

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. И. АРАБАЕВА**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. И. РАЗЗАКОВА**

Диссертационный совет Д 05.23.689

На правах рукописи
УДК 51-77

ЧОРОЕВ КАЛЫБЕК

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА, И
ПРОГНОЗА СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЭКОНОМИЧЕ-
СКИХ СИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБ-
ЛИКИ)**

05.13.16 – применение вычислительной техники, математического моделиро-
вания и математических методов в научных исследованиях (по отраслям
науки)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук

Бишкек 2024

Работа выполнена на кафедре прикладной информатики при Кыргызском государственном университете им. И. Арабаева.

Научный консультант: **Бийбосунов Болотбек Ильясович**, доктор технических наук, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной информатики Кыргызского государственного университета им. И. Арабаева

Официальные оппоненты: **Скляр Сергей Николаевич**, доктор физико-математических наук, с.н.с., руководитель программы (кафедры) «Прикладная математика и Информатика» Американский Университет в Центральной Азии

Сатыбаев Абдуганы Джунусович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой информационных технологий и управление Ошского технологического университета

Искандаров Самандар, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией теории интегро-дифференциальных уравнений института механики Национальной академии наук Кыргызской Республики

Ведущая организация: кафедра прикладная математика и информатика факультета математики и информатики Кыргызского Национального университета имени Ж. Баласагына (720033, г. Бишкек, ул. Фрунзе, 547)

Защита диссертации состоится 31 мая 2024 года в 15.00 часов на заседании диссертационного совета Д 05.23.689 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора (кандидата) технических наук при Кыргызском государственном университете им. И. Арабаева и Кыргызском государственном техническом университете им. И. Раззакова по адресу: 720026, г. Бишкек, ул. Раззакова 51-А, научная библиотека, конференц-зал КГУ им. И. Арабаева.

Ссылка для доступа к видеоконференции защиты диссертации: <https://vc.vak.kg/b/d05-xy8-8iw-xsw>

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках Кыргызского государственного университета им. И. Арабаева, (720026, г. Бишкек, ул. Раззакова 51-А) и Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова (720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66) и на сайте НАК Кыргызской Республики (https://vak.kg/d_05_23_689/choroev-kalybek-choroevich/)

Автореферат разослан 29 апреля 2024 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета к.ф.-м.н.

Асанбекова Н.О.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Социально – экономическое развитие Кыргызской Республики предполагает дальнейшую работу по обеспечению продолжения прогрессивных изменений в экономике, и ее отраслевой и региональной структуре. Важнейшим показателем качества экономического роста становится его структура, отражающая уровень развития национальной экономики в целом, ее место в системе международного экономического разделения труда (в условиях ЕАЭС). Для применения экономико-математических инструментариев в исследованиях структуры экономики КР можно рассматривать как социально-экономическую систему. Социально-экономическая система в общепринятом смысле можно понимать как совокупность ресурсов и экономических субъектов, образующих единое целое, взаимосвязанных и взаимодействующих между собой в сфере производства и потребления, обмена и распределения.

Социально-экономическая система (СЭС) КР характеризуется огромным количеством элементов и взаимосвязей между ними и окружающей средой. А также наличием разного рода неопределенностей, неточностью количественных и качественных оценок параметров таких систем, разным уровнем и неравномерностью развития отдельных элементов, полноты и достоверности информации об их функционировании, нелинейностью протекающих процессов и др.

В данной работе предпринимается попытка выработки целостного взгляда на современную отечественную экономику посредством анализа структурно – функциональных связей между отраслевыми комплексами и секторами, механизмов накопления различного рода дисбалансов и их компенсации.

Данные проблемы и определили актуальность настоящего исследования в области управления структурными преобразованиями экономики страны. Таким образом, актуальность темы исследования определена необходимостью оценки влияния структурных изменений как фактор на экономические процессы, с учетом сложившихся структурных пропорций в экономике.

Состояние изученности проблемы. На современном этапе структурные изменения на макроэкономическом уровне становятся объектом исследования многих ученых экономистов и математиков. Исследована проблем структурных изменений и их влияния на экономический рост посвящены работы зарубежных и отечественных ученых. В зарубежных странах проблему структурных изменений в экономике исследовали такие ученые как К. Кларк, С. Кузнец, В. Леонтьев, Э. Денисон, Г. Минасян, А. Картер и другие. В России научное исследование структурных изменений в экономике связаны с именами А.И. Анчишкина, Ю.В. Яременко, В.С. Сутягина, А.А. Нечаева, С.С. Емелья-

нова, Л.С. Казинца, Г.Е. Эдельгауза, В.В. Коссова, М.А. Бутиной, С.Н. Журавлева, Л.А. Дедова, В.А. Бессонова, Соколова, О.С. Сухарева, Н.В.Суворова, О.В. Спасской и других. Отечественных ученых экономисты Койчуев Т.К., Исманов А.С., Джаманкулов Б.С., Турсунова С.А. Турсунова и другие в исследованиях использовали эконометрические методы структурных изменений.

Связь темы докторской диссертации с приоритетными научными направлениями и государственными научными программами.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ кафедры «Прикладная информатика» Кыргызского государственного университета им. И. Арабаева.

Основные результаты диссертации получены в ходе выполнения ...

Цель исследования. Целью исследования является:

- создание методологии оценки, анализа и математического моделирования структурных изменений макроэкономических процессов в реформировании национальной экономики;
- разработка математического инструментария, описывающего структурные изменения и процессы экономического роста;
- разработка алгоритмов приведения к заданной отраслевой структуре исследуемых макроэкономических процессов национальной экономики.

Задачи исследования.

- 1) изучение и обобщение зарубежного и отечественного опыта математического моделирования и оценки структурных изменений в экономических системах;
- 2) выявление и математическое моделирование основных причинно-следственных взаимосвязей структурных изменений и макроэкономических параметров роста;
- 3) обоснование новых подходов и методологических приемов в части моделирования причинно – следственной связи между темпами и структурой экономического роста и на этой основе построение алгоритма управления технологической структурой отрасли экономики;
- 4) анализ структурных изменений в макроэкономических системах с целью построения адекватных данному процессу математических моделей и методов исследования;
- 5) в условиях перехода к модели устойчивого роста разработка математических моделей структурных изменений и их влияния на экономическое развитие;
- 6) разработка математических моделей для количественного анализа влияния институциональных предпосылок на проведение эффективной структурной политики в условиях формирования постиндустриальной экономики;
- 7) разработка показателей оценки воздействия структурных измене-

ний на процессы экономического развития изучение направленности и характера структурных изменений в отечественной экономике за 1993- 2021 гг.

8) исследование особенностей и перспектив устойчивости развития экономической систем, выявление основных факторов, влияющих на данный процесс с помощью математических моделей и методов;

9) обоснование качественных параметров структуры экономических систем и определение условий их оптимального развития.

Научная новизна диссертационной работы состоит в следующем:

- проведено системное исследование воздействия структурных изменений на процессы экономического развития;
- созданы методологические основы разработки математических моделей структурных сдвигов в экономике;
- обоснованы новые подходы и методологические приемы в части математического моделирования воздействия структурных механизмов на процессы экономического роста;
- построен новый класс нелинейных математических моделей взаимосвязи структурных изменений и экономического роста на основе производственных функций переменной эластичностью замены;
- разработана концепция структурно – функциональная развития экономической системы для разработки математических моделей структурных изменений;
- проведена верификация и адаптация известных индексных и матричных моделей для оценки структурных изменений в условиях современной экономики КР;
- предложены математические модели на основе производственных функций для определения основных параметров структуры экономических систем и определение условий их сбалансированного развития.

Практическая значимость и внедрение результатов исследований.

Теоретические, методологические и методические результаты, полученные в ходе исследования, могут быть использованы при разработке и совершенствовании методологии макроэкономического планирования и прогнозирования, при формировании республиканских и региональных программ экономического развития.

Реализация предложенных подходов методологии моделирования структурных изменений должна содействовать качественному улучшению структурной сбалансированности на отраслевом и технологическом уровнях, обеспечению практической взаимосвязи между структурными изменениями и процессами экономического роста.

Материалы диссертационного исследования могут быть использованы в учебном процессе высших учебных заведений при подготовке пособий, лекционных и практических курсов по дисциплинам, рассматривающие вопросы макроэкономического моделирования.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1) создание методологической основы разработки математических моделей и методов анализа и оценки структурных изменений экономических систем, отличающейся системным характером по обеспечению единой логической взаимосвязи исследований изменения структурных факторов и динамики результирующих показателей функционирования экономических систем;

2) при разработке математических моделей экономическая система рассматривается как структурно-функциональная система и это создало возможности построения динамических математических моделей структурных изменений, так и экономического роста, в рамках которых экономическое развитие рассматривается прежде всего как последовательность определенных структурных изменений;

3) обоснование методологии математического моделирования структурных изменений в экономических системах, позволяющей обеспечить системный характер исследований, в ситуации, когда структурные изменения рассматриваются как «фактор-влияние» и как «фактор-результат» развития экономической системы;

4) в силу наличия макроэкономических систем как нелинейных, неравновесных и недетерминированных элементов разработан концептуальный подход к исследованию этих систем основанных на теории нелинейных динамических систем. Известно, что модели нелинейных динамических систем наиболее точно отражают особенности структурных изменений макроэкономического уровня;

5) выявлено и доказано, что параметры качества отраслевой структуры, оцененные на основе коэффициента пропорциональности, отражают не только характер взаимного соответствия экономических и технологических факторов развития, но и являются самостоятельными экономическими индикаторами, характеризующими динамику результирующего и структурного факторов;

6) построена система математических моделей, позволяющая обеспечить исследование структурных изменений, оценить направленность и качество структурных сдвигов, а также получить конкретные числовые параметры структурных изменений отраслей, с целью достижения структурной сбалансированности на макроэкономическом уровне;

7) проведены адаптация и верификация разработанных в диссертационном исследовании математических моделей оценки структурных изменений на основе статистических данных КР, что позволило определить тесноту реальной взаимосвязи между структурными и функциональными характеристиками экономики, а также предложить практические рекомендации по достижению структурной сбалансированности макроэкономических систем.

В качестве **объекта исследования** рассматривается национальная экономика, ее отрасли и основные сектора.

Предметом исследования являются математические методы и модели структурных изменений макроэкономических систем, механизмы и методы оценки структурных изменений.

Теоретические и методологические основы исследования. При разработке и применении математических методов и инструментариев для динамики структурных изменений макроэкономических систем были использованы труды по теории экономического развития и динамики, институциональным проблемам экономических систем, теории экономико-математического моделирования экономических процессов, теории вероятностей и математической статистики.

