

На правах рукописи



Ляпунова Елизавета Алексеевна

**ИНСТРУМЕНТАРИЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНОВ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Москва – 2022

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

Научный руководитель: **Дроговоз Павел Анатольевич**
доктор экономических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Булетова Наталья Евгеньевна**
доктор экономических наук, доцент
ФГБОУ ВО РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева,
профессор кафедры управления

Федорова Елена Анатольевна
доктор экономических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Финансовый университет
при Правительстве Российской Федерации»,
профессор Департамента корпоративных
финансов и корпоративного управления

Ведущая организация: **ФГБУН Центральный экономико-математический институт Российской академии наук**

Защита состоится 15 сентября 2022 года в 14:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.141.13 на базе Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана по адресу: 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 7, ауд. 414мт.

Ваш отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенный печатью, просим выслать по адресу: 105005, г. Москва, 2-ая Бауманская ул., д. 5, стр. 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГТУ им. Н.Э. Баумана и на сайте www.bmstu.ru.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2022 г.

Телефон для справок 8 (499) 267-17-83.

Ученый секретарь
диссертационного совета, к.э.н.



Н.А. Кашеварова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью повышения достоверности и точности прогнозов инновационного развития экономики регионов в условиях воздействия новых факторов, которые не в полной мере учитываются в существующем научно-методическом аппарате экономико-статистических исследований. В настоящее время в мировой и национальной экономике наблюдаются структурные сдвиги, опосредованные переходом к новому технологическому укладу с базисом на квантовых вычислениях, фотонике, плазмонике, искусственном интеллекте, новых материалах и возобновляемых источниках энергии.

Помимо технологической трансформации, беспрецедентное влияние на экономику РФ в целом и ее инновационную сферу в частности оказывают усилившиеся за последние десятилетия всплески заболеваемости населения, включая пандемию коронавируса, климатические изменения вследствие глобального потепления, а также обострившиеся военно-политические противоречия и введенные режимы санкционного давления. В своей совокупности, указанные процессы порождают принципиально новые сочетания факторов как экзогенного, так и эндогенного характера. Это приводит к снижению эффективности применения существующего инструментария прогнозирования, порождает проблемы обоснованности стратегического планирования на федеральном и региональном уровне, а также реализации принятых в 2014 году государственных программ: «Экономическое развитие и инновационная экономика», «Развитие промышленности и повышение её конкурентоспособности».

Выполненный в диссертации анализ данных Росстата показывает, что к специфическим проблемам и противоречиям развития инновационной сферы регионов РФ относятся: низкий рост уровня инновационной активности организаций (на 2 % с 2000 по 2020 год) и даже снижение численности персонала, занятого в НИОКР (на 23 % с 2000 по 2020 год), при крайне высоком темпе роста внутренних затрат на НИОКР (в 15 раз за период с 2000 по 2020 год). Также наблюдаются существенные дисбалансы между федеральными округами по объемам инновационных товаров, работ и услуг, разработанных и используемых передовых технологий и иным показателям инновационной активности.

Разрешение выявленных противоречий представляется возможным благодаря использованию при прогнозировании уровня инновационного развития системного объединения методов моделирования с временными лагами, асинхронного гармонического прогнозирования и идентификации ключевых факторов, что позволяет повысить достоверность и точность получаемых оценок. Таким образом, актуальная проблематика экономики регионов РФ предопределяет необходимость дальнейшего научного исследования инновационных процессов, а также потребность в разработке инструментария прогнозирования инновационного развития.

Степень разработанности темы исследования. В современных научных трудах отечественных и зарубежных авторов представлены теоретические и методологические разработки, которые охватывают важные аспекты исследуемой в диссертации предметной области. Научная основы теории инноваций заложены в трудах Й. Шумпетера, Р. Фостера, Б. Твисса, Б. Санто, Г. Менша, Ф. Никсона, А. Койре, Ф. Валенты, И. Ансоффа, П. Друкера, Р.Б. Такера и других ученых.

Проблемы управления нововведениями исследовались в работах И.В. Афолина, И.Т. Балабанова, Ю.М. Беляева, И.А. Борисенко, М.Я. Гохберга, В.Д. Дорофеева, С.В. Ильдеменова, Н.И. Лапина, Ю.П. Морозова, В.Г. Медынского и других авторов. Ключевые вопросы развития региональных инновационных систем изучались в публикациях В.В. Авиловой, А.Г. Гранберга, Е.А. Лурье, К. Макконелла, Ю.В. Яковца. Построению математических моделей уровня инновационного развития экономики регионов посвящены работы О.Н. Владимировой, А.Н. Лисиной, Л.С. Шеховцевой и других авторов. Вопросам модернизации и инновационного развития экономики уделено значительное внимание в диссертациях И.В. Барановой, А.С. Филатова, в монографиях Ю.А. Аникиной, А.Г. Глебовой, А.Ю. Лебедева, Е.В. Суминой. Анализ и моделированию инновационных процессов в экономике промышленности посвящены работы А.Е. Бром, П.А. Дрогозова, В.Д. Калачанова, Е.Н. Лобачевой, И.Н. Омельченко, А.И. Орлова, П.П. Пилипенко, Т.Г. Садовской, С.Г. Фалько, Л.Ю. Филобоковой. Метод асинхронного гармонического анализа предложен в работах В.М. Дуплякина. Различные аспекты современного инновационного развития регионов исследовались в работах Н.Е. Булетовой и Е.А. Федоровой.

Анализ существующих отечественных и зарубежных работ в области теории и практики инновационного развития показал, что при всем их многообразии проблема математического моделирования применительно к специфике экономики регионов недостаточно подробно изучена и требует дальнейшей теоретической и методической разработки, что обуславливает актуальность темы исследования.

Цель и задачи исследования. Целью диссертации является разработка инструментария прогнозирования инновационного развития экономики регионов Российской Федерации, обеспечивающего повышение обоснованности и эффективности стратегических решений в сфере национальной экономики.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе решаются следующие основные задачи:

- анализ проблем применения существующих методов и моделей оценки инновационного развития экономики регионов в современных условиях;
- формализация понятийного аппарата в сфере прогнозирования инновационного развития экономики регионов РФ;
- обоснование подхода к разработке инструментария прогнозирования инновационного развития экономики регионов РФ;
- разработка инструментального метода моделирования инновационного развития региональных экономических систем с временными лагами;
- разработка инструментального метода асинхронного гармонического прогнозирования инновационного развития региональных экономических систем;
- разработка инструментального метода идентификации ключевых факторов инновационного развития региональных экономических систем;
- программная реализация и апробация прототипа инструментария прогнозирования инновационного развития экономики регионов РФ.

Объектом исследования являются региональные экономические системы.

Предметом исследования являются процессы инновационного развития региональных экономических систем и инструментальные методы их моделирования и прогнозирования.

Методология и методы исследования. Теоретическую и методологическую основу исследования составили: методы в области теории инноватики и математического моделирования инновационного развития экономики, системного анализа, дедукции, индукции, абстрагирования, формализации, регрессионного анализа временных рядов и асинхронного гармонического анализа.

Информационно-эмпирическую базу исследования составили нормативные правовые акты, федеральные и региональные программы и стратегии в области инновационного развития, статистические отечественные и зарубежные отчеты, доклады, обзоры международных и национальных организаций, институтов, агентств, результаты научных исследований: диссертаций, монографий и научных статей.

Научная задача заключается в дальнейшем развитии научных концепций временных рядов и неравномерности социально-экономического развития и разработке на их основе инструментария прогнозирования инновационного развития экономики регионов Российской Федерации.

Соответствие паспорту научной специальности. Область исследования соответствует пунктам 1.1. «Разработка и развитие математического аппарата анализа экономических систем: математической экономики, эконометрики, прикладной статистики, теории игр, оптимизации, теории принятия решений, дискретной математики и других методов, используемых в экономико-математическом моделировании», 1.2. «Теория и методология экономико-математического моделирования, исследование его возможностей и диапазонов применения: теоретические и методологические вопросы отображения социально-экономических процессов и систем в виде математических, информационных и компьютерных моделей.» и 1.5 «Разработка и развитие математических методов и моделей глобальной экономики, межотраслевого, межрегионального и межстранового социально-экономического анализа, построение интегральных социально-экономических индикаторов.» паспорта специальности 08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики.

Научная новизна заключается в том, что с учетом актуальной специфики современной экономики знаний разработан инструментарий прогнозирования инновационного развития экономики регионов Российской Федерации, отличающийся системным объединением методов моделирования с временными лагами, асинхронного гармонического прогнозирования и идентификации ключевых факторов, что позволяет повысить достоверность и точность получаемых оценок.

Основные научные результаты, полученные в ходе исследования лично автором и выносимые на защиту, заключаются в следующем:

1. Дана авторская трактовка понятия региональной экономической системы, отличающаяся учетом актуальной специфики экономики знаний, и предложена классификация моделей оценки уровня инновационного развития по типу используемых переменных, учитывающая наряду со стандартными показателями инновационной активности расширенный состав социально-экономических индикаторов и лаговых переменных, что позволяет выявить латентные закономерности исследуемых процессов.

2. Обоснован научно-методический подход к прогнозированию инновационного развития экономики регионов, сущность и отличие которого заключается в комбинировании инструментальных методов различных классов, что позволяет реализовать преимущества каждого из них при решении поставленной комплексной задачи.

3. Разработан инструментальный метод моделирования инновационного развития региональных экономических систем с временными лагами, отличающийся от существующих учетом фактора времени и анализом отложенных эффектов от принимаемых стратегических решений, что позволяет учесть причинно-следственные связи между исследуемыми процессами и явлениями.

4. Разработан инструментальный метод асинхронного гармонического прогнозирования уровня инновационного развития региональных экономических систем, отличающийся введением в классическую модель временных рядов гармонических составляющих с различными амплитудами и периодами, что позволяет учесть цикличность исследуемых процессов и повысить точность и обоснованность прогнозных оценок.

5. Разработан инструментальный метод идентификации ключевых факторов инновационного развития региональных экономических систем, отличающийся комплексированием балансового метода, метода долевого участия и метода цепных постановок, что позволяет выявить приоритетные области для принятия управленческих решений по инновационному развитию экономики регионов.

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в дальнейшем расширении знаний в области экономико-математического моделирования и модернизации научно-методического аппарата в части разработки инструментария прогнозирования инновационного развития экономики регионов.

