Третьякова // Современная экономика: проблемы и решения. – 2013. – № 12. – С. 111-117.

72. Попова Е. В. Устойчивость развития аграрного сектора: комплекс математических методов и моделей / Е. В. Попова, А. М. Кумратова, Л. А. Чикатуева // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2013. – № 06 (090). - С. 794-809.

73. Попова Е. В. Теория нечётких множеств и клеточных автоматов как инструментарий прогноза и адекватного отражения стохастической природы экономических процессов / Е. В. Попова, Н. О. Позднышева, Д. Н. Савинская, А. М. Кумратова, А. Г. Терехов // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. - 2011. - № 67. - С. 173-194.

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ:

74. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022666812 РФ. Программа оценки уровня развития органического земледелия "OrgFarm" : № 2022666166 : заявл. 01.09.2022 : опубл. 07.09.2022 / В. В. Алещенко, Е. В. Рудой, А. М. Кумратова, К. А. Сивков.

75. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022680968 РФ. Программа для проведения предпрогнозного анализа временных рядов урожайности зерновых культур : № 2022680390 : заявл. 28.10.2022 : опубл. 08.11.2022 / Р. И. Чупин, В. В. Алещенко, А. М. Кумратова, М. И. Попова.

76. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021664506 РФ. Способы финансирования посевных работ : № 2021619632 : заявл. 17.06.2021 : опубл. 08.09.2021 / А. М. Кумратова, В. Д. Бакшанский, Л. К. Дунская.

77. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020612899 РФ. Методы нелинейной динамики : № 2020611841 : заявл. 20.02.2020 : опубл. 05.03.2020 / А. М. Кумратова, К. А. Сивков.

78. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020662164 РФ. Линейный клеточный автомат для нормированных данных : № 2020618297 : заявл. 27.07.2020 : опубл. 09.10.2020 / А. М. Кумратова, А. В. Абдулхаков.

79. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017611266 РФ. Фазовый анализ : № 2016618310 : заявл. 27.07.2016 : опубл. 01.02.2017 / А. М. Кумратова, Ю. С. Михалевич.

80. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016661998 РФ. Линейный клеточный автомат : № 2016618249 : заявл. 29.07.2016 : опубл. 26.10.2016 / А. М. Кумратова, В. В. Романович.

Прочие научные публикации:

81. Quantification of the Climate Change Impact on the Grain Production in the South of Siberia / V. V. Aleshchenko, A. M. Kumratova, O. A. Aleshchenko, N. N. Zhuravleva // Russian Meteorology and Hydrology. – 2023. – Vol. 48, No. 10. – P. 888-896.

82. Кумратова, А. М. Ретроспективный анализ зернового производства России / А. М. Кумратова, В. В. Алещенко, О. А. Алещенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 110. – С. 34-41.

83. Кумратова, А. М. Сравнительный анализ продуктивности зернового производства Европейской и Азиатской частей России / А. М. Кумратова, В. В. Алещенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 94. – С. 28-33.

84. Кумратова, А. М. Агроклиматические ресурсы зернопроизводящих регионов России в условиях изменения климата / А. М. Кумратова, В. В. Алещенко // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2022. – № 2. – С. 21-27.

85. Кумратова, А. М. Оценка продуктивности зернового производства Юга России методами нелинейной динамики / А. М. Кумратова, В. В. Алещенко // Современная экономика: проблемы и решения. – 2022. – № 2(146). – С. 8-17.