В основу работы положены принципы системного подхода с использованием общенаучных методов исследования, таких как классификационный и структурный анализ, синтез результатов анализа, сочетание логического и исторического методов, выявление причинно-следственных связей. При оценке структурной динамики применялись различные математические и статистические методы и экономико-математические модели.

Информационной базой исследования послужили справочные и методические материалы органов государственного управления, научно-исследовательских институтов, статистические данные Национального статистического комитета КР, законодательные и нормативные акты, методические положения по статистике НСК КР, Базы данных Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), Всемирного банка, Международного валютного фонда, материалы периодической печати, ресурсы Интернет-сети.

Личный вклад диссертанта состоит в проведении самостоятельных исследований, в получении научных результатов, их анализе и формулировании выводов, на основе которых выполнены исследования. Формулировка общей цели работы, постановка задач, общая методология исследования принадлежат научному консультанту профессору Бийбосунову Б.И.

Апробация диссертационной работы.

Основные результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на следующих конференциях и семинарах:

- на международной конференции Общества центрально-евразийских исследований (CESS) в Питтсбургском университете (США) 2023 г.;
- на международной конференции «Экономика Евразии». Измир, Турция, 2023 г.;
- на международной конференции «Экономика Евразии». Стамбул, Турция 2021г.;
- на VIII Международной межвузовской научно-практической конференцию-конкурс научных докладов студентов и молодых ученых «ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРЕДОВЫЕ РЕШЕНИЯ», 28-29 мая 2020 года в г. Бишкек.
- на Международной конференции «Экономика Евразии», Фамагуста, Кипр 2019г.;
- на международной конференции Общества центрально-евразийских исследований (CESS) в Вашингтонском университете (США) 2023 г.;

- на международной конференции «Экономика Евразии» Ташкент, УЗБЕКИСТАН, 2018 г.;
- в XII международной Азиатской школе-семинаре "Проблемы оптимизации сложных систем», Бостери, Кыргызстан, 2016г.;
- на международной научно-методической конференции КГУ им. И. Арабаева, 20-21 мая 2016 года. г. Бишкек;
- на VI международной конференции «Моделирование сложных систем» Омск. Россия, 2015г.;
- в XI международной Азиатской школе-семинаре "Проблемы оптимизации сложных систем " Новосибирск, Россия, 2015г.;
- в X международной Азиатской школе-семинаре "Проблемы оптимизации сложных систем " Бостери, Кыргызстан, 2014г.

Полнота публикации результатов. Результаты исследований и положения, отражающие основное содержание диссертационной работы, опубликованы в 23 научных работах из них 22 - в научных журналах, индексируемых системами РИНЦ, 6 - в сборниках международных научных конференциях, , 1 - в журнале Scopus.

Структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, выводов, общий объем работы 208 страниц, содержит 15 рисунков, 13 таблиц и 112 наименований списка использованных источников.

Автор выражает глубокую признательность научному консультанту профессору Бийбосунову Б.И. за ценные советы в ходе работы над диссертацией, а также членам кафедры Прикладной Информатики КГУ им. И. Арабаева за ценные советы при работе над диссертацией и обсуждении результатов исследования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Диссертационное исследование посвящено решению важной макроэкономической проблемы – созданию основ комплексной теории и методологии моделирования структурных изменений на отраслевом и технологическом уровнях.

Переход к рыночной экономике в странах постсоветского пространства, в том числе КР не мог не сказаться на их экономической структуре. В течение относительно короткого времени были разрушены сложившиеся экономико - хозяйственные связи, появились и стремительно развивались совершенно новые для этих стран отрасли экономики. Все эти изменения послужили основой для исследования структурных изменений в экономической системе страны. Структура экономики Кыргызстана, которая за годы независимости сильно изменилась. Развитие экономики Кыргызстана можно разделить на несколько этапов. На каждом этапе менялись цели и основные факторы экономического роста. Катализаторами роста экономики, создающий новые структуры экономической системы выступили горнодобывающая отрасль, строительство, тор-

говля и сфера услуг. За эти годы значительно упала доля крупной промышленности в структуре промышленности. В настоящее время сложилась нерациональная структура национальной экономики. Структура национальной экономики характеризуется сильной зависимостью от конъюнктуры горнодобывающей отрасли, экономической ситуации в странах ЕАЭС, денежных переводов мигрантов и кредитов зарубежных стран, особенно КНР. Экономическая система республики сильно нуждается в крупных структурных изменениях, достижении качественного и оптимально – сбалансированного роста. Для этого необходимо создание благоприятного инвестиционного климата и для введения бизнеса. Учитывая ограниченность крупных инвестиционных возможностей республики, необходимо сделать упор на создание институциональной среды, благоприятной для развития малого и среднего бизнеса в стране.

Современные научные работы по проблеме математического моделирования трансформации структуры экономики на постсоветском пространстве представлены исследованиями, объектом которых выступает национальная экономика [2;8;10;16; 20;30;31], ее отдельные отрасли [17; 55;56], а также экономика отдельных регионов [50;68]. Наиболее полный обзор используемых для измерения структурных сдвигов показателей представлен в работах [2;23;95]. В работе [50] предпринята попытка дополнить показатели структурных сдвигов, которые ориентированы на оценку только конечного результата преобразования структурной системы, сопутствующими ему оценками направлений и силы воздействия различных структурных факторов. Количественная типология структурных сдвигов в экономической системе предложена автором работы [55]. В качестве одной из задач исследований по проблематике структурных сдвигов ставится вопрос об эффективности происходящих изменений. Прежде чем ответить на этот вопрос, необходимо пояснить, какую структуру экономики следует считать эффективной. Для отнесения структуры экономики к эффективной должны выполняться следующие условия: рост объемов производства, производительности труда, фондоотдачи, снижение материалоемкости, а также соответствие производимой продукции потребностям общества.

1. В рамках разработанных основ комплексной теории структурных изменений экономических систем, предложены математические модели, обеспечивающие единую логическую взаимосвязь изучения динамики структурных факторов и результирующих показателей функционирования экономических систем.

2. Исследовано и предложено понятие двуединства структурно-функционального развития, что позволило значительно расширить области математического моделирования структурной составляющей и ее механизмов в экономических системах. Концепция структурно-функциональной взаимосвязи создала возможности построения динамических моделей структурных изменений и экономического роста, в рамках которой экономическое развитие рассматривается прежде всего как последовательность определенных структурных изменений.

3. Разработана методология математического моделирования структурных изменений в экономических системах, позволяющая обеспечить системный характер исследований, в ситуации, когда структурные изменения рассматриваются как «фактор-влияние» и как «фактор-результат» развития экономической системы. Экономические системы рассматриваются как нелинейные, недетерминированные и неравновесные образования, для которых присущи явления неравномерности и стохастичности.

4. Выявлено и доказано, что параметры качества отраслевой структуры, оцененные на основе коэффициента пропорциональности, отражают не только характер взаимного соответствия экономических и технологических факторов развития, но и являются самостоятельными экономическими индикаторами, характеризующими динамику результирующего и структурного факторов. Задача оценки взаимосвязи между качеством структуры и темпами роста ВВП решается на основе моделей регрессионно-корреляционного анализа, т.е. путем определения коэффициентов корреляции и детерминации. Первый из этих показателей определяет статистическую зависимость между случайными величинами, не имеющими строго функционального характера, когда изменение одной из случайных величин приведет к изменению среднего другой. Второй показатель описывает долю вариации результирующего признака в зависимости от факторного.

5. Проведена верификация и адаптация разработанных в экономической литературе матричных моделей для оценки структурных изменений в отечественной экономике на основе моделей межотраслевого баланса (МОБ) и модели множителей матрицы продукции.

Как известно при применении МОБ в стоимостном выражении для анализа взаимосвязей между отраслями экономики вводится матрица прямых затрат A , которая имеет размерность, соответствующую числу рассматриваемых отраслей:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

где n – число рассматриваемых отраслей и каждый элемент матрицы a_{ij} – отражает расход продукции i -ой отрасли, необходимый для выпуска единицы продукции j – ой отрасли. Каждый такой коэффициент прямых затрат находится как

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{w_j}$$

где x_{ij} – объём продукции i -ой отрасли, потребленной в j -ой отрасли, w_j – валовой выпуск j – ой отрасли.

Чтобы рассчитать действительные затраты продукции одной отрасли на выпуск единицы другой, необходимо сложить прямые и косвенные затраты, получив коэффициенты полных затрат.

В матричной форме прямые затраты определяются как:

$$T = A \cdot V,$$

где T – вектор прямых затрат,

A – матрица коэффициентов прямых затрат,

V – вектор конечного продукта отраслей народного хозяйства.

Сумма косвенных затрат всех циклов, прямых затрат и конечного продукта в сумме дает вектор валового выпуска по отраслям народного хозяйства.

В формализованном виде вектор валового выпуска можно записать как

$$W = V + A \cdot V + A^2 \cdot V + A^3 \cdot V \text{ или } W = (E + A + A^2 + A^3) \cdot V$$

где E – единичная матрица.

Тогда

$$W = (E - A)^{-1} \cdot V,$$

где $(E - A)^{-1}$ – матрица коэффициентов полных затрат (обратная матрица Леонтьева), W – вектор валовых объемов производства, A – матрица коэффициентов прямых затрат, V – вектор объемов конечной продукции.

$$R(X, Y) = \left(\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 \right)^{1/2}$$

$$R(X, Y) = \cos \varphi = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{R(X, 0) \cdot R(Y, 0)}$$

$$N(X, Y) = ((1 - E)^2 \cdot (X, Y))^{1/2}$$

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n r_i N_i}{R(\tau - t)} \quad (18)$$

В качестве оценочного показателя было использовано выражение (18), которое характеризовало интенсивность структурных сдвигов для указанного периода.

В табл. 1. приведены результаты расчетов в части оценки структурных сдвигов для трех вариантов агрегирования отечественной экономики.

Таблица 1. Оценка структурных сдвигов для трех вариантов агрегирования отечественной экономики

Показатели	1995-2000	2000-2005	2010-2015	2015-2021
	трех секторная модель			
R	0,310	0,079	0,017	0,405
E	0,898	0,994	1,000	0,828
N	0,440	0,114	0,025	0,560
	двух секторная модель			
R	0,259	0,118	0,018	0,344
E	0,887	0,976	0,999	0,806
N	0,462	0,217	0,032	0,592

Рассмотрим изменения значения показателя R для всего периода: наибольшие расстояния между вектор-структурами получены для трехсекторной модели – 0,405, наименьшие – для двухсекторной (0,259). Необходимо отметить, что незначительные изменения показателя R в период 2010-2021 гг. (0,017 и 0,018) свидетельствуют о том, что в этот период имело место консервация произошедших в предыдущие периоды структурных изменений.