Практическая ценность диссертационной работы состоит в разработке, программной реализации и апробации инструментария прогнозирования инновационного развития экономики регионов, обеспечивающего стратегического планирование и поддержку принятия решений органами государственного управления и корпоративными структурами.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов диссертации обеспечиваются корректным выбором исходных данных, основных допущений и ограничений при постановке научной задачи, использованием системного подхода и современного апробированного экономико-математического аппарата при ее решении и подтверждаются достаточной сходимостью полученных результатов с практикой принятия решений по управлению инновационным развитием регионов РФ.

Апробация результатов исследования. Основные положения и выводы диссертации доложены и получили положительную оценку на международных и всероссийских научно-практических конференциях «Академические чтения по космонавтике» (Москва, 2021), «Будущее машиностроения России» (Москва, 2020), «Наука. Бизнес. Образование» (Самара, 2018), «Проблемы экономики современных промышленных комплексов. Финансирование и кредитование в экономике России: методологические и практические аспекты» (Самара, 2017), «Научный диалог: экономика и менеджмент» (Самара, 2017), «Наука России: цели и задачи» (Екатеринбург, 2017), «Проблемы экономики современных промышленных комплексов. Финансирование и кредитование в экономике России: методологические и практические аспекты» (Самара, 2016), «Экономическая политика России в условиях глобальной турбулентности» (Москва, 2016), «Стратегическое планирование и развитие предприятий» (Москва, 2015), «Международная Кондратьевская конференция» (Москва, 2014).

Основные положения и результаты диссертации использованы в учебном процессе на кафедре предпринимательства и внешнеэкономической деятельности МГТУ им. Н.Э. Баумана и реализованы в АО «Шнейдер Электрик», что подтверждается соответствующими актами.

Результаты диссертационного исследования использованы при выполнении составной части НИР шифр «Прогноз 2038 - МГТУ» (М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022. Заказчик – ФГУП «ВНИИ «Центр», договор № Ц-278/22-21 от 15.4.2022 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 17 научных работ общим объемом 5,82 п.л. (авторский вклад – 4,93 п.л.), из них 5 статей общим объемом 2,39 п.л. (авторский вклад – 1,67 п.л.), в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России по научной специальности 08.00.13.

Структура и содержание работы. Диссертация изложена на 236 страницах и состоит из введения, трех глав с выводами по каждой из них, общих выводов по диссертационной работе, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы из 230 наименований и 4 приложений, содержит 32 таблицы и 74 рисунков.

Рисунок 1 показывает логическую структуру диссертации, сформированную в соответствии с системным подходом и отражающую последовательность решения исследовательских задач.

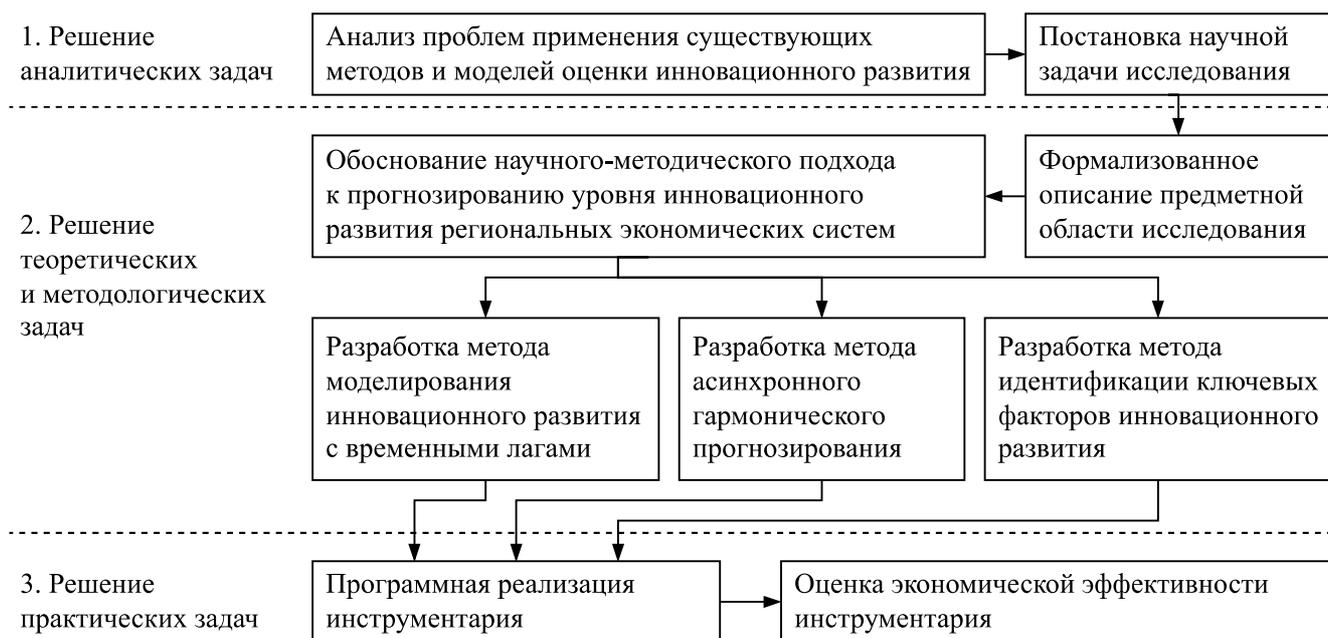


Рисунок 1 – Логическая структура диссертационного исследования

Во введении отражена актуальность диссертационной работы, определены цель и задачи исследования, изложены научная новизна, теоретическая значимость и практическая ценность, приведены основные научные результаты, выносимые на защиту, а также сведения об их реализации и публикациях.

В первой главе выполнена систематизация существующих методов и моделей оценки уровня инновационного развития региональных экономических систем, выявлены ограничения их применения в современных условиях, сформулирована гипотеза диссертации, поставлена научная задача исследования и выполнена ее декомпозиция.

Во второй главе сформирован массив исходных данных, обоснован научно-методический подход к прогнозированию уровня инновационного развития региональных экономических систем и разработаны инструментальные методы моделирования с учетом временных лагов, асинхронного гармонического прогнозирования и идентификации ключевых факторов.

В третьей главе выполнена программная реализация разработанного инструментария с использованием Microsoft Excel и Mathworks MATLAB, построены прогнозы инновационного развития федеральных округов РФ, представлены результаты анализа точности моделей по метрикам MAPE / MSE / SD в сопоставлении с аналогами, дана оценка экономической эффективности инструментария для различных условий применения.

В заключении представлены основные результаты и общие выводы по диссертационной работе, определены пути их эффективной реализации и направления дальнейших исследований по проблематике диссертации.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Понятие региональной экономической системы и классификация моделей оценки уровня инновационного развития

В диссертации систематизированы подходы к определению понятий национальных и региональных экономических систем, необходимые для дальнейшего научного исследования в выбранной предметной области. Дана авторская трактовка понятия региональной экономической системы как сложной социально-экономической системы, функционирующей в специфических условиях и имеющей отличительные сырьевые, социальные, экономические и научные ресурсы, которые оказывают влияние на уровень ее развития в условиях цифровой экономики. В соответствии с введенным понятием предложена авторская классификация моделей инновационного развития экономики регионов по типу используемых показателей (см. Таблицу 1).

Таблица 1 – классификация моделей оценки уровня инновационного развития экономики регионов

| Тип модели | Описание |
|--|--|
| Общие модели | Включают стандартные показатели, характеризующие результаты и потенциал инновационной деятельности |
| Модели с учетом социально-экономических переменных | Включают социально-экономические показатели, не относящиеся непосредственно к инновационной деятельности, однако характеризующие общий уровень развития региональной экономической системы |
| Модели с учетом лаговых переменных | Включают лаговые переменные для учета фактора времени и отложенных эффектов от принимаемых стратегических решений |

Выполнен критический анализ существующих экономико-математических методов и моделей оценки уровня инновационного развития экономики регионов. Выявлены проблемы и противоречия их применения в современных условиях, к которым относятся низкая точность получаемых оценок, отсутствие эффективных способов учета лаговых переменных и факторного анализа при построении моделей. Сформулирована гипотеза диссертации, состоящая в том, что выявленные проблемы могут быть разрешены путем комбинирования методов моделирования различных классов (моделирования с временными лагами, асинхронного гармонического прогнозирования и идентификации ключевых факторов) и построения на их основе авторского инструментария прогнозирования инновационного развития экономики регионов.

Научная новизна. Предложена авторская трактовка понятия региональной экономической системы, отвечающий современным реалиям цифровой трансформации, перехода к новому технологическому укладу и развития экономики знаний. Дана классификация экономико-математических моделей по типу используемых переменных. Наряду с общими моделями, построенными на основе стандартных показателей инновационной активности, выделены перспективные модели, учитывающие социально-экономические индикаторы и лаговые переменные и позволяющие выявить латентные закономерности исследуемых процессов инновационного развития экономики регионов.

2. Научно-методический подход к прогнозированию уровня инновационного развития региональных экономических систем

В соответствии с поставленной научной задачей в диссертации сформирован массив исходных данных, определены структура и состав инструментария прогнозирования уровня инновационного развития экономики регионов РФ. Обоснован научно-методический подход к прогнозированию уровня инновационного развития региональных экономических систем, сущность и отличие которого заключается в системном использовании методов различных классов применительно к решению комплексной задач оценки уровня инновационного развития:

М1 – инструментальный метод моделирования инновационного развития региональных экономических систем с учетом временных лагов (см. Рисунок 2), учитывающий фактор времени при построении прогнозов. Такой подход позволяет учесть отложенные эффекты от реализуемых мер инновационного развития регионов;

М2 – инструментальный метод асинхронного гармонического прогнозирования инновационного развития региональных экономических систем (см. Рисунок 3), в соответствии с которым формируются краткосрочные и среднесрочные прогнозы с учетом цикличной динамики развития инновационных процессов. Данный метод обеспечивает повышение точности и достоверности получаемых оценок.

М3 – инструментальный метод идентификации ключевых факторов инновационного развития региональных экономических систем (см. Рисунок 4), предназначенный для формирования управленческих решений. В соответствии с данным методом для каждой построенной математической модели определяются факторы, оказывающее наибольшее влияние на итоговые показатели.