86. Кумратова, А. М. О влиянии метеофакторов на продуктивность зернопроизводящих территорий мира / А. М. Кумратова, В. В. Алещенко // Труды КубГАУ. – 2021. – № 92. – С. 38-43.
87. Кумратова, А. М. Зерно России в контексте мирового производства / А. М. Кумратова, В. В. Алещенко, О. А. Алещенко // Экономика сельского хозяйства России. – 2021. – № 8. – С. 70-75.
88. Кумратова, А. М. Продуктивность зернового производства в России: тенденции и перспективы / А. М. Кумратова, В. В. Алещенко // Вестник КазГАУ. – 2021. – Т. 16. – № 3(63). – С. 142-146.
89. Кумратова, А. М. Влияние климата на зерновое производство России: региональная специфика / А. М. Кумратова, В. В. Алещенко // Экономика и предпринимательство. – 2021. – № 9(134). – С. 429-434.
90. Автоматизация комплексного исследования сложных процессов на базе фазового анализа / А. М. Кумратова, И. И. Василенко, Н. С. Курносова [и др.] // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. – 2021. – № 1(276). – С. 84-90.
91. Управление сложным процессом на базе метода фазового анализа / А. М. Кумратова, Е. В. Попова, Н. С. Курносова, К. А. Сивков // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. – 2020. – № 2(261). – С. 40-46.
92. Кумратова, А. М. Инструментальные средства методов нелинейной динамики: анализ, прогноз и управление сложным процессом / А. М. Кумратова // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. – 2020. – № 2(261). – С. 80-84.
93. Кумратова А.М. Прогнозные модели императивов воздействия внешней природной среды на урожайность зерновых на юге России / А.М. Кумратова // Вестник адыгейского государственного университета. Серия «Экономика». – Майкоп: АГУ. 2018. № 3.
94. Кумратова А.М. Комплекс метрических и графических тестов предварительной подготовки данных экономических и природных временных рядов к процедуре прогноза / А.М. Кумратова, Е.В. Попова, Т.А. Недогонова и др. // Вестник адыгейского государственного университета. Серия «Экономика». – Майкоп: АГУ. 2018. № 3.
95. Кумратова А.М. Теория и практика моделирования, анализа и прогнозирования эволюционных социально-экономических систем методами нелинейной динамики // Труды КубГАУ. – 2017. – № 69. – С. 30-35.
96. Кумратова А. М. Математические методы в задачах оценки зон земледелия с точки зрения безопасности финансовых вложений / А. М. Кумратова, Е. В. Попова, В. И. Тинякова, Л. А. Чикатуева // Экономика устойчивого развития. – 2014. – № 01 (17). – С. 83-92;
97. Кумратова А. М. Методы многокритериальной оптимизации и классической статистики для оценки риск-экстремальных значений / А. М. Кумратова, Е. В. Попова, Н. В. Третьякова // Известия КубГУ. Естественные науки. - 2014. - № 1. - С. 55-60.
98. Попова Е. В. О прогнозировании дискретных эволюционных процессов на базе теории нечётких множеств и линейных клеточных автоматов / Е. В. Попова, А. М. Янгишиева, С. Н. Степанов, С. А. Чижиков // Труды КубГАУ. – 2007. – № 5. – С. 32-36.
99. Сравнительный анализ динамики показателей урожайности основных сельскохозяйственных культур Карачаево-Черкесской Республики / А. М. Кумратова, Л. К. Ефимиади, И. С. Коваленко, D. S. C. Luís // Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты : Сб. матер. IV всеросс. научно-практ. конф., Краснодар: КубГАУ, 2022. – С. 10-13.
100. Кумратова, А. М. Анализ показателей продуктивности зернового производства Адыгеи и Карачаево-Черкесской Республики / А. М. Кумратова, М. С. Мелитонян, В. А. Мороз // Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты: Сб. матер. IV всеросс. научно-практ. конф., Краснодар: КубГАУ, 2022. – С. 17-21.