Показатель E определяет направление структурных изменений: чем ближе его значение к 1, тем в большей степени структурный сдвиг происходит за счет накопленных ранее структурных изменений. Показатель N дополняет два предыдущих показателя и является количественной оценкой резонансности системы, характеризуя степень отклонения от основной траектории изменения вектор-структуры. Чем меньше значение этого показателя, тем больше экономические преобразования зависят от предыдущего состояния системы. Наибольшие значения этого показателя для всего исследуемого периода характерны только для двухсекторной модели. Для трехсекторной модели показатели резонансности составляют в период 1995-2000 гг. 0,440 и 0,462 соответственно и эти значения являются максимальными 2015-2021 периода.

6. Построена система нелинейных математических моделей, позволяющая обеспечить исследование структурных изменений, включая получение конкретных числовых параметров структурных сдвигов отраслевого и технологического характера, определение взаимосвязи структурных изменений и экономического роста, а также достижение структурной сбалансированности на макроэкономическом уровне.

Динамическая модель взаимосвязи экономического роста и структурных изменений (Логистическая функция)

$$Y(t) = Y_{ST} + Y_A + Y_F + Y_S + Y_M$$

где Y_{ST} – объем выпуска традиционных отраслей;

Y_A – объем выпуска аграрного сектора;

Y_F – объем выпуска финансового сектора;

Y_M – объем выпуска обрабатывающих отраслей промышленности.

$$Y_{ST} = Y_{ST}^{(0)} \cdot \frac{1 + a}{1 + \exp[-b(t - t_0)]}$$

где $Y_{ST}^{(0)}$ – начальное значение суммарного объема в традиционных отраслях экономики в год $t = t_0$;

a – постоянная, определяемая указанным начальным условием;

b – коэффициент, определяемый эффектом «слияния технологий» в традиционных отраслях.

При рассмотрении эконометрических моделей, которые содержат структурные изменения параметров, время структурного сдвига может быть, как известным (экзогенный сдвиг) так и не известным (эндогенный сдвиг). Модели временных рядов со структурными сдвигами, дают возможность выявить во – первых: статистически значимые изменения динамики экономических показателей во времени, смены периодов падения периодами роста или стагнации, изменений темпов роста или падения и т.д. То есть, данные модели определяют

моменты времени и направления структурных сдвигов, в том числе и в случаях, когда точный момент структурного сдвига неизвестен и выявляют устойчивые долгосрочные тенденции. Во-вторых, жесткую связь проблемы наличия структурных сдвигов во временных рядах с проблемой не стационарности временных рядов. В этой связи естественным образом встает вопрос о том, как лучше моделировать нестационарную компоненту случайного процесса.

Проведенный обзор современных исследований в области статистического анализа нестационарных моделей временных рядов с единичным корнем и(или) структурным сдвигом позволяет сформулировать следующую общую постановку задачи обнаружения структурных сдвигов в эконометрических зависимостях регрессионного типа.

I. Пусть модель наблюдений имеет следующий вид:

$$y_i = c_1 x_{1i} + c_2 x_{2i} + \dots + c_k x_{kn} + \varepsilon_i, i = \overline{1, N} \quad (1)$$

где ε_i — случайная последовательность «шумов» в зависимой переменной y_i ; $c = c_1, c_2, \dots, c_k$ — вектор неизвестных коэффициентов в модели (1), описывающийся кусочно-постоянной функцией:

$$c = \sum_{i=1}^{m+1} a_i X([\theta_{i-1}N] < n < [\theta_i N]) \quad (2)$$

где θ_i — неизвестные параметры структурных сдвигов в модели (1), $X_n = (x_{1n}, x_{2n}, \dots, x_{kn})$ — случайный вектор предикторов в (1).

Практически важные приложения рассматриваемой модели включают класс моделей

- авторегрессии $y_i = c_1 x_{1i} + c_2 x_{2i} + \dots + c_k x_{kn} + \varepsilon_i$;

- авторегрессии скользящего среднего или модель $ARMA(p, q)$,

где p и q — целые числа, задающие порядок модели, называется следующий процесс генерации временного ряда X_t :

$$X_t = c + \varepsilon_t + \sum_{i=0}^p \alpha_i X_{t-i} + \sum_{i=0}^q \beta_i \varepsilon_{t-i},$$

где c — константа, ε_t — белый шум, то есть последовательность независимых и одинаково распределённых случайных величин (как правило, нормальных), с нулевым средним, $\alpha_i, \alpha_1, \dots, \alpha_p$ и $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_q$ — действительные числа, авторегрессионные коэффициенты и коэффициенты скользящего среднего, соответственно. Параметры $p, q > 1$, предикторы x_i могут порождаться стационарными процессами авторегрессии скользящего среднего и процессами с единичным корнем.

Задача состоит в оценке параметров $\theta_i, i = 1, \dots, m$ структурных сдвигов в модели (2) по наблюдениям $(y_n, x_{1n}, x_{2n}, \dots, x_{kn}), n = 1, \dots, N$; коэффициенты $c(n) = (c_1(n), c_2(n), \dots, c_k(n))^*$ предполагаются неизвестными.

II. Другой класс моделей описывается системами одновременных эконометрических уравнений вида:

$$By_t + \Gamma x_t = \varepsilon_t \quad (3)$$

где $y_t = (y_{1t}, y_{2t}, \dots, x_{mt})'$ – вектор эндогенных переменных; $x_t = (x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{kt})'$ – вектор детерминированных переменных; $\varepsilon_t = (\varepsilon_{1t}, \varepsilon_{2t}, \dots, \varepsilon_{mt})'$ – вектор случайных статистически зависимых ошибок; B – матрица $m * m$; Γ – матрица $m * k$.

Структурная форма (3) может быть записана в следующей приведенной форме: $y_t = -B^{-1}\Gamma x_t + B^{-1}\varepsilon_t = Px_t + \xi_t$.

Под структурными сдвигами понимаются резкие изменения в коэффициентах матрицы P . Параметры x_t предполагаются детерминированными или стохастическими.

Для оценки момента структурного сдвига используется следующая статистика:

$$Y_N(n) = N^{-1}(z(1, n) - \mathcal{P}_1^n(\mathcal{P}_1^N)^{-1}z(1, N))$$

где $z(n_1, n_2) = \sum_{i=n_1}^{n_2} F(i/N)y_i'$ – $(k * m)$ – матрица; $1 \leq n_1 < n_2 \leq N$.

\mathcal{P}_1^N – произвольная точка n множества $\arg \max_{1 \leq n \leq N} \|Y_N(n)\|$ принимается в

качестве оценки параметра структурного сдвига.

Предложен следующий метод обнаружения и оценивания множественных структурных сдвигов:

- 1) По выборке данных в диапазоне $[1, \dots, N]$ построить статистику $Y_N(n) = N^{-1}(u(1, n) - \mathcal{H}_1^n(\mathcal{H}_1^N)^{-1}u(1, N))$. Если $\max_n \|Z_N(n)\| > C$ (где $C = C(N)$ – порог принятия решения), тогда вычислить точку $\max \|Z_N(n)\|$, в противном случае выборка считается статистически однородной.
- 2) По выборке данных в диапазоне $[1, \dots, \max n]$ построить статистику $Y_N(n) = N^{-1}(u(1, n) - \mathcal{H}_1^n(\mathcal{H}_1^N)^{-1}u(1, N))$ при $N = \max n$. Цикл повторяется до тех пор, пока не будет получена однородная выборка в диапазоне $[1, \dots, \max n]$. Тогда принимаем $n_1 = \max n$ в качестве оценки момента структурного сдвига и перейти к шагу 3.
- 3) По выборке данных в диапазоне $[n_1, \dots, N]$ построить статистику $Y_N(n) = N^{-1}(u(1, n) - \mathcal{H}_1^n(\mathcal{H}_1^N)^{-1}u(1, N))$. Повторять цикл до тех пор, пока не будет получена однородная выборка в диапазоне $[n_1, \dots, N]$.

При имитационном моделировании использован детерминированный и стохастический регрессионные модели.

2. Для составления стохастического регрессионного модели использованы следующее уравнение:

$$y_i = c_0 + c_1 x_i + \varepsilon_i, i = \overline{1, N}, x_i = x_{i-1} + \varepsilon_i.$$

3. Множественные структурные сдвиги в системе одновременных уравнений:

$$y_i = c_0 + c_1 y_{i-1} + c_2 z_{i-1} + c_3 x_i + e_i;$$

$$z_i = d_0 + d_1 y_i + d_2 x_i + o_i;$$

$$x_i = 0.5 x_{i-1} + x_i;$$

$$e_i = 0.3 e_{i-1} + z_i,$$

$$y_i = c_0 + c_1 y_{i-1} + c_2 z_{i-1} + c_3 x_i + e_i;$$

$$\begin{aligned} z_i &= d_0 + d_1 y_i + d_2 x_i + o_i; \\ x_i &= 0,5x_{i-1} + x_i; \\ e_i &= 0,3e_{i-1} + \eta_i; \end{aligned}$$

4. Для практического применения рассмотрена следующая макроэкономическая зависимость в отечественной экономике: модель инфляции на потребительском рынке. Для построения модели была использована выборка данных за период 1993 – 2021 гг. Регрессионная модель для показателя «темпы инфляции на потребительском рынке» содержит следующий набор параметров для прогнозирования: pi – темпы инфляции на потребительском рынке; eps – темпы изменения обменного курса доллара; gsm – темпы роста цен на горюче-смазочные материалы (ГСМ).

Было проверено, что все переменные имеют первый порядок и, следовательно, для построения модели можно использовать методологию линейного регрессионного анализа. Полученная регрессионная модель имеет следующий вид:

$$pi = 0.0034 + 0.2924eps + 0.0951gsm$$

Показатели качества зависимости: $R^2 = 0,87$; $DW = 1,72$ – свидетельствуют о ее приемлемом качестве.

Фактор eps – темпы изменения обменного курса доллара является, по существу, монетарным фактором. Фактор gsm – отражает воздействие немонетарных шоков на динамику инфляции на потребительском рынке.

Таким образом, предложенный метод позволяет выявлять моменты структурных сдвигов в регрессионной модели, которые допускают содержательную экономическую интерпретацию.

Выполненный корреляционно – регрессионный анализ позволил сделать следующие выводы

1. Предложенный метод обнаружения структурных сдвигов является более устойчивым в отношении возможных ошибок.
2. Установленные априорные границы снизу для вероятности ошибки оценивания параметра структурного сдвига позволяют утверждать, что оптимальная скорость сходимости оценок к истинному значению является экспоненциальной по объему выборки данных.
3. Установлена асимптотическая оптимальность предложенных методов.
4. Предложенные методы могут быть использованы для решения актуальных практических задач - повышения качества эконометрического моделирования.