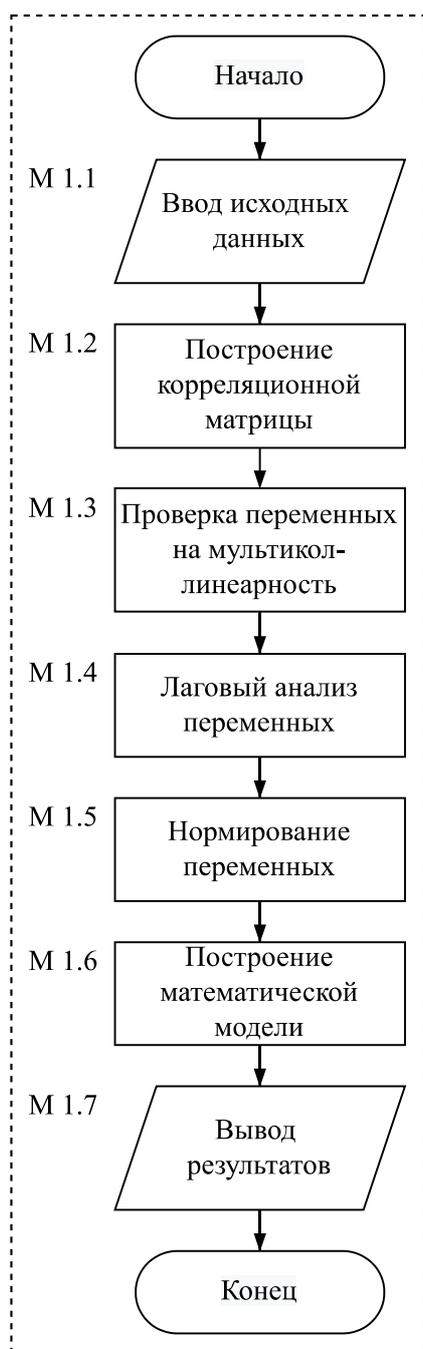


Рисунок 2 – Блок-схема метода моделирования с учетом временных лагов (M1)

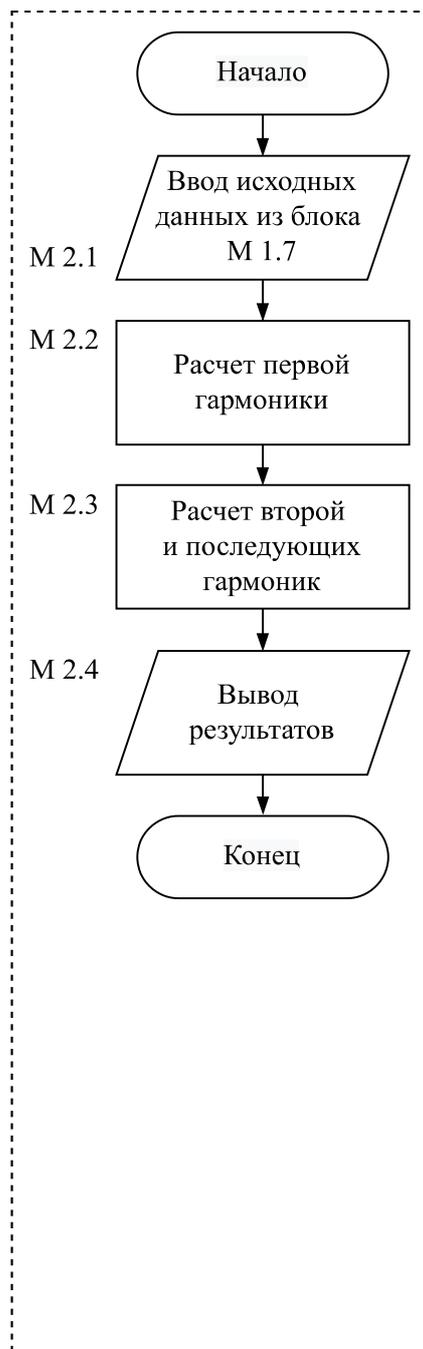


Рисунок 3 – Блок-схема метода асинхронного гармонического прогнозирования (M2)

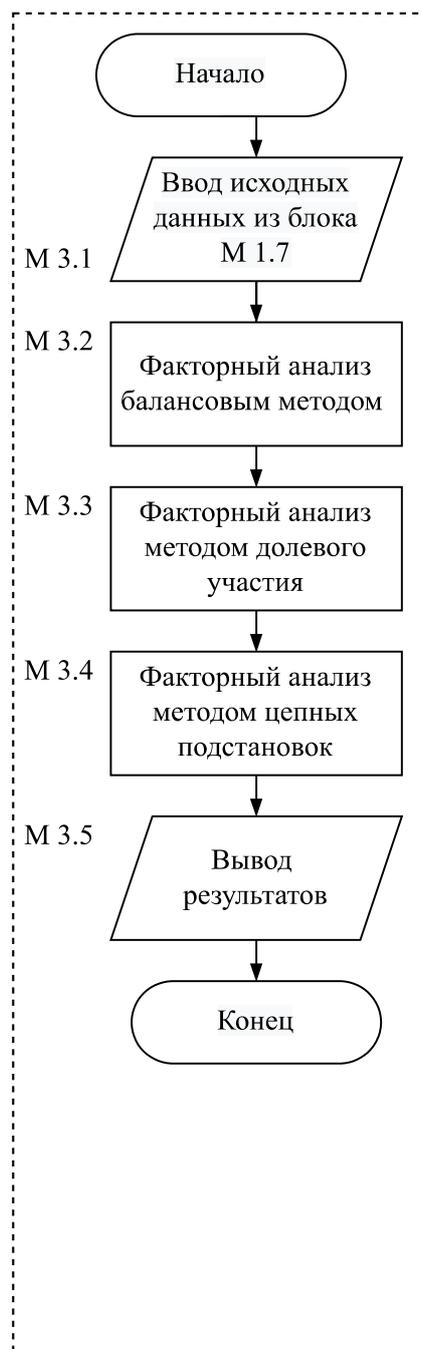


Рисунок 4 – Блок-схема метода идентификации ключевых факторов развития (M3)

Научная новизна. Обоснован научно-методический подход к построению математических моделей прогнозирования уровня инновационного развития региональных экономических систем, сущность и отличие которого заключается в комбинировании методов моделирования различных классов применительно к решению задач комплексного анализа инновационных процессов. Это позволяет получить синергию преимуществ отдельных инструментальных методов, повысить точность и достоверность получаемых оценок.

3. Инструментальный метод моделирования инновационного развития региональных экономических систем с учетом временных лагов

Моделирование инновационного развития экономики регионов с учетом временных лагов выполняется в соответствии с блок-схемой (см. Рисунок 2).

В блоке М1.1. в программу вводятся исходные показатели, которые предположительно могут оказывать существенное влияние на уровень инновационного развития экономических систем. Важно отметить, что в качестве факторов могут быть использованы не только отдельные статистические показатели, но и сводные индексы из моделей других авторов.

В блоке М1.2. производится корреляционный анализ факторов для определения их влияния друг на друга и на результирующий показатель (объем инновационных товаров, работ, услуг по Российской Федерации). Для решения поставленной задачи рассчитываются парные коэффициенты корреляции между выбранными факторами и результирующим показателем:

$$r_{x_i x_j} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)(x_j - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^2 \sum_{i=1}^n (x_j - \bar{x}_j)^2}}, \quad (1)$$

где x_i, x_j – исследуемые показатели;

\bar{x}_i, \bar{x}_j – средние значения x_i, x_j ;

n – объем выборки.

На основании рассчитанных коэффициентов Пирсона строится корреляционная матрица. Цель построения корреляционной матрицы заключается в отборе переменных, имеющих сильную корреляционную связь друг с другом.

В блоке М1.3 проводится проверка переменных на мультиколлинеарность. Если два коэффициента имеют корреляционную связь $|r_{x_i x_j}| \geq 0,9$, то в дальнейшем анализе используется только та переменная, имеющая большую корреляционную связь с результирующим показателем.

В блоке М1.4 проводится лаговый анализ переменных. Исследуется корреляционная связь между отобранными показателями и результирующим фактором с лаговым разрывом в 1, 2, 3, 4 и 5 лет:

$$r_{x_{i-l} x_j} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{i-l} - \bar{x}_i)(x_j - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{i-l} - \bar{x}_i)^2 \sum_{i=1}^n (x_j - \bar{x}_j)^2}}, \quad (2)$$

где l – используемый лаг времени.

Таким образом выявляются факторы, оказывающие влияние на результирующий показатель с задержкой на определенные временной период. В дальнейшем в модели они будут использоваться с учетом выявленного временного лага.

В блоке М1.5. происходит нормирование отобранных показателей с целью исключения экстремальных значений по формуле:

$$x_{\text{норм}} = \frac{x_t - x_{\text{min}}}{x_{\text{max}} - x_{\text{min}}}, \quad (3)$$

где $x_{\text{норм}}$ – нормированный показатель;

x_t – значение показателя за расчетный период;

x_{min} – минимальное значение показателя за весь расчетный период;

x_{max} – максимальное значение показателя за весь расчетный период.

В блоке М1.6. происходит построение финальной оценки уровня инновационного развития региональной экономической системы согласно формуле:

$$y = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_m}{m}, \quad (4)$$

где y – показатель уровня инновационного развития региональной экономической системы;

$x_{1,2\dots m}$ – показатели, отобранные в модель;

m – количество показателей, отобранные в модель.

В блоке М1.7. осуществляется вывод рассчитанных значений уровней инновационного развития регионов за исследуемый период.

Научная новизна. Разработанный инструментальный метод моделирования инновационного развития региональных экономических систем с временными лагами отличается от существующих подходов итеративной процедурой выявления тех факторов, которые создают отложенные эффекты и оказывают влияние на результирующий показатель с задержкой на определенные временной период. Это позволяет повысить точность прогноза за счет введения в эконометрические модели переменных с рассчитанными значениями лаговых разрывов.

4. Инструментальный метод асинхронного гармонического прогнозирования инновационного развития региональных экономических систем

Метод асинхронного гармонического анализа был предложен В.М. Дуплякиным для построения краткосрочных и среднесрочных прогнозов динамики различных экономических и социальных показателей (Дуплякин В.М., Княжева Ю.В., Ситникова А.Ю. Рациональный асинхронный анализ временных рядов // Математические модели современных экономических процессов анализа и синтеза экономических механизмов: сб. статей II междунар. науч.-практ. конференции. Самара: Самарский гос. аэрокосм. ун-т, 2009. С. 34-39). В ряде научных работ была продемонстрирована эффективность использования данного метода для прогнозирования статистических показателей.

Идея метода заключается в последовательном исключении гармоник в целях минимизации автокорреляции случайных остатков. В диссертации этот метод усовершенствован и доработан для решения задачи прогнозирования инновационного развития региональных экономических систем. Асинхронное гармоническое прогнозирование выполняется в соответствии с блок-схемой (см. Рисунок 3).