101. Сопоставительный анализ показателей продуктивности зернопроизводящих территорий Юга России / А. М. Кумратова, Н. В. Удодова, Е. А. Рябуха, В. В. Алещенко // Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты : Сб. материалов IV всеросс. научно-практ. конференции, Краснодар: КубГАУ имени И.Т. Трубилина, 2022. – С. 25-27.
102. Кумратова, А. М. Анализ динамики урожайности основных сельскохозяйственных культур в Карачаево-Черкесской республике / А. М. Кумратова, А. О. Харченко, Н. Н. Журавлева // Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты : Сб. материалов IV всеросс. научно-практ. конф., Краснодар: КубГАУ, 2022. – С. 28-30.
103. Кумратова, А. М. Анализ климатического бонитета и продуктивности зернопроизводящих территорий Тюменской области / А. М. Кумратова, В. В. Алещенко, Н. Н. Журавлева // Итоги НИР за 2021 год : Материалы Юбилейной научно-практ. конф., посвященной 100-летию КубГАУ, Краснодар: КубГАУ имени И.Т. Трубилина, 2022. – С. 438-440.
104. Сивков, К. А. Инструментальные средства анализа социально-экономических показателей / К. А. Сивков, В. А. Молошнев, А. М. Кумратова // Научное обеспечение АПК : Сборник статей по материалам 77-й научно-практ. конф. студентов по итогам НИР за 2021 год: в 3-х частях, Краснодар: КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2022. – С. 223-224.
105. Кумратова, А. М. Инструментальные средства в исследовании сложных природных процессов / А. М. Кумратова, Е. В. Попова, М. В. Карпенко // Год науки и технологий 2021: Сб. тезисов по материалам Всеросс. научно-практ. конф., Краснодар: КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2021. – С. 110.
106. Кумратова, А. М. Цифровая трансформация управленческих процессов на базе долгосрочных прогнозов урожайности зерновых культур / А. М. Кумратова // Социально-экономическое развитие сельских территорий: тренды кооперации : Сб. матер. Всеросс. (национальной) научно-практ. конф., посвященной 190-летию потребительской кооперации России, Новосибирск: СибУПК, 2021. – С. 123-127.
107. Кумратова, А. М. Двухуровневый подход к снижению предпринимательского риска на базе прогнозов урожайности зерновых культур / А. М. Кумратова // Экономика XXI века : Сборник материалов Междунар. научно-практ. конф., посвященной году науки и технологий в РФ, Новосибирск: СУПК, 2021. – С. 146-149.
108. Губанов, В. А. Прогнозирование global wheat market с использованием инструментария теории прогнозирования и анализа временных рядов / В. А. Губанов, В. Ю. Гуливец, А. М. Кумратова // Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты : Сб. матер. III всеросс. научно-практ. конф., Краснодар: КубГАУ, 2021. – С. 16-20.
109. Степовик, А. Н. Алгоритм линейного клеточного автомата для прогнозирования элементов товарного рынка / А. Н. Степовик, А. М. Кумратова, Е. В. Попова // Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты : Сборник материалов III всеросс. научно-практ. конф. Краснодар: КубГАУ имени И.Т. Трубилина, 2021. – С. 25-27.
110. Киреева, С. И. Механизм прогнозирования продуктивности зернового производства регионов России / С. И. Киреева, А. М. Кумратова, D. S. C. Luís // Информационное общество: современное состояние и перспективы развития : Сб. матер. XIV междунар. форума, Краснодар: КубГАУ имени И.Т. Трубилина, 2021. – С. 384-388.
111. Мигова, М. В. О долгосрочном прогнозировании урожайности зерновых культур / М. В. Мигова, А. М. Кумратова, В. В. Алещенко // Информационное общество: современное состояние и перспективы развития : Сборник материалов XIV междунар. форума, Краснодар: КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2021. – С. 402-405.
112. Алещенко, В. В. Агроклиматический потенциал зернового производства регионов Азиатской России / В. В. Алещенко, А. М. Кумратова, Н. Н. Журавлева // Труды II Гранберговской конференции : Сб. докладов всеросс. конф. с междунар. участием, посвящ. памяти академика А.Г. Гранберга «Пространственный анализ социально-экономических систем: история и современность», Новосибирск: СО РАН, 2021. – С. 453-461.