В зависимости от вида рассматриваемого явления и желаемой степени детализации его изучения могут быть использованы различные типы уравнений: обыкновенные дифференциальные уравнения, стохастические уравнения, уравнения в частных производных и т.д., Предположим, что эволюция объекта описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\frac{dx}{dt} = f(t, x(t), u(t)), t_0 \leq t \leq T, \quad (4)$$

Где $u \in U \subset R^m$, U — область допустимых управлений, $x \in R^n$ — Евклидово пространство размерности n , $f: R^{n+m+1} \rightarrow R$ — заданная функция для каждого $t, x(t), u(t)$.

Придавая управлению $u(t)$ различные возможные значения, получаем различные состояния объекта, среди которых и выбирается оптимальное, т.е. наилучшее в том или ином смысле состояние.

1. Определение критерия качества управления

Управление системой (4) осуществляется для достижения некоторых целей, которые записываются в терминах максимизации по u функционалов $J(u)$ определяемых управлением $u(t)$ и траекторией $x(t)$, где

$$J(u) = \int_{t_0}^T f_0(t, x(t), u(t)) dt + F(t, x(T)) \rightarrow \max \quad (5)$$

Здесь f_0 и F — заданные скалярные функции.

Задача оптимального управления, описываемая уравнениями (4), и (5) именуется задачей О. Больца. Если $f_0 \equiv 0$, то задачей А. Майера и, наконец, задачей Лагранжа при $F \equiv 0$ [24]. В настоящей диссертации рассматривается задача Лагранжа, поскольку в целевом критерии отсутствует слагаемое F .

2. Ограничения на траекторию

В некоторых реальных ситуациях траектория системы не может принадлежать тем или иным частям пространства R^n . Указанное обстоятельство находит отражение в ограничении вида $x(t) \in G(t)$, где $G(t)$ — заданная область в R^n . В зависимости от конкретного типа этих ограничений выделяют различные классы задач управления.

В задачах с фиксированными концами начальное состояние $x(t_0)$ и конечное состояние $x(T)$ заданы. Если же $x(t_0)$ или $x(T)$ не задано, то получаем задачу со свободным левым (правым) концом. Задача с подвижными концами — это задача, в которой моменты t_0 и T фиксированы, а векторы $x(t_0)$ и $x(T)$ принадлежат соответственно областям $G(t_0)$ и $G(T)$.

В ряде случаев ограничения носят интегральный характер и имеют вид:

$$\int_{t_0}^T f_0(t, x(t), u(t)) dt \leq 0 \quad (6)$$

Если в задаче Лагранжа, описываемой уравнениями (4) и (5), начальное положение $x(t_0)$ и конечное $x(T)$ заданы, моменты начала движения t_0 и окончания T свободны, функция $F = 0$ и $f_0 = 1$, то получаем задачу о переводе системы (2.1) из положения $x(t_0)$ в положение $x(T)$ за минимально возможное время. Подобного рода задачи именуются задачами оптимальными по быстродействию.

3. Ограничения на управление

Информационные ограничения на управление зависят от того, какая именно информация о системе (4) доступна при выработке управляющего воздействия. Если вектор $x(t)$ недоступен измерению, то оптимальное управление ищется в классе функций $u(t)$ зависящих только от t .

Кроме информационных ограничений возможен и другой тип ограничений, обусловленный ограниченностью ресурсов управления, имеющих вид $u(t) \in U(t)$, где $U \subset R^m$, U – область допустимых управлений.

4. Необходимые условия оптимальности

Сформулируем необходимые условия оптимальности в форме принципа максимума для задачи Больца: $x = f(t, x(t), u(t)), t_0 \leq t \leq T, x(t_0) = x_0, u(t) \in U$,

$$J(u) = \int_{t_0}^T f_0(t, x(t), u(t)) dt + F(t, x(T)) \rightarrow \max \quad (7)$$

Здесь $U \subset R^m$ – заданное множество, x_0 – заданное начальное положение системы.

Введем в рассмотрение скалярную функцию H и вектор сопряженных переменных $\psi(t) \in R^{n+1}$ с помощью соотношений $\psi_0 = 1$ – принцип максимума в нормальной форме [82,83]. Тогда система канонических уравнений будет иметь вид:

$$H(t, x(t), u(t), \psi(t)) \leq \psi, f(x, u) \geq \sum_{i=1}^n \psi_i f_i(x, u) \quad (8)$$

$$\dot{\psi} = -\frac{\partial H}{\partial x}(t, x(t), u(t), \psi(t))$$

$$\psi(T) = -\frac{\partial F(x(T))}{\partial x}$$

Предположим, что $u(t)$ – оптимальное управление, а $x(t)$ и $\psi(t)$ – соответствующие траектория и вектор сопряженных переменных, удовлетворяющие уравнениям (7) и (8). Тогда функция $H(t, x(t), u(t), \psi(t))$ достигает своего максимума по $u(t) \in U$ в точке $u^*(t)$.

$$H(t, x(t), u^*(t), \psi(t)) = \max_{u \in U} H(t, x(t), u(t), \psi(t)) \quad (9)$$

Экономическая постановка задачи исследований

1. Для разработки экономико-математической модели управление объектом является открытая трехсекторная модель национальной экономики. В математической модели экономика подразделяется на три базовых сектора: материальный сектор, фондосоздающий и потребительский. Каждый из них вырабатывает определенного вида продукцию в соответствии со своими производственными возможностями.

Трехсекторная модель делит экономические отрасли на три сектора деятельности: добыча сырья (первичная), обрабатывающая (вторичная) и услуги (третичная). Согласно модели, основной фокус деятельности экономики смещается с первичного на вторичный и, наконец, на третичный сектор.

Модель является динамической – имеет в своем составе линейные динамические элементы:

$$\frac{dK_i}{dt} = -\mu_i K_i + I_i, \quad \frac{dL}{dt} = vL.$$

Управление осуществляется путем распределения трудовых ($L_0 + L_1 + L_2 = L$) и инвестиционных ($X_1 = I_0 + I_1 + I_2$) ресурсов.

В рыночной экономике распределение происходит косвенно с помощью цен, тарифов, налогов и т.д. Для анализа финансовых потоков к модели надо добавить балансы доходов и расходов секторов (ρ_i, t_i, w_i – цены, ставки налогов, годовые ставки заработной платы в секторах).

Баланс доходов и расходов материального сектора:

$$\rho_0(1 - a_0)X_0 = \rho_1 I_0 + t_0 X_0 + L_0 w_0.$$

Баланс доходов и расходов фондосоздающего сектора:

$$\rho_1 X_1 = \rho_0 a_1 X_1 + t_1 X_1 + L_1 w_1.$$

Баланс доходов и расходов потребительского сектора:

$$\rho_2 X_2 = \rho_0 a_2 X_2 + \rho_1 I_1 + t_2 X_2 + L_2 w_2.$$

Сложив эти три уравнения, получим баланс предложения предметов потребления и платежеспособного спроса:

$$\rho_2 X_2 = \sum_{i=0}^2 L_i w_i + \sum_{i=0}^2 t_i w_i$$

Слева стоимость произведенных предметов, справа - суммарный доход работников производственной сферы и суммарный доход работников непроизводственной сферы и пенсионеров.

Нами были проведены расчеты на основе материалов НСК КР за 1993 – 2021 гг.

X_0 – «Производственные материальные затраты»

X_1 – Показатель «Накопление» [49] за вычетом «Производство предметов потребления»

X_2 – «Непроизводственное потребление»

K_i – определялись по показателям «Объем инвестиции в основной капитал по отраслям».

L_i – определялись по показателям «Распределение населения, занятого в хозяйстве по отраслям».

Получены следующие ПФ секторов

$$X_0 = 3,32 K_0^{0,39} L_0^{0,61}$$

$$X_1 = 1,46 K_1^{0,56} L_1^{0,44}$$

$$X_2 = 2,73 K_2^{0,47} L_2^{0,53}$$

Основные характеристики параметров производственной функции показывают значимости полученных параметров производственной функции.

Основные характеристики параметров производственной функции

Таблица 2.

Критерии	Показатели		
	X	K	L
Промышленность и строительство			
R^2	0,96	0,82	0,76
F	43,21	62,32	9,87
t_1	-0,11	3,2	-3,25
t_2	1,24	0,28	-
Сельское хозяйство и добывающая промышленность			
R^2	0,87	0,93	0,45
F	41,32	59,25	4,23
t_1	-0,13	3,2	0,97
t_2	1,24	0,23	-
Торговля и услуги			
R^2	0,78	0,92	0,98
F	37,42	40,32	7,51
t_1	-1,17	7,28	-1,43
t_2	1,64	0,93	2,01

Из определения коэффициентов эластичности следует: увеличение ОПФ сырьевых отраслей на 1% приводит к росту выпуска продукции на $\alpha_0\%$. Такое же увеличение ОПФ в фондосоздающих и потребительских отраслей приводит к росту выпуска продукции на $\alpha_1\%$ и $\alpha_2\%$.

Открытая трехсекторная модель экономики описывается с помощью уравнений в многомерном пространстве с помощью 3 нелинейных элементов, 3 инерционных звеньев, 4 линейных распределительных звеньев.

Используя стандартные обозначения, осуществим переход к так называемым относительным показателям. Для каждого i – го сектора вводится понятие фондовооруженности:

$$k_i = \frac{K_i}{L_i}$$

Пользуясь однородностью производственных функций, переходим к зависимостям от конкретной фондовооруженности. В относительных показателях, уравнения модели выглядят следующим образом:

$$\theta_i = \frac{L_i}{L}; \quad s_i = \frac{I_i}{X_i}; \quad i = 0, 1, 2$$

Тогда уравнения имеют следующий вид:

1. Уравнение распределения трудовых ресурсов по секторам:

$$\theta_0 + \theta_1 + \theta_2 = 1,$$

2. Уравнение распределения инвестиционных ресурсов (нормировка с учетом слагаемого Y_1 , получаемого из внешней торговли продукцией материального и потребительского секторов ($X_1 + Y_1 = I_0 + I_1 + I_2$):

$$s_0 + s_1 + s_2 = 1,$$

3. Уравнение материального баланса, здесь a_i — коэффициенты прямых материальных затрат секторов, y_i — удельный (ввоз-вывоз) продукции соответствующего сектора на одного занятого:

$$(1 - \alpha_0)x_0 = a_1x_1 + a_2x_2 + y_0$$

4. Уравнение внешнеторгового баланса:

$$\tilde{q}_0y_0 = \tilde{q}_1y_1 + \tilde{q}_2y_2, \\ \theta_i \geq 0, \quad s_i \geq 0, \quad y_i \geq 0.$$

Уравнения движения с учетом фондовооруженности $k_i = \frac{K_i}{L_i}$, совокупного износа фондов $\lambda = \mu_i + v$ амортизации μ_i и темпа прироста населения v принимают вид (4,15).