В блоке М2.1. вводятся исходные оценки уровней инновационного развития регионов за исследуемый период, полученные ранее по методу М1. Далее в блоке М2.2. производится процедура выделения первой гармоники по формуле:

$$Z_1(t) = (a_0t + b_0) + u_1 \sin(\omega_1t + \varphi_1), \quad (5)$$

где $Z(t)$ – асинхронная гармоническая функция;

a, b – коэффициенты уравнения;

u – амплитуда;

ω – циклическая частота;

φ – фаза.

В блоке М2.3 происходит расчет второй и последующих гармоник:

$$Z_n(t) = u_n \sin(\omega_n t + \varphi_n) + Z_{n-1}(t); \quad (6)$$

На этапе М2.4. производится вывод результатов в виде прогнозируемых значений на ближайшие 5 лет.

Научная новизна. Разработанный инструментальный метод отличается введением в классическую модель временных рядов гармонических составляющих с различными амплитудами и периодами, что позволяет учесть цикличность исследуемых процессов и повысить точность и обоснованность прогнозных оценок уровня инновационного развития региональных экономических систем. В известных работах предшественников такой подход к прогнозированию региональных экономических процессов не применялся.

5. Инструментальный метод идентификации ключевых факторов инновационного развития региональных экономических систем.

Метод разработан для поддержки принятия управленческих решений по стимулированию инновационной деятельности в регионах РФ. Он позволяет определить влияние каждого фактора инновационного развития, выявить проблемные ситуации и обосновать меры по перераспределению бюджетных ресурсов. Метод реализуется в соответствии с блок-схемой (см. Рисунок 4) и включает балансовый метод, метод долевого участия и цепной подстановки. Балансовый метод заключается в определении суммы разницы показателя за текущий и прошлый периоды:

$$F_t = x_t - x_{t-1}, \quad (7)$$

где F_t – сумма влияния показателя;

x_t – показатель за текущий период,

x_{t-1} – показатель за прошлый период.

Метод долевого участия состоит в расчете доли каждого фактора в общей сумме их приростов, которая затем умножается на общий прирост совокупного показателя:

$$\Delta D_t = \frac{\Delta x_t}{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots + \Delta x_n} \Delta D_{\text{общ}}; \quad \Delta D_{\text{общ}} = \frac{x_t - x_{t-1}}{x_{t-1}}, \quad (8)$$

где ΔD_t – доля влияния показателя;

$\Delta D_{\text{общ}}$ – общий прирост совокупного показателя.

Метод цепной подстановки позволяет определить влияние отдельных факторов на изменение величины результативного показателя путем постепенной замены базисной величины каждого факторного показателя в объеме результативного показателя на фактическую в отчетном периоде.

$$y_6 = \frac{x_{16} + x_{26} + \dots + x_{m6}}{m}; \quad y_{\text{усл}}(x_1) = \frac{x_{1\text{усл}} + x_{26} + \dots + x_{m6}}{m};$$
$$y_{\text{отч}}(x_m) = \frac{x_{1\text{отч}} + x_{2\text{отч}} + \dots + x_{m\text{отч}}}{m}; \quad (9)$$

$$V_{x_1} = y_{\text{усл}}(x_1) - y_6; \quad V_{x_m} = y_{\text{отч}}(x_m) - y_{\text{усл}}(x_{m-1}),$$

где y_6 – базисное значение оценки уровня инновационного развития региона;

$x_{16}, x_{26}, \dots, x_{m6}$ – базисные значения показателей;

$y_{\text{усл}}$ – условное значение оценки уровня инновационного развития региона;

$x_{1\text{у}}, x_{2\text{у}}, \dots, x_{m\text{у}}$ – условные значения показателей;

$y_{\text{отч}}$ – отчетное значение оценки уровня инновационного развития региона;

$x_{1\text{отч}}, x_{2\text{отч}}, \dots, x_{m\text{отч}}$ – отчетные значения показателей;

V_x – влияния показателя x на изменение оценки уровня инновационного развития региона.

Научная новизна. Обосновано использование факторного анализа к математическим моделям оценки уровней инновационного развития экономики регионов. Разработанный метод отличается комплексированием балансового метода, метода долевого участия и метода цепных постановок и позволяет выявить приоритетные области для принятия управленческих решений по инновационному развитию экономики регионов.

Результаты практической реализации и оценки экономической эффективности инструментария прогнозирования инновационного развития экономики регионов Российской Федерации

Программная реализация инструмента прогнозирования уровня инновационного развития экономики регионов РФ выполнена с использованием Microsoft Excel и Mathworks MATLAB в виде совокупности блоков статистики, моделирования, прогнозирования, анализа и принятия решений (см. Рисунок 5).

Входящая информация представляет собой статистические данные по инновационному и социально-экономическому развитию регионов РФ за ретроспективные периоды. Исходящая информация выдается лицу, принимающему решения, в форме информационной панели прогнозных индикаторов посредством веб-интерфейса Tableau (см. Рисунок 6).



Рисунок 5 – Блок-схема программной реализации инструментария прогнозирования уровня инновационного развития экономики регионов РФ

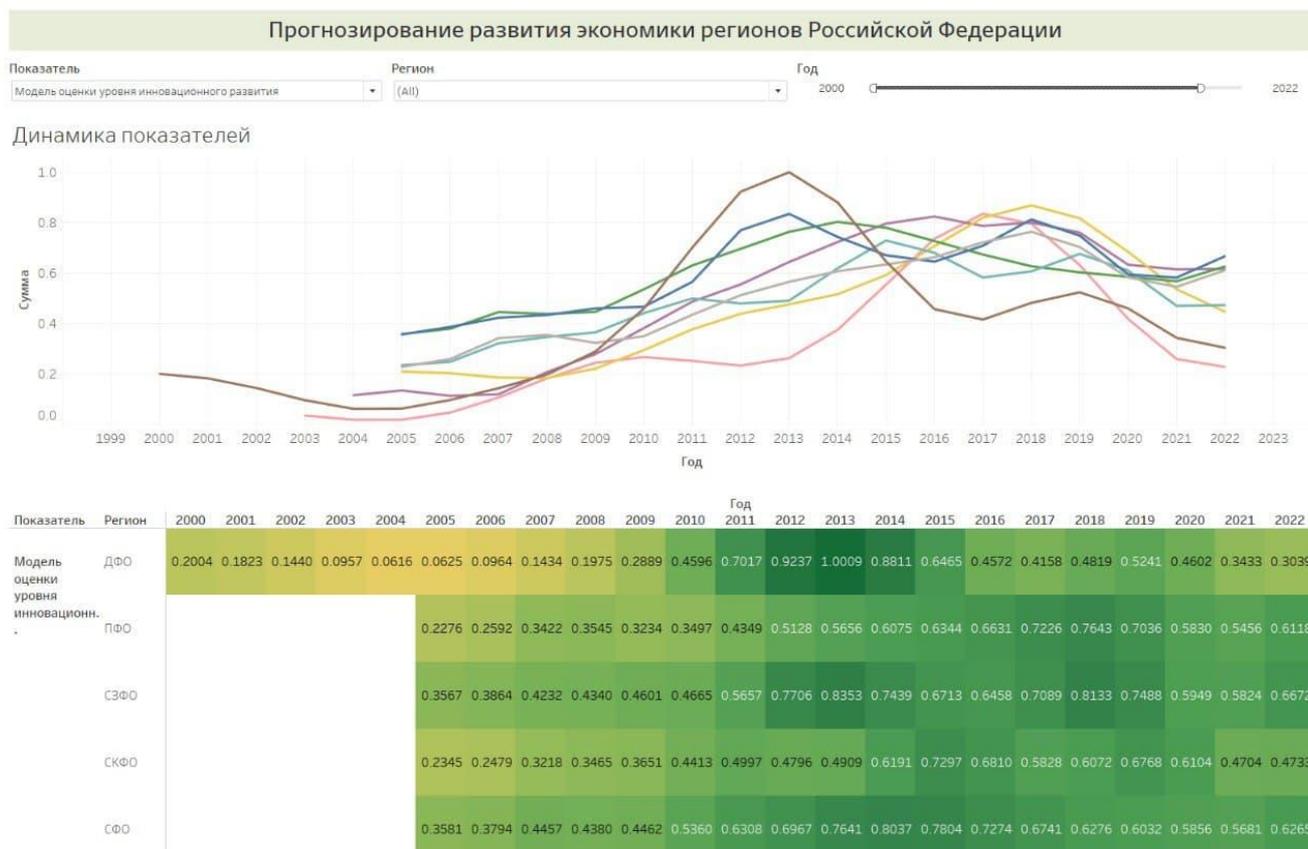


Рисунок 6 – Панель прогнозных индикаторов инновационного развития экономики регионов РФ

Апробация разработанного инструмента выполнена АО «Шнейдер Электрик». Для среднесрочного бизнес-планирования требуются достоверные прогнозные оценки спроса на электроэнергетическое оборудование и услуги по автоматизации в регионах, которые обусловлены уровнями их инновационного развития. В процессе апробации результатов диссертации был сформирован массив исходных показателей инновационного развития и социально-экономических индикаторов 8 федеральных округов РФ за период с 2000 по 2019 год по данным Росстата. В автореферате представлены результаты расчетов по 3 крупнейшим округам – Центральному (ЦФО), Северо-Западному (СЗФО) и Поволжскому (ПФО), полные сведения приведены в тексте диссертации.