113. Разработка десктопного приложения для анализа числовых рядов / А. Д. Кротов, А. М. Кумратова и др // Информационное общество: современное состояние и перспективы развития : Сб. матер. XIV междунар. форума, Краснодар: КубГАУ, 2021. – С. 57-59.
114. Кузнецова, О. Д. Автоматизированные информационные системы для увеличения эффективности работы предприятия / О. Д. Кузнецова, А. М. Кумратова и др. // Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты : Сб. материалов III всеросс. научно-практ. конф., Краснодар: КубГАУ имени И.Т. Трубилина, 2021. – С. 94-97.
115. Бакшанский, В. Д. Инструментальное средство реализации дерева решений / В. Д. Бакшанский, А. М. Кумратова // Научное обеспечение АПК: Сборник статей по материалам 76-й научно-практ. конф. студентов по итогам НИР за 2020 год. В 3-х частях, Краснодар: КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2021. – С. 706-707.
116. Бальжанова, Б. М. Нейронные сети в задачах на прогнозирование временных рядов / Б. М. Бальжанова, П. И. Маслакова, А. М. Кумратова // Научное обеспечение АПК: Сборник статей по материалам 76-й научно-практ. конф. и студентов по итогам НИР за 2020 год. В 3-х частях, Краснодар: КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2021. – С. 708-710.
117. Попова, Е. В. Современные технологии обработки больших данных / Е. В. Попова, А. М. Кумратова, К. А. Сивков // Цифровая экономика и электронное образование: европейский опыт : Сб. научных трудов I Междунар. научно-практ. конф., Ставрополь: ООО "СЕКВОЙЯ", 2020. – С. 315-318.
118. Способы обработки больших данных / Д. Е. Дашкова, А. М. Кумратова и др. // Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты : Сборник материалов II всеросс. научно-практ. конф., Краснодар: КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2020. – С. 44-47.
119. Сивков, К. А. Получение предпрогнозной информации на базе фазового анализа временных рядов / К. А. Сивков, А. М. Кумратова // Научное обеспечение АПК : Сборник статей по материалам 75-й научно-практической конф. студентов по итогам НИР за 2019 год, Краснодар: КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2020. – С. 675-677.
120. Кумратова, А. М. Сингулярно-спектральный анализ в исследовании сложных социально-экономических процессов / А. М. Кумратова, М. И. Попова, Т. А. Недогонова // Современные вызовы и реалии экономического развития России : Матер. VI Междунар. научно-практ. конф., Ставрополь: ООО "ИИЦ "Фабула", 2020. – С. 99-102.
121. Анализ существующих инструментальных средств разработки искусственного интеллекта / Н. М. Зозуля, А. М. Кумратова и др. // Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты : Сб. материалов I всеросс. студенческой научно-практ. конф., Краснодар: КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2019. – С. 142-144.
122. Перспективы внедрения искусственного интеллекта в тестировании программного обеспечения / К. А. Соболев, А. М. Кумратова и др. // Информационное общество: современное состояние и перспективы развития : сб. материалов XII междунар. форума, Краснодар: ФГБОУ ВО «КубГАУ им. И. Т. Трубилина», 2019. – С. 188-190.
123. Коновалов, С. В. Инструментальные средства моделирования / С. В. Коновалов, Д. Д. Мухин, А. М. Кумратова // Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты: Сб. матер. I всеросс. студ. научно-практ. конф., Краснодар: КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2019. – С. 292-294.
124. Кумратова А.М. Адаптированные методы нелинейной динамики в прогнозных решениях / Кумратова А.М., Попова Е.В., Сивков К.А. // В сборнике: Россия, Европа, Азия: цифровизация глобального пространства Сб. науч. трудов II междунар. научно-практ. форума. Под редакцией В.А. Королева. 2019. С. 386-390.
125. Кулешов В.В. Применение линейного клеточного автомата в прогнозировании экономических временных рядов / Кулешов В.В., Попова Е.В., Кумратова А.М. // В сб.: Информационное общество: современное состояние и перспективы развития сборник материалов XII международного студенческого форума. – 2019. С. 59-62.
126. Дунская Л.К. Алгоритмы расстановки точек гистограммы для ВОЛ и НОЛ клеточно-автоматной прогнозной модели / Дунская Л.К., Кумратова А.М. // В сб.: Научное