5. Уравнения движения (динамики) фондовооруженностей:

$$\frac{dK_i}{dt} = -\lambda_i k_i + \frac{s_i}{\theta_i} (x_i + y_i), \quad \text{для всех } i = 0, 1, 2 \quad (10)$$

$x_i = \frac{x_i}{L} = \theta_i f_i(k_i)$ — народнохозяйственная производительность i — го сектора.

С учетом вида производственной функции $X_i = F_i(K_i, L_i) = A_i K_i^{\alpha_i} L_i^{1-\alpha_i}$, перепишем:

$$f_i(k_i) = A_i k_i^{\alpha_i}, \quad i = 0, 1, 2,$$

здесь A_i — коэффициент нейтрального технического прогресса, где α_i — коэффициент эластичности по фондам.

Под экономическим ростом понимается монотонный рост во времени фондовооруженностей секторов $k'_i(t) > 0$, где $i = 0, 1, 2$.

Под сбалансированностью траекторий, понимается выполнение в каждый момент времени t материального, трудового, инвестиционного балансов и условий сбалансированности внешней торговли.

Искомое управление, будет принадлежать к классу непрерывных функций $\theta_i(t)$, $s_i(t)$ и параметра $-\gamma_1$, для которых допускается конечное число разрывов, так называемых переключений.

Фактически ограничением на управление структурной политикой являются условия сбалансированности секторов и внешней торговли:

$$\begin{cases} \theta_0 + \theta_1 + \theta_2 = 1 \\ s_0 + s_1 + s_2 = 1 \\ (1 - \alpha_0)\theta_0 f_0(k_0) = \alpha_1 \theta_1 f_1(k_1) + \alpha_2 \theta_2 f_2(k_2) + \frac{q_1}{q_0} y_1 \end{cases}$$

Рассмотрим трехсекторную модель экономики и выполним анализ с помощью метода линеаризации системы для того, чтобы, уловить общие закономерности динамики системы. Для гамильтониана H выписывается система канонических уравнений Гамильтона (*):

$$\dot{\tilde{\psi}} = -\frac{\partial H(\psi, \vec{k}, u)}{\partial k_i} - \text{уравнения на двойственные переменные } \psi$$

$$\dot{k} = -\frac{\partial H(\psi, \vec{k}, u)}{\partial \psi_i} - \text{уравнения движения}$$

Для рассматриваемого Гамильтониана линеаризованная система (по-скольку на самом деле при взятии частных производных были не учтены члены 2-го порядка малости) запишется следующим образом:

$$H = e^{-\delta t} (\theta_2 f_2'(k_2)) + \sum_{i=0}^2 \psi_i \left[-\lambda_i k_i + \frac{s_i}{\theta_i} \theta_1 f_1(k_1) (1 + \gamma_1) \right],$$

Задача нахождения траекторий оптимального экономического роста в экономическом смысле представляет собой задачу поиска наиболее подходящей последовательности структурных сдвигов, сохраняющих наиболее важные структурные (торговые, материальные, инвестиционные) балансы в системе.

Экономический смысл оптимальных траекторий канонического роста следующий:

- поставленная задача оптимального управления экономикой имеет очень важное практическое значение. Она позволяет перейти от языка экономического описания объекта, к четкой формализованной математической задаче, которую можно решать различными методами оптимального управления или вариационного исчисления;
- наилучшего оптимального варианта управления достигнуть крайне сложно, но можно своевременными макроэкономическими воздействиями уменьшить отклонение реального от идеального (т.е. устранить структурный дисбаланс).

В общем виде можно выделить следующие этапы экономического роста:

- 1) Этап ускоренного роста, который обеспечивает сбалансированное развитие фондосоздающего сектора. На нем за счет крупного вливания в первый сектор инвестиций (увеличение доли s_1 до максимальной) - происходит наиболее быстрый рост фондовооруженности первого сектора k_1 .
- 2) Затем начинается второй этап - этап замедленного роста. Он характеризуется тем, что первый сектор поддерживается на хорошем уровне за счет избыточного предложения трудовых ресурсов, тогда как освободившиеся инвестиции уже отправляются на увеличение доли s_2 потребительского сектора.
- 3) На третьем этапе роста - этапе потребления, к инвестиционным ресурсам присоединяются и трудовые. Моменты переключений (скачки управляющих воздействий в системе, фактически знаменуют собой происходящие структурные сдвиги в макроэкономической политике) определяются с помощью анализа сопряженной системы.

Так, момент \hat{t} – первого переключения первого этапа быстрого роста на замедление определяется в момент перемены знака выражения:

$$\lambda_1 = \lambda - (1 - \gamma_1) s_1 f_1'(k_1).$$

Второй момент переключения, необходимый для выхода на заключительную фазу роста \tilde{t} устанавливается на основе перемены знака второго собственного значения сопряженной системы:

$$\lambda_2 = \lambda - f_1(k_1) (1 + \gamma_1) \left[\frac{s_0}{\theta_0} \left(1 + \frac{\theta_1}{\theta_0} \right) \frac{\partial \theta_1}{\partial k_0} + \frac{s_2}{\theta_2} \frac{\partial \theta_1}{\partial k_2} \right]$$

Проведенный анализ позволяет на основе оценки этих показателей выявить моменты переключений и дает возможность построить оптимальную траекторию для трехсекторной экономики на рассматриваемой временной оси. Кроме того, можно определить моменты времени, когда нужно делать качественную смену структурной политики, т.е. проводить диверсификацию труда θ_1 и инвестиций s_i по секторам для сохранения системы на траектории наиболее близкой к оптимальной.

Для ответа на основные вопросы практического моделирования, оптимальных траекторий сбалансированного экономического роста, для трехсекторной модели экономики страны, сначала осуществляется расчет экзогенных и начальных эндогенных параметров модели. К ним относятся:

- 1) Коэффициенты эластичности функций Кобба-Дугласа, а также сами функции, с учетом коэффициентов нейтрального технологического прогресса.
- 2) Коэффициенты прямых материальных затрат.
- 3) Начальные доли инвестиционных и трудовых ресурсов, определяются из имеющейся на данный момент времени, как параметры отраслевой структуры в инвестиционных ресурсах и данных о предложении труда по секторам.
- 4) Оптимальные доли инвестиционных и трудовых ресурсов, находятся на основе золотого правила распределения ресурсов в трехсекторной экономике, либо на основе других альтернативных методов определения технологического оптимума.
- 5) Начальные и стационарные значения фондовооруженностей. Если начальные значения нам известны из статистических данных о труде и инвестиционных ресурсах в секторах, то оптимальные значения находятся на основе найденного ранее оптимального распределения трудовых и инвестиционных ресурсов, с помощью так называемых стационарных уравнений движения (*).

$$\frac{dk_i}{dt} = -\lambda_i k_i + \frac{s_i}{\theta_i} (1 + \gamma_1) \theta_1 f_1(k_1), \quad i = 0, 1, 2 \quad (*)$$

Затем на основе исследования поведения сопряженных переменных, сделанного во второй главе, а также за счет некоторых дополнительных определяется общее время протекания переходного процесса, а также находится момент первого переключения по инвестиционным ресурсам.

Для построения производственных функций секторов, в начале необходимо численно определить экзогенные составляющие нашей модели. Вычисления проходят на основе имеющихся в наличии статистических данных. Начальным, или базовым для построения производственных функций (ПФ) мы будем считать 2000 год. При расчете использовались статистические данные национального статистического комитета Кыргызстана. Перспективный анализ будем проводить на промежутке (2024-2026 гг.). Причем, время завершения переходного процесса будет определяться аналитически на основе имеющихся параметров модели и найденных оптимальных значений фондовооруженности секторов.

В трехсекторной модели экономики выпуск каждого сектора задается с помощью своей производственной функции. В данной работе в качестве производственных функций используются функции Кобба-Дугласа, это стандартная практика в вопросах моделирования оптимального экономического роста. Различные попытки построения производственных функций для отечественной экономики зачастую наталкиваются на большие трудности. Среди основных проблем можно отметить недостаточное количество публикуемой статистической информации, описываемой экономикой страны на макроуровне. Статистические информации иногда обладают плохой точностью, что вынуждает пользоваться относительно простым инструментарием. В таких случаях использование функций Кобба-Дугласа считается обоснованным.

В качестве исходных данных для проведения оценки параметров производственных функций материального, фондосоздающего и потребительского секторов будем брать основной общедоступный источник макроэкономической статистики - публикации национального статистического комитета [54-64,106].

Проведенный анализ основан на годовой динамике. Можно отметить, что рассматривать более частые, например, квартальные или ежемесячные изменения не представляется возможным, так как (ежемесячных и ежеквартальных данных), данные число занятых в отраслях экономики, структура инвестиций в основной капитал, индексы производства по видам экономической деятельности и т.д., тяжело применимы для моделирования по причине возможных сезонных колебаний.

Используемые производственные функции трехсекторной модели экономики имеют вид

$$F_i = A_i K_i^{\alpha_i} L_i^{1-\alpha_i} \quad i = 0,1,2. \quad (11)$$

Для расчетов используется предположение о том, что совокупная факторная производительность не меняется со временем. Поэтому коэффициент A_i — явно не зависит от времени. Далее, чтобы перейти от абсолютных значений показателей, используемых в формуле (11) к индексам, разделим выражение (11) на это же выражение в определенный базовый год. Мы имеем право проделать такую операцию, поскольку как факторы производства, так и выпуск секторов всегда положительны. Обозначим через F_{0i}, K_{0i}, L_{0i} — соответствующие значения выпуска, фондов и труда i — го сектора в базисный год. Тогда формула (11) может быть представлена в виде:

$$\frac{F_i}{F_{0i}} = \frac{A_i}{A_{0i}} \left(\frac{K_i}{K_{0i}} \right)^{\alpha_i} \left(\frac{L_i}{L_{0i}} \right)^{1-\alpha_i}, \quad i = 0,1,2. \quad (12)$$

Отсюда, в частности получается, что коэффициент нейтрального экономического прогресса $\frac{A_i}{A_{0i}} = 1$. Действительно, ведь в наших предположениях A_i не зависит от времени.

Производственные функции для трехсекторной модели будут построены в контексте следующей отраслевой структуры отечественной экономики. В материальный сектор включены все виды промышленности, участвующие в од-

ном производственном цикле, в фондосоздающий сектор - предприятия, выпускающие различные виды продукции и участвующие в нескольких производственных циклах (двух и более), потребительский сектор состоит из предприятий, выпускающих продукцию, не участвующую в производственных циклах, а предназначенную непосредственно для потребления.