При апробации метода М1 решена задача построения математических моделей оценки уровня инновационного развития экономики регионов РФ с использованием лаговых переменных. Для каждого федерального округа определена система исходных данных и построены математические модели для оценки уровня инновационного развития по формулам (1) – (4):

$$y_{\text{цфо}} = \frac{x_{1,t}^{\text{цфо}} + x_{2,t}^{\text{цфо}} + x_{3,t}^{\text{цфо}} + x_{4,t}^{\text{цфо}} + x_{5,t}^{\text{цфо}} + x_{6,t}^{\text{цфо}} + x_{7,t-5}^{\text{цфо}}}{7}, \quad (10)$$

где $x_{1,t}^{\text{цфо}}$ – численность населения;
 $x_{2,t}^{\text{цфо}}$ – совокупная стоимость основных фондов;
 $x_{3,t}^{\text{цфо}}$ – среднегодовая численность занятых;
 $x_{4,t}^{\text{цфо}}$ – численность экономически активного населения;
 $x_{5,t}^{\text{цфо}}$ – индекс инновационного развития по модели ЦСР «Северо-Запад»;
 $x_{6,t}^{\text{цфо}}$ – индекс инновационной активности региона по модели Шибасовой-Королева;
 $x_{7,t-5}^{\text{цфо}}$ – выпуск инновационной продукции на душу населения с лагом 5 лет:

$$y_{\text{сзфо}} = \frac{x_{1,t}^{\text{сзфо}} + x_{2,t}^{\text{сзфо}} + x_{3,t}^{\text{сзфо}} + x_{4,t}^{\text{сзфо}} + x_{5,t-5}^{\text{сзфо}} + x_{6,t-3}^{\text{сзфо}} + x_{7,t-5}^{\text{сзфо}} + x_{8,t-3}^{\text{сзфо}}}{8}, \quad (11)$$

где $x_{1,t}^{\text{сзфо}}$ – индекс передачи и применения новых знаний по модели ЦСР «Северо-Запад»;
 $x_{2,t}^{\text{сзфо}}$ – индекс инновационного развития по модели ЦСР «Северо-Запад»;
 $x_{3,t}^{\text{сзфо}}$ – выпуск инновационной продукции на душу населения;
 $x_{4,t}^{\text{сзфо}}$ – индекс инновационной активности региона по модели Шибасовой-Королева;
 $x_{5,t-5}^{\text{сзфо}}$ – численность персонала с учеными степенями с лагом 5 лет;
 $x_{6,t-3}^{\text{сзфо}}$ – количество поданных патентных заявок на полезные модели с лагом 3 года;
 $x_{7,t-5}^{\text{сзфо}}$ – численность студентов с лагом 5 лет;
 $x_{8,t-3}^{\text{сзфо}}$ – индекс социальных эффектов по модели Шибасовой-Королева с лагом 3 года;

$$y_{\text{пфо}} = \frac{x_{1,t}^{\text{пфо}} + x_{2,t}^{\text{пфо}} + x_{3,t}^{\text{пфо}} + x_{4,t}^{\text{пфо}} + x_{5,t}^{\text{пфо}} + x_{6,t}^{\text{пфо}} + x_{7,t-5}^{\text{пфо}}}{7}, \quad (12)$$

где $x_{1,t}^{\text{пфо}}$ – количество используемых передовых производственных технологий;
 $x_{2,t}^{\text{пфо}}$ – количество разработанных передовых производственных технологий;

- $x_{3,t}^{\text{пфо}}$ – численность персонала, занятого в НИОКР;
- $x_{4,t}^{\text{пфо}}$ – численность кандидатов наук;
- $x_{5,t}^{\text{пфо}}$ – удельный вес городского населения в общей численности населения;
- $x_{6,t}^{\text{пфо}}$ – выпуск инновационной продукции на душу населения;
- $x_{7,t-5}^{\text{пфо}}$ – индекс инновационного развития по модели ЦСР «Северо-Запад».

При апробации метода М2 решена задача построения асинхронных гармонических функций уровня инновационного развития исследуемых федеральных округов по формулам (5) и (6):

$$Z_{\text{цфо}}(t) = 0.275 + 0.03t - 0.206 \sin\left(\frac{2\pi t}{17.809} + 0.58\right) - 0.011 \sin\left(\frac{2\pi t}{5.548} - 1.326\right) - 0.014 \sin\left(\frac{2\pi t}{3.959} - 0.969\right) + 0.002 \sin\left(\frac{2\pi t}{4.641} - 0.576\right) + 0.024 \sin\left(\frac{2\pi t}{2.515} - 8.879\right); \quad (13)$$

$$Z_{\text{сзфо}}(t) = 0.467 + 0.017t - 0.082 \sin\left(\frac{2\pi t}{5.297} - 2.692\right) + 0.129 \sin\left(\frac{2\pi t}{15.443} + 3.675\right) + 0.025 \sin\left(\frac{2\pi t}{4.22} - 1.359\right) - 0.039 \sin\left(\frac{2\pi t}{7.83} + 4.722\right) - 0.03 \sin\left(\frac{2\pi t}{3.262} + 0.567\right); \quad (14)$$

$$Z_{\text{пфо}}(t) = 0.335 + 0.02t - 0.129 \sin\left(\frac{2\pi t}{21.675} + 0.769\right) + 0.038 \sin\left(\frac{2\pi t}{5.219} - 2.473\right) - 0.018 \sin\left(\frac{2\pi t}{3.463} - 2.632\right) - 0.007 \sin\left(\frac{2\pi t}{4.629} - 0.861\right) + 0.006 \sin\left(\frac{2\pi t}{2.872} - 4.13\right). \quad (15)$$

Результаты применения метода асинхронного гармонического прогнозирования приведены на Рисунках 7, 8, 9.

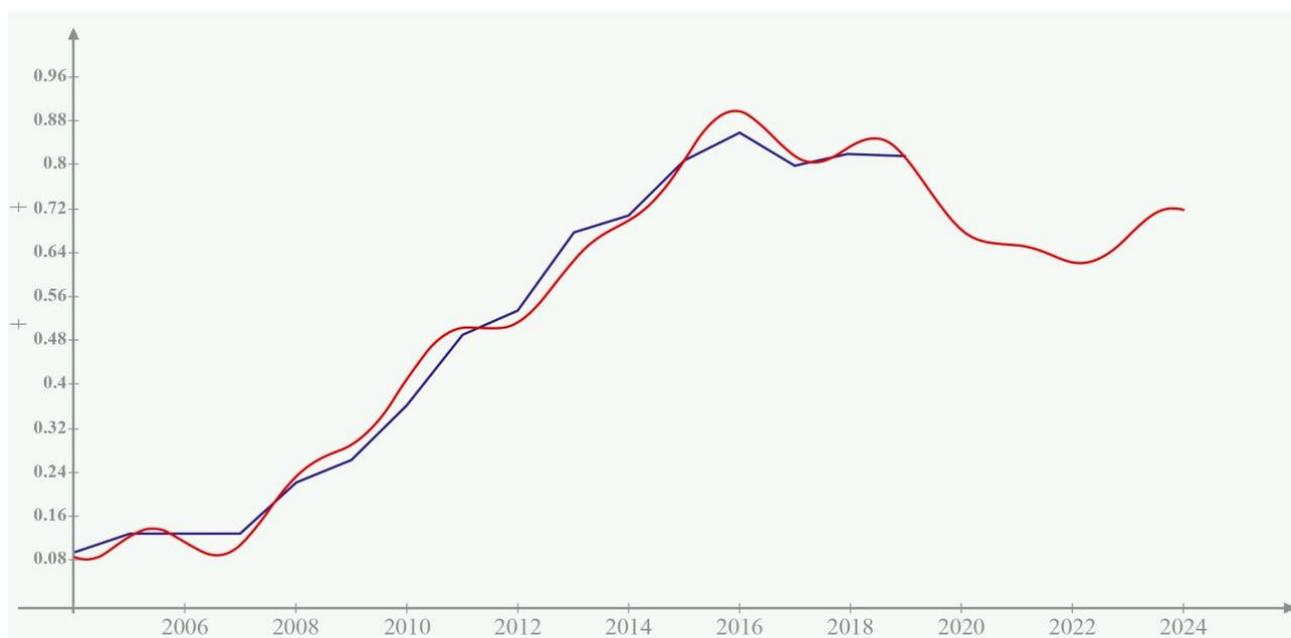


Рисунок 7 – Прогноз инновационного развития ЦФО
(синяя линия – исходные данные; красная линия – прогноз)

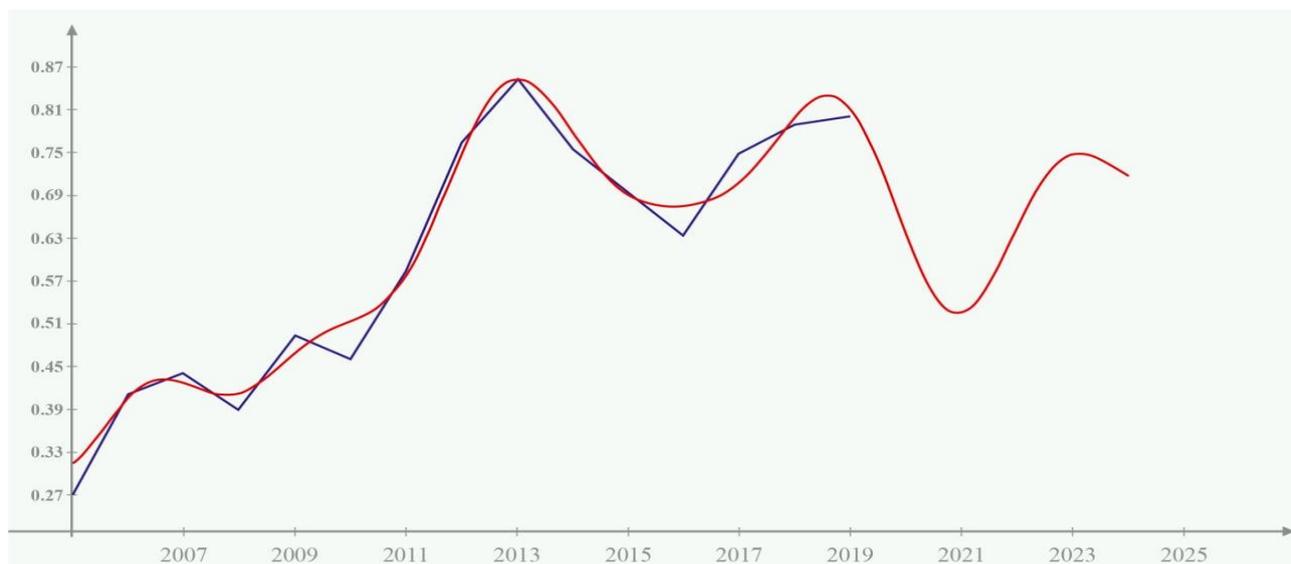


Рисунок 8 – Прогноз инновационного развития СЗФО
(синяя линия – исходные данные; красная линия – прогноз)