- обеспечение АПК. Сб. статей по матер. 74 научно-практ. конф. студентов по итогам НИР за 2018 г. 2019. – С. 531-532.
127. Кумратова А.М. Линейный клеточный автомат и методы нечеткой логики для получения прогноза на базе временного ряда с памятью // А. М. Кумратова, И.В. Костенко и др. // В сборнике XIV Международной научно-практической конференции «Экономическое прогнозирование: модели и методы». Воронеж. 2018. – С. 122-124.
128. Кумратова А.М. Трехцветный линейный клеточный автомат для прогноза цен на экспорт свинца / А. М. Кумратова, Е. В. Попова, И. В. Костенко // В сб. «Экономическое прогнозирование: модели и методы» Матер. XIV Междунар. научно-практ. конф. 2018. – С. 175-178.
129. Кумратова А.М. Особенности исследования тренд-сезонных процессов / А. М. Кумратова, Е.В. Попова, В.Н. Ямщиков // В сборнике статей междунар. научно-практ. конф. «Поиск новой модели социально-экономического развития в условиях глобальных и локальных трансформаций». 2018. – С. 98-101.
130. Попова Е. В. Векторная оценка риска звеньев финансового рынка / Е. В. Попова, А. М. Кумратова, Д. Н. Пономарёва // В сб.: «Современные концепции научных исследований. Материалы XVI-ой Междунар. научно-практ. конф.». – Москва, 2015. – С. 123-126.
131. Кумратова, А. М. Инструментарий «дерева решений» для построения адаптивной модели прогноза верхнего уровня / А. М. Кумратова // В сб.: «Экономическое прогнозирование: модели и методы. Матер. X Междунар. научно-практ. конф.». – Воронеж: ВГУ, 2014. – С. 162-168.
132. Кумратова А. М. Методы нелинейной динамики как основа построения двухуровневой модели прогноза / А. М. Кумратова // В сб. «Экономическое прогнозирование: модели и методы. Матер. X Междунар. научно-практ. конф. – Воронеж, ВГУ, 2014. – С. 168-173.
133. Кумратова А. М. Сопоставительный анализ прогноза урожайности для зон рискованного земледелия / А. М. Кумратова // В сб. : «Экономическое прогнозирование: модели и методы. Материалы X-ой Междунар. научно-практ. конф.. – Воронеж, ВГУ, 2014. – С. 174-179.
134. Кумратова, А. М. Управление рисками в вопросах безопасности инвестиций в АПК / А. М. Кумратова // В сборнике «Экономическое прогнозирование: модели и методы. Материалы X-ой Междунар. научно-практ. конф.. - Воронеж: ВГУ, 2014. - С. 194-200.
135. Кумратова, А. М. Методы моделирования поведения экономических систем на основе анализа временных рядов / А. М. Кумратова // В сб. «Экономическое прогнозирование: модели и методы. Матер. X Междунар. научно-практ. конф. - Воронеж: ВГУ, 2014. - С. 200-206.
136. Кумратова, А. М. Сезонные колебания временного ряда туристского потока / А. М. Кумратова // Междунар. студенческий научный вестник. – 2014. - № 1. - С. 19-26.
137. Кумратова, А. М. Прогнозирование и выявление сезонных компонент временного ряда туристского потока / А. М. Кумратова // Материалы 6-ой Междунар. научно-практ. конференции «Актуальные проблемы социально-экономических исследований». – Махачкала: ООО «Апробация», 2014. – С. 89-98.
138. Кумратова, А. М. Выявление свойств прогнозируемости методами классической статистики / А. М. Кумратова // Матер. 6 Междунар. научно-практ. конф. «Актуальные проблемы социально-экономических исследований». – Махачкала: ООО «Апробация», 2014. – С. 99-101.
139. Кумратова, А. М. Клеточно-автоматная модель прогнозирования урожайности в растениеводстве / А. М. Кумратова // Матер. V Междунар. научно-практ. конф. «Экономическое прогнозирование: модели и методы». - Воронеж: ВГУ. Часть II. – 2009. – С. 130-134.
140. Кумратова, А. М. Методы вейвлет-анализа как инструмент оценки риска для плохо формализуемых процессов / А. М. Кумратова // Матер. IV Междунар. научно-практ. конф. «Экономическое прогнозирование: модели и методы». - Воронеж, 2008. – С. 282-285.
141. Кумратова, А. М. Математические методы прогнозирования деятельности растениеводства в зонах рискованного земледелия / А. М. Кумратова // Материалы VI-ой Всеросс.