В материальный сектор отнесены: добыча полезных ископаемых, производство и переработка полезных ископаемых; химическое производство, производство резиновых и пластмассовых изделий; производство прочих неметаллических минеральных продуктов; производство и распределение электроэнергии, газа и воды.

В фондосоздающий сектор входят: производство машин и оборудования; производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования.

В потребительском секторе участвуют: производство пищевых продуктов, включая напитки, табака, текстильное и швейное производство; производство кожи, изделий из кожи и производство обуви; обработка древесины и производство изделий из дерева; издательская и полиграфическая деятельность

Ряды фондовооруженностей секторов $k_i = \frac{K_i}{L_i}$ — в индексном выражении, это отношение индексов инвестиций, к индексам труда. В качестве такого показателя были взяты данные об индексах производства в отраслевом разрезе. Затем на основе таблицы о структуре инвестиций в отраслях, каждой отрасли был приписан весовой коэффициент, с которым в последствии она включается в соответствующий сектор трехсекторной экономики. График динамики фондовооруженностей секторов в индексах к 2015г. приведен на рис.1.

**Фондовооруженность секторов $k = K/L$
в индексах к 2015 году**

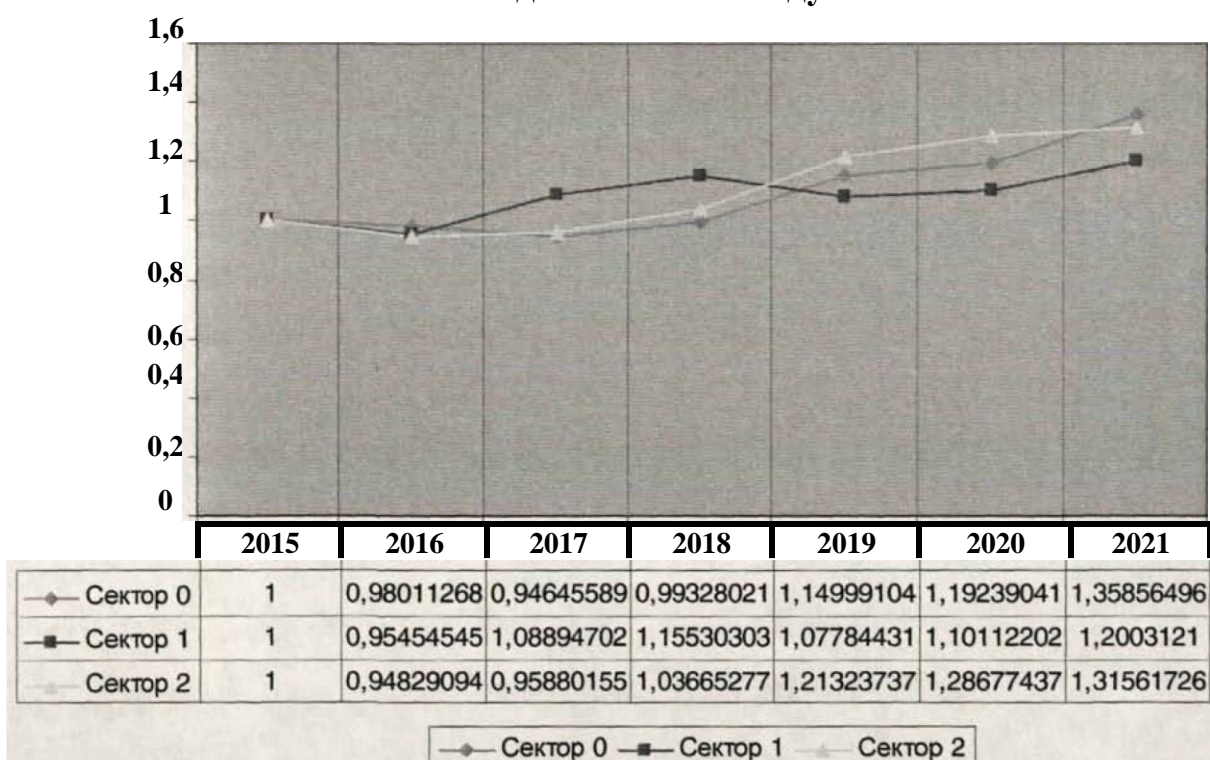


Рис. 1. График динамики фондовооруженностей секторов (в индексах к 2015г.)

С использованием этих рядов были вычислены коэффициенты эластичностей производственных функций Кобба-Дугласа, по регрессионным моделям в относительных показателях, $f_i = A_i \cdot k_i^{\alpha_i}$, где $k_i = \frac{K_i}{L_i}$ — отношение капиталовложений, к имеющимся в секторе трудовым ресурсам (если оба ряда в индексах, то их отношение тоже в индексах).

Затем руководствуясь данными о фондовооруженностях секторов в абсолютном выражении и производственных возможностях секторов (выпуске) в абсолютном выражении, были найдены коэффициенты A_i — нейтрального технологического прогресса.

Для более подробного анализа изменений фондовооруженности секторов увеличим рассматриваемый период. Приведем конечный результат обоих этапов идентификации коэффициентов Кобба-Дугласа, получившихся на основе анализа данных за рассматриваемый промежуток 2000-2021 год:

$$\begin{aligned} \text{для материального сектора } -X_0 &= 1,727 \cdot K_0^{0,57} L_0^{0,43}, \\ \text{для фондосоздающего сектора } -X_1 &= 0,48 \cdot K_1^{0,674} L_1^{0,326} \\ \text{для потребительского сектора } -X_2 &= 0,628 \cdot K_0^{0,67} L_0^{0,33}. \end{aligned} \quad (13)$$

Построенные производственные функции характеризуют сложившуюся отраслевую производительность трех агрегированных секторов экономики страны и конкретный вклад двух факторов в развитие экономики.

Далее в расчетах для моделирования оптимальных траекторий экономического роста мы будем использовать найденные коэффициенты функций Кобба-Дугласа (13).

Повторим постановку задачи оптимального сбалансированного экономического роста:

Пусть имеется модель открытой трехсекторной экономики, записанная в относительных показателях (глава 2). Заданы уравнения движения (14), а также определяющие структуру экономики соотношения (15). Эти соотношения в дальнейшем играют решающую роль при анализе траекторий роста, поскольку они, собственно, определяют ее макроструктуру.

$$\frac{dk_i}{dt} = -\lambda_i k_i + \frac{s_i}{\theta_i} (x_i + y_i), \quad i = 0, 1, 2 \quad (14)$$

$$\begin{cases} \theta_0 + \theta_1 + \theta_2 = 1 \\ s_0 + s_1 + s_2 = 1 \\ (1 - \alpha_0)\theta_0 f_0(k_0) = \alpha_1 \theta_1 f_1(k_1) + \alpha_2 \theta_2 f_2(k_2) + \frac{q_1^+}{q_0} y_1 \end{cases} \quad (15)$$

Для этих соотношений требуется максимизировать выражение дисконтированного потребления на одного занятого рабочего:

$$\max_{\theta, s, y} \int_0^{+\infty} e^{-\delta t} \theta_2(t) f_2(k_2) dt \quad (16)$$

Для решения этой задачи, составляется расширенная целевая функция - Гамильтониан системы:

$$H = e^{-\delta t}(\theta_2 f_2(k_2)) + \sum_{i=0}^2 \psi_i(-\lambda_i k_i + \frac{s_i}{\theta_i} \theta_1 f_1(k_1) (1 + \gamma_1)) \quad (17)$$

В нем каждое слагаемое отвечает за вклад в оптимизационный функционал, той или иной фазовой переменной. Сопряженные переменные $\psi_i \geq 0$ тепловые цены секторов, умножаются на прирост фондовооруженностей $\frac{dk_i}{dt}$ (по фазовым координатам k_i), и затем суммируются. На каждом этапе экономического роста часть сопряженных переменных будет обращаться в ноль и соответствующие слагаемые не будут учитываться в сумме для вычисления расширенного целевого критерия.

Кроме того, в задаче для монотонного роста (17) H – расширенного целевого критерия, дополнительно потребуется монотонный рост всех фондовооруженностей секторов $\frac{dk_i}{dt} \geq 0$, тогда с каждой новой итерацией значение целевого критерия будет больше, чем на предыдущей итерации.

Для определения оптимальных пропорций между секторами динамическую модель трехсекторной экономики необходимо привести к ее статическому аналогу. Это делается в предположении, что все сектора находятся вблизи своих стационарных состояний. В заданной постановке задачи требуется максимизировать выпуск продукции потребительского сектора, в расчете на одного занятого человека работоспособного населения.

$$J = \max_{\theta_i s_i} \theta_2 f_2(k_2^s) = \max \theta_2 A_2 \left(\frac{s_2}{\theta_2} \frac{\theta_1 (1 + \gamma_1)}{\lambda} A_1 (k_1^E)^{\alpha_1} \right)^{\alpha_2},$$

где θ_i – доля i – го сектора в распределении трудовых ресурсов, s_i – доля i – го сектора в распределении инвестиций, λ – параметр износа фондов, с учетом роста населения, и устаревания капитала, f_i – производственная функция i – го сектора, γ_1 – квота на ввоз инвестиционных товаров.

В качестве производственных функций секторов были взяты функции Кобба -Дугласа рассчитанные автором на данных 2000-2021 годов:

- для материального сектора $f_0 = 1,727 \cdot k_0^{0,57}$;
- для фондосоздающего сектора $f_1 = 0,48 \cdot k_1^{0,674}$;
- для потребительского сектора $f_2 = 0,628 \cdot k_2^{0,67}$.

Коэффициенты эластичностей секторов α_i , а также коэффициенты нейтрального технологического прогресса A_i , на основе данных 2000-2021 года:

$$\begin{aligned} \alpha_0 &= 0,57, & A_0 &= 1,727, \\ \alpha_1 &= 0,674, & A_1 &= 0,48, \\ \alpha_2 &= 0,669, & A_2 &= 0,628. \end{aligned}$$

В качестве коэффициентов $B_i = \frac{A_i}{\lambda^{\alpha_i}}$, где $\lambda = \mu + \nu = 0,05$ – коэффициент износа фондов по секторам, с учетом физического устаревания фондов и прироста населения. Во всех секторах для простоты считаем его одним и тем же:

$$B_0 = \frac{1,727}{0,05^{0,57}} = 9,525; \quad B_1 = \frac{0,48}{0,05^{0,674}} = 3,615; \quad B_2 = \frac{0,628}{0,05^{0,67}} = 4,659.$$

После чего по формулам для D_i (15),(16),(17) находим постоянные параметры материального баланса:

$$D_0 = 3,188; \quad D_1 = 0,31; \quad D_2 = 0,209$$

Далее прямым счетом по формуле (17) получаем $\theta_0(s_0)$:

$$\theta_0(s_0) = \frac{1}{1 + \frac{s_0^{1,325}}{[0,097 \cdot (1 - s_0)^{0,89} + 0,066 \cdot (1 - s_0)^{0,874}]^{2,325}}}$$

С помощью формулы (5.23) максимизируем выражение:

$$h(s_0) = [(1 - \theta_0(s_0))(1 - s_0)^{\frac{\alpha_2}{1-\alpha_1}}] = [(1 - \theta_0(s_0)) \cdot (1 - s_0)^{2,052}]$$

Все предыдущие выражения вычисляется с помощью электронных таблиц типа Microsoft Excel с малым шагом дискретности по s_0 . Затем находится максимум выражения $h(s_0)$. Данные расчетов целевой функции $h(s_0)$ занесены в табл.2.