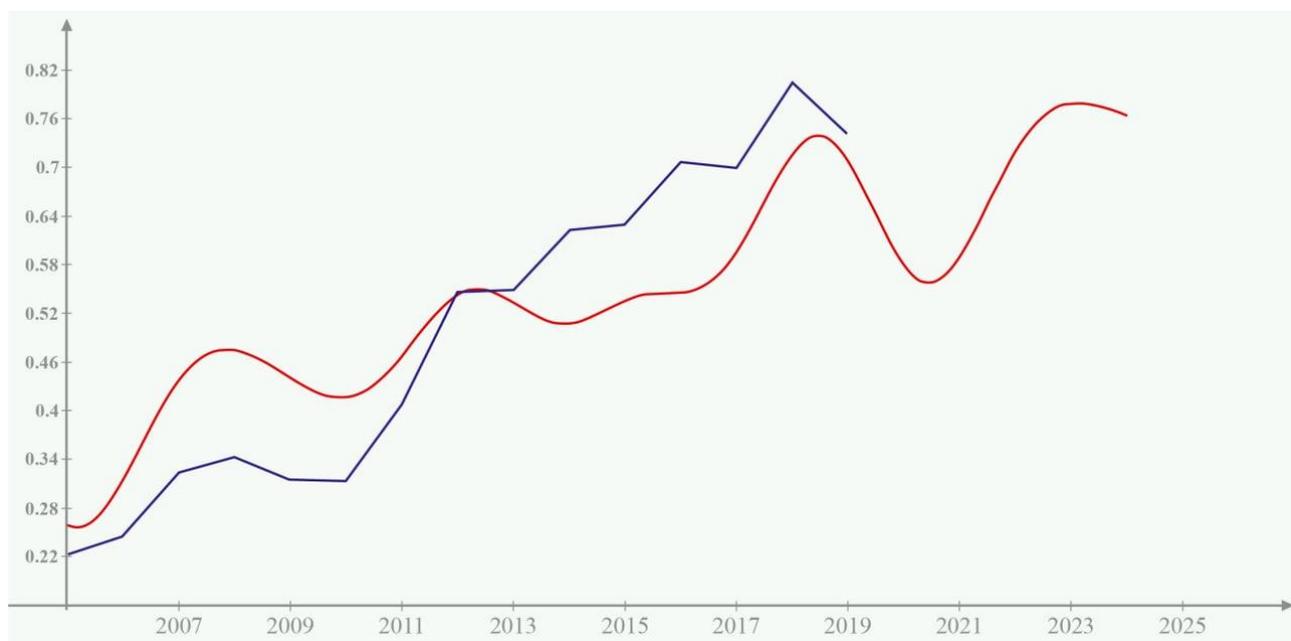


Рисунок 9 – Прогноз инновационного развития ПФО
(синяя линия – исходные данные; красная линия – прогноз)

При апробации метода МЗ решена задача определения оценки влияния каждого фактора в моделях (10), (11), (12), полученных ранее по методу М1. Результаты расчетов по формулам (7) – (9) приведены в Таблицах 2 – 7.

Графическое решение задачи факторного анализа показателей инновационного развития экономики регионов представлено на Рисунках 10, 11, 12.

Таблица 2 – Факторный анализ показателей модели оценки уровня инновационного развития ЦФО за 2018 – 2019 год балансовым и методом долевого участия, расчет по формулам (7), (8)

| Показатель | F_t | ΔD_t |
|--------------------|-------|--------------|
| $x_1^{\text{цфо}}$ | 0,02 | -2% |
| $x_2^{\text{цфо}}$ | 0,02 | -2% |
| $x_3^{\text{цфо}}$ | 0,00 | 0% |
| $x_4^{\text{цфо}}$ | -0,01 | 0% |
| $x_5^{\text{цфо}}$ | -0,28 | -222% |
| $x_6^{\text{цфо}}$ | 0,06 | -13% |
| $x_7^{\text{цфо}}$ | 0,15 | -92% |
| $У_{\text{цфо}}$ | 0,00 | -1% |

Таблица 3 – Факторный анализ показателей модели оценки уровня инновационного развития ЦФО за 2018 – 2019 год методом цепной подстановки, расчет по формулам (9)

| Показатель | $x_1^{\text{цфо}}$ | $x_2^{\text{цфо}}$ | $x_3^{\text{цфо}}$ | $x_4^{\text{цфо}}$ | $x_5^{\text{цфо}}$ | $x_6^{\text{цфо}}$ | $x_7^{\text{цфо}}$ | $У_{\text{цфо}}$ | V |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|-------|
| $y_6^{\text{цфо}}$ | 0,98 | 0,44 | 0,94 | 0,91 | 1,00 | 0,74 | 0,69 | 0,82 | - |
| $y_{\text{усл}}^{\text{цфо}}(x_1^{\text{цфо}})$ | 1,00 | 0,44 | 0,94 | 0,91 | 1,00 | 0,74 | 0,69 | 0,82 | 0,00 |
| $y_{\text{усл}}^{\text{цфо}}(x_2^{\text{цфо}})$ | 1,00 | 0,46 | 0,94 | 0,91 | 1,00 | 0,74 | 0,69 | 0,82 | 0,00 |
| $y_{\text{усл}}^{\text{цфо}}(x_3^{\text{цфо}})$ | 1,00 | 0,46 | 0,94 | 0,91 | 1,00 | 0,74 | 0,69 | 0,82 | 0,00 |
| $y_{\text{усл}}^{\text{цфо}}(x_4^{\text{цфо}})$ | 1,00 | 0,46 | 0,94 | 0,91 | 1,00 | 0,74 | 0,69 | 0,82 | 0,00 |
| $y_{\text{усл}}^{\text{цфо}}(x_5^{\text{цфо}})$ | 1,00 | 0,46 | 0,94 | 0,91 | 0,72 | 0,74 | 0,69 | 0,78 | -0,04 |
| $y_{\text{усл}}^{\text{цфо}}(x_6^{\text{цфо}})$ | 1,00 | 0,46 | 0,94 | 0,91 | 0,72 | 0,74 | 0,84 | 0,80 | 0,02 |
| $y_{\text{отч}}^{\text{цфо}}$ | 1,00 | 0,46 | 0,94 | 0,91 | 0,72 | 0,80 | 0,84 | 0,81 | 0,01 |

Таблица 4 – Факторный анализ показателей модели оценки уровня инновационного развития СЗФО за 2018 – 2019 год балансовым и методом долевого участия, расчет по формулам (7), (8)

| Показатель | F_t | ΔD_t |
|---------------------|-------|--------------|
| $x_1^{\text{сзфо}}$ | 0,09 | 9% |
| $x_2^{\text{сзфо}}$ | 0,03 | 1% |
| $x_3^{\text{сзфо}}$ | 0,18 | 40% |
| $x_4^{\text{сзфо}}$ | 0,00 | 0% |
| $x_5^{\text{сзфо}}$ | -0,02 | 1% |
| $x_6^{\text{сзфо}}$ | -0,04 | 2% |
| $x_7^{\text{сзфо}}$ | -0,17 | 63% |
| $x_8^{\text{сзфо}}$ | 0,02 | 1% |

Таблица 5 – Факторный анализ показателей модели оценки уровня инновационного развития СЗФО за 2018 – 2019 год методом цепной подстановки, расчет по формулам (9)

| Показатель | $x_1^{сзфо}$ | $x_2^{сзфо}$ | $x_3^{сзфо}$ | $x_4^{сзфо}$ | $x_5^{сзфо}$ | $x_6^{сзфо}$ | $x_7^{сзфо}$ | $У_{сзфо}$ | V |
|------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|------|
| $y_6^{сзфо}$ | 0,60 | 0,92 | 0,42 | 0,91 | 0,74 | 0,82 | 0,86 | 1,00 | 0,78 |
| $y_{усл}^{сзфо}(x_1^{сзфо})$ | 0,59 | 0,92 | 0,42 | 0,91 | 0,74 | 0,82 | 0,86 | 1,00 | 0,78 |
| $y_{усл}^{сзфо}(x_2^{сзфо})$ | 0,59 | 0,88 | 0,42 | 0,91 | 0,74 | 0,82 | 0,86 | 1,00 | 0,78 |
| $y_{усл}^{сзфо}(x_3^{сзфо})$ | 0,59 | 0,88 | 0,26 | 0,91 | 0,74 | 0,82 | 0,86 | 1,00 | 0,76 |
| $y_{усл}^{сзфо}(x_4^{сзфо})$ | 0,59 | 0,88 | 0,26 | 1,00 | 0,74 | 0,82 | 0,86 | 1,00 | 0,77 |
| $y_{усл}^{сзфо}(x_5^{сзфо})$ | 0,59 | 0,88 | 0,26 | 1,00 | 0,77 | 0,82 | 0,86 | 1,00 | 0,77 |
| $y_{усл}^{сзфо}(x_6^{сзфо})$ | 0,59 | 0,88 | 0,26 | 1,00 | 0,77 | 1,00 | 0,86 | 1,00 | 0,79 |
| $y_{отч}^{сзфо}$ | 0,59 | 0,88 | 0,26 | 1,00 | 0,77 | 1,00 | 0,89 | 1,00 | 0,80 |

Таблица 6 – Факторный анализ показателей модели оценки уровня инновационного развития ПФО за 2018 – 2019 год балансовым и методом долевого участия, расчет по формулам (7), (8)

| Показатель | F_t | ΔD_t |
|-------------|-------|--------------|
| $x_1^{пфо}$ | 0,01 | 0% |
| $x_2^{пфо}$ | -0,31 | -24% |
| $x_3^{пфо}$ | 0,01 | 0% |
| $x_4^{пфо}$ | -0,10 | -3% |
| $x_5^{пфо}$ | 0,05 | -1% |
| $x_6^{пфо}$ | -0,03 | 0% |
| $x_7^{пфо}$ | -0,08 | -1% |
| $У_{пфо}$ | -0,06 | -8% |

Таблица 7 – Факторный анализ показателей модели оценки уровня инновационного развития ПФО за 2018 – 2019 год методом цепной подстановки, расчет по формулам (9)

| Показатель | $x_1^{пфо}$ | $x_2^{пфо}$ | $x_3^{пфо}$ | $x_4^{пфо}$ | $x_5^{пфо}$ | $x_6^{пфо}$ | $x_7^{пфо}$ | $У_{пфо}$ | V |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------|
| $y_6^{пфо}$ | 0,99 | 0,86 | 0,01 | 0,86 | 0,95 | 1,00 | 0,96 | 0,81 | - |
| $y_{усл}^{пфо}(x_1^{пфо})$ | 1,00 | 0,86 | 0,01 | 0,86 | 0,95 | 1,00 | 0,96 | 0,81 | 0,00 |
| $y_{усл}^{пфо}(x_2^{пфо})$ | 1,00 | 0,55 | 0,01 | 0,86 | 0,95 | 1,00 | 0,96 | 0,76 | -0,04 |
| $y_{усл}^{пфо}(x_3^{пфо})$ | 1,00 | 0,55 | 0,02 | 0,86 | 0,95 | 1,00 | 0,96 | 0,76 | 0,00 |
| $y_{усл}^{пфо}(x_4^{пфо})$ | 1,00 | 0,55 | 0,02 | 0,76 | 0,95 | 1,00 | 0,96 | 0,75 | -0,01 |
| $y_{усл}^{пфо}(x_5^{пфо})$ | 1,00 | 0,55 | 0,02 | 0,76 | 1,00 | 1,00 | 0,96 | 0,76 | 0,01 |
| $y_{усл}^{пфо}(x_7^{пфо})$ | 1,00 | 0,55 | 0,02 | 0,76 | 1,00 | 1,00 | 0,88 | 0,74 | -0,01 |
| $y_{отч}^{пфо}$ | 1,00 | 0,55 | 0,02 | 0,76 | 1,00 | 0,97 | 0,88 | 0,74 | 0,00 |