- научно-практ. конф. «Электронный бизнес: проблемы, развитие и перспективы». - Воронеж: ВГУ. – 2008. – С. 52-55.
142. Кумратова, А. М. Методы вейвлет-анализа для оценки риска возникновения чрезвычайных ситуаций / А. М. Кумратова // Матер. Межрегион. научно-практ. конф. ППС, молодых учёных и студентов «Современный маркетинг: проблемы, перспективы, тенденции (региональный аспект)». – Ростов-на-Дону, 2008. – С. 66-67.
143. Кумратова, А. М. Прогнозирование временного ряда объёмов продаж на базе линейного клеточного автомата / А. М. Кумратова // Материалы Межрегион. научно-практ. конф. ППС, молодых учёных и студентов «Процесс информатизации в России: Современное состояние, проблемы, перспективы». – Ростов-на-Дону, 2007. – С. 73-75.
144. Кумратова, А. М. Модель прогнозирования продаж канцелярских товаров / А. М. Кумратова // Материалы Межрегион. научно-практ. конф. ППС, молодых учёных и студентов «Процесс информатизации в России: Современное состояние, проблемы, перспективы». – Ростов-на-Дону, 2007. – С. 91-92.
145. Кумратова, А. М. Получение прогноза на базе методов нелинейной динамики / А. М. Кумратова // Материалы Межрегион. научно-практ. конф. ППС, молодых учёных и студентов «Процесс информатизации в России: Современное состояние, проблемы, перспективы». – Ростов-на-Дону, 2007. – С. 93-94.
146. Кумратова, А. М. Методы нелинейной динамики как инструмент стратегии управления экономической безопасностью региона / А. М. Кумратова // Матер. III Междунар. конф. «Экономическое прогнозирование: модели и методы». – Воронеж, 2007. – С. 320-324.
147. Кумратова, А. М. Прогноз как информационная база принятия решений в риск-менеджменте растениеводства / А. М. Кумратова // Матер. Междунар. научно-практ. конф. «Экономика России в условиях глобализации и вступления в ВТО». Часть I. – Краснодар, 2007. – С.196-203.
148. Кумратова, А. М. Фрактальный анализ временного ряда индекса цен на сахар как дополнительный инструмент трейдера / А. М. Кумратова // Матер. V Всеросс. научно-практ. конф. «Электронный бизнес: проблемы, развитие и перспективы». – Воронеж, 2006. – С. 134-138.
149. Кумратова, А. М. Методы нелинейной динамики как инструментальный предпрогнозного исследования и прогнозирования риск-экстремальных уровней / А. М. Кумратова // Материалы Междунар. научно-практ. конф. «Экономическое прогнозирование: модели и методы». – Воронеж, 2006. – С. 78-83.
150. Кумратова, А. М. Прогнозирование социально-экономических процессов на базе методов нелинейной динамики / А. М. Кумратова // Матер. Междунар. научно-практ. конф. «Экономическое прогнозирование: модели и методы». – Воронеж, 2006. – С.293-296.