Таблица 2. Значения целевой функции $h(s_0)$

s_0	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11
$h(s_0)$	0,529	0,572	0,603	0,623	0,636	0,6441	0,6475
s_0	0,12	0,13	0,14	0,2	0,3	0,4	
$h(s_0)$	0,6476	0,6449	0,6402	0,5865	0,4648	0,3446	

Максимум достигается при значении $s_0^* = 0,12$. Затем находится $\theta_0^* = 0,158$ и определяются доли остальных секторов:

$$\begin{aligned} \theta_1^* &= \alpha_2(1 - \theta_0); \quad s_1^* = \alpha_2(1 - s_0) \\ \theta_2^* &= (1 - \alpha_2)(1 - \theta_0); \quad s_2^* = (1 - \alpha_2)(1 - s_0) \end{aligned}$$

Используя эти формулы легко находим:

$$s_1^* = \alpha_2(1 - s_0) = 0,669 \cdot 0,88 = 0,588.$$

$$s_2^* = (1 - \alpha_2)(1 - s_0) = 0,331 \cdot 0,88 = 0,291.$$

$$\theta_1^* = \alpha_2(1 - \theta_0) = 0,699 \cdot 0,842 = 0,5632.$$

$$\theta_2^* = (1 - \alpha_2)(1 - \theta_0) = 0,331 \cdot 0,842 = 0,279.$$

Итак, вычислено оптимальное разбиение по секторам труда и инвестиций:

$$\begin{aligned} s_0^* &= 0,12; \quad s_1^* = 0,588; \quad s_2^* = 0,291. \\ \theta_0^* &= 0,158; \quad \theta_1^* = 0,5632; \quad \theta_2^* = 0,279. \end{aligned}$$

Фактически, это оптимальные пропорции между секторами, которые должны установиться к моменту перехода трехсекторной экономики в свое стационарное положение.

Моделируя в системе Excel, находим, что общее время переходного процесса составляет $t^* = 14$. Причем соотношение между этапами, примерно равно: 0,416 к 0,584. Т.е. первый этап занимает 8 лет, а второй следующий за ним 6.

Таким образом, посредством предложенного механизма сначала будет устранена отраслевая диспропорция в материальном секторе и развит фондосоздающий сектор. Этот этап длится примерно 6 лет. А затем, еще через 4 лет своих оптимальных значений достигнут фондовооруженности потребительского сектора (на втором этапе). Причем рост фондовооруженности будет существенным, в соответствии с выше оговоренными пропорциями.

Все это произойдет благодаря использованию оптимальной структурной политики. Сектора при этом будут расти сбалансировано и в заключительный момент переходного процесса ресурсы будут распределены в соответствии с оптимальными золотыми пропорциями. А сектора достигнут при этом стационарных значений фондовооруженностей: $k_0^* = 146,6$, $k_1^* = 221,7$, $k_2^* = 251,6$.

К этим значениям будут стремиться значения фондовооруженности в течении происходящих переходных процессов. Значительно отличающихся от своих начальных: $k_0^0 = 43,22$, $k_1^0 = 14,7$, $k_2^0 = 27,5$.

1. Ускоренный этап экономического роста

Исходя из теоретических соображений, изложенных во второй главе, приоритетное значение на первом этапе оптимальной траектории экономического роста отводится фондосоздающему (первому) сектору. С математической точки зрения это обуславливается тем, что монотонный рост всех трех секторов возможен при следующем раскладе на скорости роста фондовооруженностей:

$$\frac{dk_0}{dt} = 0, \quad \frac{dk_1}{dt} > 0, \quad \frac{dk_2}{dt} = 0.$$

Т.е. растет только первый сектор, а материальный и потребительский стационарны.

Вариант структурной политики на первом этапе экономического роста приведен в табл.3 и на рис. 2

Таблица 3. Структурная политика на первом этапе роста

	200	20	2	20	201	2	20	2	
	0,65	0,	0	0,4	0,33	0,	0,	0	
	0,12	0,	0	0,4	0,49	0,	0,	0	
	0,23	0,	0	0,1	0,18	0,	0,	0	

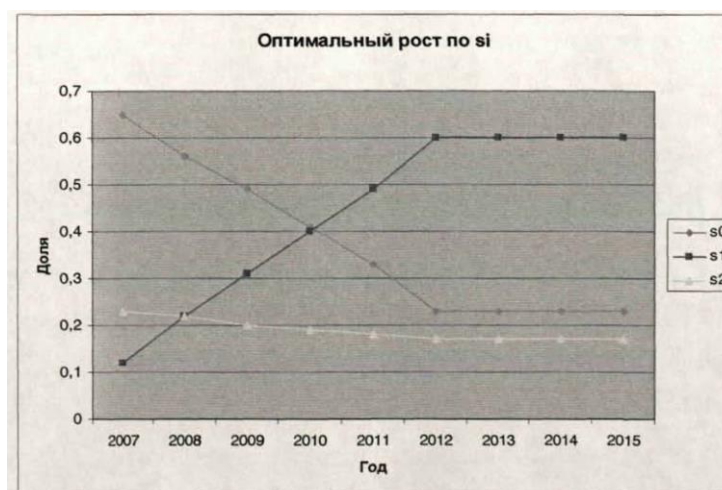


Рис. 2. Установка оптимальных параметров распределения инвестиций на первом этапе роста

При начальных значениях: $k_0^0 = 43,22$, $k_1^0 = 14,7$, $k_2^0 = 27,5$. Т.е. на первом этапе развиваем первый сектор (фондосоздающий), а материальный и потребительский переводим на новые значения.

2. Этап замедленного роста

Итак, на втором этапе (замедленного роста) нужно поддержать долю s , сектора на новом оптимальном значении $s_1 = 0,234$, которое отличается от прежнего $\bar{s}_1 = 0,6$ на первом этапе. Это делается только для того, чтобы поддерживать сектор на достигнутом стационарном состоянии k_1^* . А с помощью освободившихся ресурсов наращивать долю в инвестициях у потребительского и материального сектора.

На этом этапе доля трудовых ресурсов первого сектора все еще поддерживается на максимальном уровне. $\theta_1^* = \bar{\theta}_1$. После второго переключения к инвестиционным ресурсам присоединяются и трудовые.

3. Заключительный этап роста

На третьем этапе, будет выполняться соотношение $\frac{dk_2}{dt} > 0$, при ранее достигнутом стационарном состоянии первого сектора $\frac{dk_1}{dt} = 0$. Кроме того, на этом этапе, произойдет переключение по труду, и установится окончательное оптимальное значение для первого сектора $\theta_1^* = \bar{\theta}_1$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам диссертационного исследования получены следующие результаты, обладающие научной новизной:

– Доказано, что, взаимодействие структурно-функциональных связей показывает, что, на различных этапах развития каждая из них поочередно играет доминирующую роль и наблюдается соответствие структуры и функции и наличие в макроэкономических системах. Развитие макроэкономических систем необходимо рассматривать как последовательность определенных структурных изменений.

– Развитие экономической системы есть результат определенных структурных изменений и структурно - функциональных взаимодействий, то есть макроэкономическое развитие является результатом последовательности определенных структурных изменений.

– Исследовано и предложено понятие двуединства структурно-функционального развития, что позволило разработать адекватную математическую модель учитывающие структурные изменения и сдвиги рассматривать как автономные процессы внутри экономических систем, создала возможности построения динамических моделей структурных изменений и экономического роста.

– Обоснован новый подход и методологические приемы в части математического моделирования на основе многофакторных производственных функций постоянной эластичности замены (CES) в место производственных функций Кобба - Дугласа, для анализа воздействия структурных механизмов на процессы экономического роста.

– Разработан концептуальный подход к рассмотрению экономических систем как нелинейных, недетерминированных и неравновесных образований, для которых присущи явления неравномерности и стохастичности.

– Построена система математических моделей, позволяющая обеспечить фундаментальное исследование структурных изменений, оценить направленность и качество структурных сдвигов, а также получить конкретные числовые параметры структурных изменений отраслевого и технологического характера, с целью достижения структурной сбалансированности на макроэкономическом уровне.

– Обоснована применение трехсекторной математической модели на основе многофакторных производственных функций постоянной эластичности замены (CES) для анализа развития экономических систем КР, согласно которой качество экономического роста определяется прежде всего через его структуру, а темпы экономического роста напрямую зависят от характера структурных изменений;

– Проведена адаптация и верификация разработанных в математических моделях оценки структурных сдвигов, что позволило определить тесноту реальной взаимосвязи между структурными и функциональными характеристиками экономики, а также предложить практические рекомендации по достижению структурной сбалансированности макроэкономических систем.

– Разработаны математические модели показывающие, что, темпы экономического роста непосредственно связаны со структурными характеристиками экономической системы в целом.

– Построенные математические модели и сформированные методические подходы и позволяют разработать системы моделей структурных сдвигов для принятия решений по сбалансированному росту экономики страны.

– Предложен новый класс нелинейных математических моделей на основе производственных функций переменной эластичностью замены (VES) взаимосвязи структурных изменений и экономического роста.

– Полученные результаты в ходе исследований, могут быть использованы при разработке и совершенствовании методологии макроэкономического планирования и управления, при формировании республиканских и региональных программ экономического и технологического характера. Реализация предложенных подходов моделирования структурных изменений должна содействовать качественному улучшению структурной сбалансированности на отраслевом и технологическом уровнях, обеспечению практической взаимосвязи между структурными изменениями и процессами экономического развития.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

Работы, опубликованные автором в сборниках трудов международных конференции и рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК и Министерство образования и науки КР.