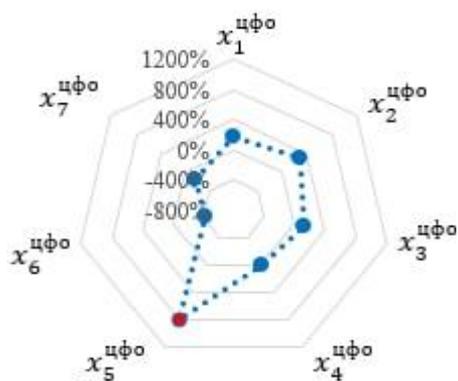


Рисунок 10 – Решение задачи факторного анализа ЦФО

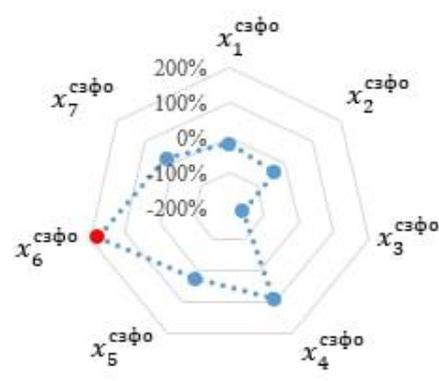


Рисунок 11 – Решение задачи факторного анализа СЗФО

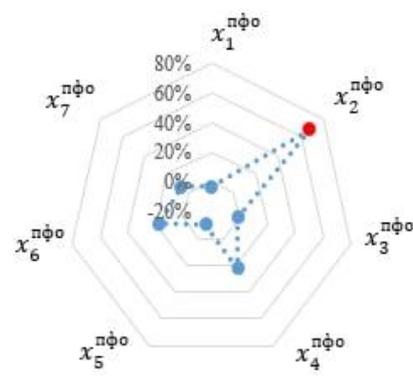


Рисунок 12 – Решение задачи факторного анализа ПФО

Проведена оценка точности прогнозирования инновационного развития экономики регионов посредством разработанного в диссертации инструментария. Для этого был выполнен анализ точности прогноза на 1, 2 и 3 года в сравнении с существующими альтернативными моделями:

- коэффициентом НИСП (Сорокина А.В. Построение индекса инновационного развития регионов России. М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2013. 230 с.);

- коэффициентом инновационной конкурентоспособности региона Шеховцевой-Тяпушовой (Шеховцева Л.С., Тяпушова Е.В. Исследование инновационного развития и типология регионов на основе интегральной оценки их конкурентоспособности // Известия УрГЭУ. 2011. № 2 (34). С. 83–91.);

- индексом инновационного развития ЦСР «Северо-Запад» (Научно-технологический форсайт РФ: региональный аспект. URL: http://www.csrnw.ru/files/csr/file_category_172.pdf);

- индексом инновационного развития Гусева (Гусев А.Б. Формирование рейтингов инновационного развития регионов России и выработка рекомендаций по стимулированию инновационной активности субъектов Российской Федерации // Капитал страны. URL: <http://www.kapital-rus.ru/articles/article/2574>),

- индексом инновационной активности региона Шибяевой-Королева (Шибяева Н.А., Королев Д.В. Анализ показателей инновационного развития промышленности региона // Экономический анализ: теория и практика. 2010. № 38. С.14-21.).

Для сравнительной оценки точности оценок, полученных посредством разработанного в диссертации инструментария, с моделями других авторов была рассчитана ошибка прогнозирования:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|y(t) - Z(t)|}{y(t)} \cdot 100\%; \quad (16)$$

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y(t) - Z(t))^2; \quad (17)$$

$$SD = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Z(t) - ME)^2}, \quad (18)$$

где *MAPE* – средняя абсолютная процентная ошибка (Mean Absolute Percentage Error);
MSE – средняя квадратичная ошибка (Mean Squared Error);
ME – средняя ошибка (Mean Squared Error);
SD – стандартное отклонение (Standard Deviation).

Согласно расчетам, авторский инструментарий является более точным при прогнозировании на 3 года (см. Рисунок 14).

| Регион | Модель | MSE | | | MAPE | | | SD | | |
|--------|---------------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 1 год | 2 года | 3 года | 1 год | 2 года | 3 года | 1 год | 2 года | 3 года |
| ЦФО | Коэффициент НИСП | 334,48 | 233,40 | 168,04 | 20,99 | 18,82 | 13,06 | 47,82 | 55,90 | 63,83 |
| | Коэффициент Шеховцевой-Тяпцовой | 289,21 | 344,05 | 206,31 | 19,70 | 22,63 | 15,15 | 49,37 | 57,45 | 61,47 |
| | Индекс ЦСР «Северо-Запад» | 387,88 | 377,31 | 121,78 | 21,59 | 24,33 | 11,13 | 49,07 | 56,86 | 62,90 |
| | Индекс Гусева | 281,58 | 492,49 | 123,48 | 19,62 | 27,91 | 10,62 | 49,25 | 57,68 | 62,71 |
| | Индекс Шибаевой-Королева | 450,59 | 508,79 | 170,95 | 23,77 | 27,66 | 13,19 | 52,41 | 58,54 | 63,86 |
| | Авторский инструментарий | 612,13 | 965,47 | 182,31 | 25,74 | 26,68 | 10,23 | 42,23 | 47,43 | 53,39 |
| ПФО | Коэффициент НИСП | 85,46 | 73,83 | 417,91 | 8,82 | 8,90 | 22,08 | 45,64 | 52,65 | 39,38 |
| | Коэффициент Шеховцевой-Тяпцовой | 315,13 | 277,84 | 333,55 | 18,62 | 16,18 | 19,84 | 47,35 | 37,01 | 43,04 |
| | Индекс ЦСР «Северо-Запад» | 125,44 | 37,46 | 52,01 | 9,81 | 6,57 | 6,68 | 46,46 | 51,03 | 55,77 |
| | Индекс Гусева | 118,00 | 95,06 | 89,31 | 11,09 | 8,29 | 9,58 | 46,68 | 52,02 | 59,43 |
| | Индекс Шибаевой-Королева | 223,84 | 323,07 | 247,15 | 16,22 | 17,10 | 17,07 | 39,32 | 31,62 | 47,01 |
| | Авторский инструментарий | 132,95 | 94,77 | 61,04 | 12,80 | 9,57 | 7,74 | 48,08 | 46,70 | 57,60 |
| СЗФО | Коэффициент НИСП | 164,77 | 521,32 | 284,48 | 15,02 | 25,96 | 10,44 | 49,04 | 50,08 | 47,62 |
| | Коэффициент Шеховцевой-Тяпцовой | 655,48 | 548,49 | 260,20 | 32,70 | 27,89 | 9,34 | 47,61 | 54,44 | 50,29 |
| | Индекс ЦСР «Северо-Запад» | 480,66 | 227,69 | 140,39 | 28,69 | 17,08 | 2,78 | 50,23 | 55,40 | 63,07 |
| | Индекс Гусева | 508,30 | 85,40 | 198,73 | 25,91 | 11,23 | 8,43 | 52,21 | 53,92 | 64,31 |
| | Индекс Шибаевой-Королева | 673,37 | 472,87 | 237,91 | 33,97 | 26,54 | 8,25 | 53,67 | 58,78 | 64,90 |
| | Авторский инструментарий | 119,80 | 112,12 | 21,08 | 10,80 | 11,92 | 4,86 | 42,13 | 53,77 | 57,99 |

Рисунок 13 – Результаты сравнительного анализа точности прогнозов

Выполнена оценка экономического эффекта за счет внедрения разработанного инструментария прогнозирования уровня инновационного развития экономики регионов. Рассмотрены два возможных ограничения при проведении экспертно-аналитических процедур: по бюджету и сроку исследования. Были выполнены расчеты для двух вариантов: без использования и с использованием авторского инструментария (см. Рисунки 14 и 15). Для расчета затрат на проведение исследования учитывались средний уровень заработной платы аналитика в Москве, ставка налогообложения, стоимость лицензий и оборудования и доступа в сеть Интернет.

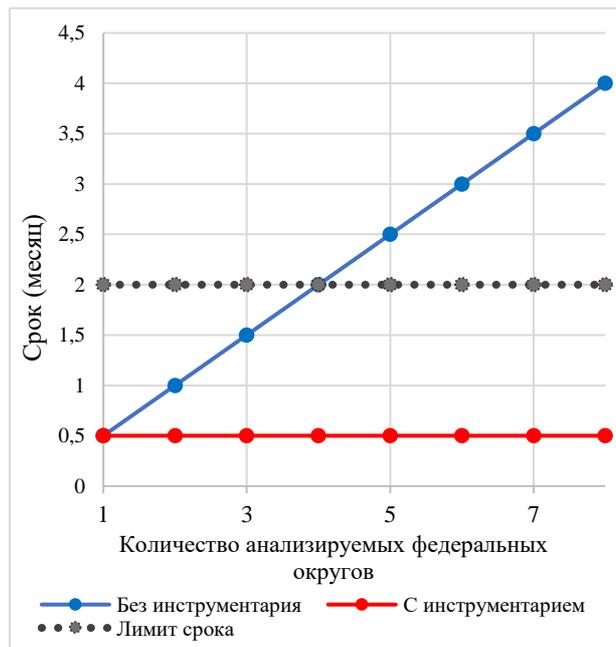
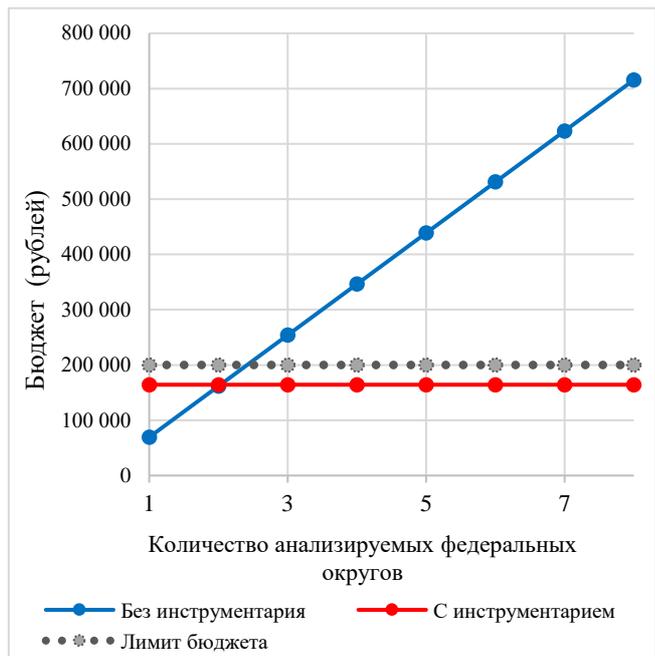


Рисунок 14 – Оценка экономического эффекта при ограничении по бюджету

Рисунок 15 – Оценка экономического эффекта при ограничении по времени

Таким образом, при увеличении количества исследуемых федеральных округов с экономической точки зрения эффективнее использовать разработанный в диссертационном исследовании инструментарий.

В результате расчета показателя экономического эффекта от использования авторского инструментария сделан вывод о том, что компания АО «Шнейдер Электрик» сможет сократить свои ежегодные затраты на 520 тыс. рублей. На основании полученной в результате апробации прогнозной оценки показателей экономической эффективности разработанных математических моделей прогнозирования уровня инновационного развития экономики регионов Российской Федерации можно сделать вывод о том, что поставленная научная задача решена, а цель диссертации достигнута.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате критического анализа существующих отечественных и зарубежных работ в области экономико-математического моделирования и прогнозирования инновационных процессов выявлена потребность в дальнейшем развитии подходов к учету фактора времени, отложенных эффектов от принимаемых стратегических решений и неравномерности социально-экономического развития регионов.

2. С учетом современных реалий цифровой трансформации, перехода к новому технологическому укладу и развития экономики знаний, дана авторская трактовка понятия региональной экономической системы и предложена классификация моделей оценки уровня инновационного развития по типу используемых переменных, учитывающая наряду со стандартными показателями инновационной активности расширенный состав социально-экономических индикаторов и лаговых переменных, что позволяет выявить латентные закономерности исследуемых процессов.

3. Обоснован научно-методический подход к прогнозированию уровня инновационного развития экономики регионов, обеспечивающий решение поставленной в диссертации научной задачи по дальнейшей проработке концепций временных рядов и неравномерности социально-экономического развития и создания на их основе авторского инструментария. Отличие предложенного подхода состоит в комбинировании инструментальных методов различных классов, что позволяет реализовать преимущества каждого из них при решении поставленной комплексной задачи.

4. Разработан комплекс инструментальных методов: метод моделирования с учетом временных лагов, метод асинхронного гармонического прогнозирования и метод идентификации ключевых факторов инновационного развития регионов. Выполнена практическая реализация прототипа прогнозирования уровня инновационного развития экономики регионов Российской Федерации с использованием Microsoft Excel, Mathworks MATLAB и Tableau. Апробация и оценка экономической эффективности разработанного инструментария осуществлена в АО «Шнейдер Электрик» при проведении информационно-аналитических исследований оценок уровня инновационного развития 8 федеральных округов РФ.

5. Выполнен анализа точности прогнозирования по метрикам MAPE / MSE / SD в сопоставлении с аналогами и дана оценка экономической эффективности инструментария для различных условий применения. Установлено, что применение разработанного инструментария обеспечивает повышение точности прогнозов уровня инновационного развития экономики регионов на среднесрочном горизонте (3 года), а его применение инструментария является экономически рациональным при аналитической обработке данных по 2 и более федеральным округам.

6. Результаты разработки и внедрения инструментария прогнозирования инновационного развития экономики регионов РФ позволяют сделать вывод о том, что поставленная научная задача решена, а цель диссертации достигнута. Выполненное диссертационное исследование обеспечивает повышение эффективности управленческих решений по развитию региональных экономических систем. Направлениями дальнейших исследований по проблематике диссертации являются вопросы интеграции разработанного инструментария с существующими и перспективными государственными решениями в области управления инновациями в регионах.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Научные статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России

1. Дроговоз П.А., Драгун Е.А. (Ляпунова Е.А.), Драгун М.А. Математический метод прогнозирования динамики инновационного развития на основе асинхронного гармонического анализа // *Modern Economy Success*. 2022. № 6. С. 224-228. (0,31 п.л. / 0,19 п.л.) (соискателем предложен метод асинхронного гармонического для решения задачи прогнозирования уровня инновационного развития).

2. Дроговоз П.А., Драгун Е.А. (Ляпунова Е.А.) Обзор и классификация экономико-математических моделей оценки инновационного развития регионов России // *Российский экономический вестник*. 2019. № 5 (2). С. 56-66. (0,8 п.л. / 0,48 п.л.) (соискателем выполнен анализ существующих моделей оценки уровня инновационного развития регионов Российской Федерации).

3. Драгун Е.А. (Ляпунова Е.А.) Анализ методик оценки инновационного развития на примере Самарской области // *Research Journal of International Studies*. 2017. № 6 (60). С. 17-21. (0,40 п.л.).

4. Дуплякин В.М., Драгун Е.А. (Ляпунова Е.А.) Аналитический обзор программ инновационного развития Самарской области // *Экономика и предпринимательство*. 2016. № 11 (ч.1). С. 329-336. (0,69 п.л. / 0,41 п.л.) (соискателем выполнен аналитический обзор программ инновационного развития в Самарской области).

5. Драгун Е.А. (Ляпунова Е.А.) Анализ взаимосвязи показателей валового внутреннего продукта и затрат на инновации в РФ // *International Research Journal*. 2016. № 47. С. 20-23. (0,19 п.л.).

Научные статьи и тезисы докладов в сборниках трудов международных и всероссийских конференций

6. Дроговоз П.А., Драгун Е.А. (Ляпунова Е.А.) Применение метода асинхронно-гармонического анализа для прогнозирования пусковой активности в космической отрасли // *XLV Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королева и других отечественных ученых – пионеров освоения космического пространства* (Москва, 30 мар. – 2 апр. 2021 г.): Сб. тез. всеросс. науч. конференции. М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. С. 126-128. (0,14 п.л./ 0,1 п.л.) (соискателем было обосновано применение метода асинхронного гармонического анализа к прогнозированию пусковой активности).

7. Драгун Е.А. (Ляпунова Е.А.) Анализ показателей инновационной активности в обрабатывающей промышленности с учетом временных лагов // *Будущее машиностроения России* (Москва, 22 – 25 сен. 2020 г.): Сб. докладов XXIII всеросс. науч. конференции молодых ученых и специалистов (с междунар. участием). М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. С. 316-319. (0,23 п.л.).

8. Драгун Е.А. (Ляпунова Е.А.) Анализ экономико-математических моделей инновационного развития Самарской области // *Наука. Бизнес. Образование* (Самара, 12 – 13 апр. 2018 г.): Сб. трудов XXIII всеросс. науч.- практ. Конференции. Самара: Самарский государственный технический университет, 2018. С. 90-98. (0,26 п.л.).

9. Драгун Е.А. (Ляпунова Е.А.) Анализ факторов инновационной активности на мезо и макроуровнях с учетом временных лагов // Научный диалог: экономика и менеджмент (Самара, 8 июня 2017 г.): Сб. трудов VII междунар. науч. конференции. Самара: Изд-во ЦНК МНИФ «Общественная наука», 2017. С. 13-22. (0,41 п.л.).

10. Драгун Е.А. (Ляпунова Е.А.) Аналитический обзор показателей эффективности инновационных процессов макроэкономического и регионального уровня // Наука России: цели и задачи (Екатеринбург, 10 апр. 2017 г.): Сб. трудов II междунар. науч. конференции. Екатеринбург: НИЦ «Л-Журнал», 2017. С. 10-17. (0,53 п.л.).

11. Драгун Е. А. (Ляпунова Е.А.) Тенденции развития инновационных циклов в Европе // Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты (Пермь, 29 фев. 2016 г.): Сб. статей студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых и преподавателей. Пермь: ИП Сигитов Т.М., 2016. С. 46-49. (0,16 п.л.).

12. Дуплякин В.М., Драгун Е.А. (Ляпунова Е.А.) Особенности гармонического асинхронного анализа динамики показателей экономики РФ // Проблемы экономики современных промышленных комплексов. Финансирование и кредитование в экономике России: методологические и практические аспекты (Самара, 1 – 30 июня 2016 г.): Сб. трудов XI всеросс. науч.-практ. конференции. Самара: Самарский научный центр РАН, 2016. С. 27-36. (0,31 п.л. / 0,18 п.л.) (соискателем построен прогноз динамики показателей экономики Российской Федерации с использованием метода асинхронного гармонического анализа).

13. Драгун Е.А. (Ляпунова Е.А.) Основные проблемы инновационного развития России [Электронный ресурс] // Экономическая политика России в условиях глобальной турбулентности (Москва, 24 – 26 ноя. 2016 г.): Сб. трудов междунар. финансово-экономического форума. М.: Финансовый Университет, 2016. URL: http://conf.fa.ru/archive/Fa_2014/index.html (0,17 п.л.).

14. Драгун Е.А. (Ляпунова Е.А.) Инновационное развитие региональных авиастроительных и аэрокосмических предприятий на примере Самарской области // Стратегическое планирование и развитие предприятий (Москва, 14 – 15 апр. 2015 г.): Сб. трудов XVI всеросс. симпозиума. М.: Центральный экономико-математический институт РАН, 2015. С. 54-56. (0,16 п.л.).

15. Драгун Е. А. (Ляпунова Е.А.) Потенциал идей Н.Д. Кондратьева при осмыслении современных инновационных процессов // Новая модель экономического роста: теоретические конструкции и реальная политика (Москва, 11 – 12 ноя. 2014 г.): Сб. трудов IX междунар. Кондратьевской конференции. М.: Межрегиональная общественная организация содействия изучению, пропаганде научного наследия Н.Д. Кондратьева, 2014. С. 145-148. (0,15 п.л.).

Научные статьи в иных изданиях

16. Драгун Е.А. (Ляпунова Е.А.) Выбор рабочих переменных моделей инноватики на примере Самарской области // Инновационная экономика. 2018. № 4 (17). С. 56-57. (0,41 п.л.).

17. Драгун Е.А. (Ляпунова Е.А.) Анализ факторов инновационной активности организаций Самарской области с учетом временных лагов // Вестник Самарского Университета. 2016. № 4 (7). С. 104-111. (0,5 п.л.).