1. Choroev K. Askarova Ch., Kultaev T. «Structural shifts in the economy and economic growth of the Kyrgyz Republic» is accepted for publication in one of the forthcoming issues of the Scientific Herald of Uzhhorod University. Series «Physics» (ISSN: 2415-8038, e-ISSN: 2786-6688)
2. Чороев, К. Анализ оптимизации структурных изменений экономики регионов на базе моделирования [Текст] / К. Чороев, Б. Б. Рысалиева, Т. К. Бусурманова // Учет и контроль. – 2022. – № 1/2. – С. 98–109.
3. Choroev, K. An econometric model for assessing structural shifts [Text] / K. Choroev // Herald of Institute Mathematics of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic. – 2022. – N 2. – P. 144–150.
4. Чороев, К. Эконометрическая модель анализа и прогноза структурных сдвигов в экономике кыргызской республики [Текст] / К. Чороев // Реформа. – 2021. – № 3 (91). – С. 29–34.
5. Чороев, К. Анализ динамики структуры экономики чуйской области Кыргызской Республики [Текст] / К. Чороев, Б. Б. Рысалиева, Э. Ю. Хусайнова // Наука и инновационные технологии. – 2021. – № 3 (20). – С. 257–263.
6. Choroev, K. Modeling economic development using production functions [Text] / K. Choroev, S. S. Kydyrmaeva, N. K. Suynaliev // Herald of Institute Mathematics of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic. – 2021. – N 1. – P. 150–156.
7. Models of overcoming structural imbalances of the economy of the Kyrgyz Republic [Text] / K. Choroev, N. K. Suynaliev, S. S. Kydyrmaeva, Ch. T. Askarova // Herald of Institute Mathematics of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic. – 2021. – N 2. – P. 95–104.
8. Choroev, K. Modeling the functioning of economic systems using production functions [Text] / K. Choroev, N. K. Suynaliev, N. A. Zhusupbaeva // Herald of Institute Mathematics of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic. – 2020. – N 1. – P. 132–138.

9. Choroev, K. Open three-sector model [Text] / K. Choroev, N. K. Suyunaliyeva
// Herald of Institute Mathematics of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic. – 2020. – N 2. – P. 118–124.
10. Моделирование структурных диспропорций экономики кыргызской республики [Текст] / Б. И. Бийбосунов, К. Чороев, Б. Р. Сабитов, Б. Д. Давлятова // Фундаментальные исслед. – 2019. – № 7. – С. 21–26.
11. Choroev, K. Problems of overcoming asymmetry in the regional development of the economy of the kyrgyz republic [Text] / K. Choroev // Актуальные проблемы экономики и менеджмента. – 2019. – Т. 1. – P. 11–14.
12. Прогнозирование структурных изменений экономики Кыргызской Республики [Текст] / К. Чороев, Н. К. Суйналиева, С. С. Кыдырмаева, Ч. Т. Аскарлова // Актуальные проблемы экономики и упр. – 2019. – № 2 (22). – С. 59–63.
13. Чороев, К. Эффективность структурных изменений экономической системы Кыргызской Республики [Текст] / К. Чороев, С. С. Кыдырмаева, Б. Б. Рысалиева // Актуальные проблемы экономики и упр. – 2019. – № 4 (24). – С. 107–111.
14. Прогнозирование структурных изменений экономики [Текст] / К. Чороев, А. Жусупбаев, М. А. Асанкулова, Н. К. Суйналиева // Вестн. ин-та математики Нац. АН Кырг. Респ. – 2019. – № 1. – С. 135–141.
15. Чороев, К. Нелинейные модели развития экономики Кыргызстана [Текст] / К. Чороев, А. Жусупбаев, М. Асанкулова // Вестн. ин-та математики Нац. АН Кырг. Респ. – 2019. – № 2. – С. 66–73.
16. Choroev K. Problems of complex economic systems optimization [Text] / K. Ch. Choroev, M. N. Irgebaeva, B. B. Rysaliev // Экономика и предпринимательство. – 2018. – № 12 (101). – P. 378–381.
17. Problems of expert system development of the investment design in agro-industrial complex of Kyrgyzstan [Text] / K. Choroev, B. R. Sabitov, A. Seitbekov, U. T. Kerimov // Экономика и предпринимательство. – 2018. – № 12 (101). – P. 414–417.
18. Чороев, К. Проблемы оптимизации экономических систем [Текст] / К. Чороев // Вестн. ин-та математики Нац. АН Кырг. Респ. – 2018. – № 1. – С. 95–102.
19. Проблемы межотраслевого моделирования развития экономики в Кыргызстане [Текст] / К. Чороев, С. К. Бийбосунова, Б. Р. Сабитов, М. М. Кожонов // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 9/3 (86). – С. 226–229.
20. Чороев, К. Математическая модель и метод определения соотношений экспорта и импорта продукции [Текст] / К. Чороев, А. Жусупбаев, М. Асанкулова
// Изв. ВУЗов Кыргызстана. – 2016. – № 5. – С. 80–82.
21. Чороев, К. Математическая модель и методы соотношений экспорта и импорта продукции [Текст] / К. Чороев, А. Жусупбаев, М. Асанкулова
// Новые технологии и инновации Кыргызстана. – 2016. – № 5. – С. 80.

22. Чороев, К. Проблемы построения межотраслевой оптимизационной модели равновесия [Текст] / К. Чороев // Проблемы оптимизации и экономические приложения. Материалы VI Междунар. конф. – 2015. – С. 164.

Чороев Калыбектин 05.13.16 – эсептөө техникасын, математикалык моделдештирүүнү жана математикалык методдорду илимий изилдөөлөрдө колдонуу (илимдин тармактары боюнча) адистиги боюнча физика – математика илимдеринин доктору окумуштуулук даражасын изденип алууга сунушталган "экономикалык системалардын түзүмдүк өзгөрүүлөрүн талдоонун математикалык моделдери жана методдору жана божомолу (Кыргыз Республикасынын мисалында)" деген темадагы диссертациясынын

РЕЗЮМЕСИ

Ачкыч сөздөр: математикалык методдор жана моделдер, түзүмдүк өзгөрүүлөр, экономикалык тутумдар, үч сектордук модель, оптималдуу башкаруу, матрицалык моделдер.

Диссертациянын темасынын актуалдуулугу. Изилдөө темасынын актуалдуулугу түзүмдүк өзгөрүүлөрдү талдоо үчүн математикалык моделдерди жана методдорду иштеп чыгуу аркылуу экономикалык процесстерге түзүмдүк өзгөрүүлөрдүн таасирин баалоо зарылдыгы менен аныкталган. Изилдөөнүн объектиси-бул түзүмдүк өзгөрүүлөр жана алардын экономикалык тутумдардын иштешине тийгизген таасири. Изилдөөнүн предмети түзүмдүк өзгөрүүлөрдү талдоо үчүн математикалык моделдерди жана методдорду иштеп чыгуу болуп саналат.

Изилдөөнүн максаты. Негизги максат өткөөл мезгилде улуттук экономиканын макроэкономикалык процесстеринин түзүмдүк өзгөрүүлөрүн

баалоо, талдоо жана моделдөө методологиясын түзүү болуп саналат, ал экономиканы өнүктүрүүнүн маселелерин чечүүгө арналган.

Изилдөөнүн негизги милдеттери болуп төмөнкүлөр саналат: - түзүмдүк өзгөрүүлөрдүн динамикасын жана түзүмдүк өзгөрүүлөрдүн жана улуттук экономиканын өсүшүнүн өз ара байланыш моделдерин изилдөөнүн математикалык моделдерин жана методдорун иштеп чыгуу; - экономикалык өнүгүү процесстерине түзүмдүк өзгөрүүлөрдүн таасирин баалоонун параметрлерин жана алардын тең салмактуу өнүгүшүнүн шарттарын аныктоо.

Диссертациялык иштин илимий жаңылыгы төмөнкүлөрдөн турат: - математикалык моделдердин жана методдордун жардамы менен экономикалык өнүгүү процесстерине түзүмдүк өзгөрүүлөрдүн таасирин системалык изилдөө жүргүзүү; - экономикалык системалардын түзүлүшүнүн негизги параметрлерин аныктоо жана алардын тең салмактуу өнүгүү шарттарын аныктоо үчүн өндүрүштүк функциялардын негизинде структуралык өзгөрүүлөрдүн жана экономикалык өсүштүн сызыктуу эмес математикалык моделдеринин жаңы классын куруу.

Практикалык мааниси жана изилдөө жыйынтыктарын ишке ашыруу. Диссертациялык изилдөөнүн материалдары жогорку окуу жайларында макроэкономикалык моделдөө маселелерин караган дисциплиналар боюнча колдонмолорду, лекциялык жана практикалык курстарды даярдоодо, ошондой эле макроэкономикалык пландаштыруу жана болжолдоо методологиясын иштеп чыгууда жана өркүндөтүүдө, экономикалык өнүгүүнүн республикалык жана региондук программаларын түзүүдө колдонулушу мүмкүн.

РЕЗЮМЕ

диссертации **Чороева Калыбека** на тему «Математические модели и методы анализа, и прогноза структурных изменений экономических систем (на примере Кыргызской Республики)» представленной на соискание ученой степени доктора физико – математических наук по специальности 05.13.16 – применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях (по отраслям науки)

Ключевые слова: математические методы и модели, структурные изменения, экономические системы, трехсекторная модель, оптимальное управление, матричные модели.

Актуальность темы диссертации. Актуальность темы исследования определена необходимостью оценки влияния структурных изменений как фактор на экономические процессы, с помощью разработки математических моделей и методов для анализа структурных изменений. Объектом исследования является структурные изменения и их влияние на функционирование экономических систем. Предметом исследования являются разработка математических моделей и методов для анализа структурных изменений.

Цель исследования. Основной целью является создание методологии оценки, анализа и моделирования структурных изменений макроэкономических процессов национальной экономики в переходном периоде, предназначенных для решения задач развития экономики.

Основными задачами исследования являются: - разработка математических моделей и методов исследования динамику структурных изменений и моделей взаимосвязи структурных изменений и роста национальной экономики; - определения параметров оценки воздействия структурных изменений на процессы экономического развития и определение условий их сбалансированного развития.

Научная новизна диссертационной работы состоит в следующем: - проведение системного исследования воздействия структурных изменений на процессы экономического развития с помощью математических моделей и методов; - построение нового класса нелинейных математических моделей взаимосвязи структурных изменений и экономического роста на основе производственных функций для определения основных параметров структуры экономических систем и определение условий их сбалансированного развития.

Практическая значимость и внедрение результатов исследований. Материалы диссертационного исследования могут быть использованы в учебном процессе высших учебных заведений при подготовке пособий, лекционных и практических курсов по дисциплинам, рассматривающих вопросы макроэкономического моделирования, также могут быть использованы при разработке и совершенствовании методологии макроэкономического планирования и прогнозирования, при формировании республиканских и региональных программ экономического развития.

SUMMARY

of **Choroev Kalybek's** dissertation on "Mathematical models and methods of analysis and forecasting of structural changes in economic systems (on the example of the Kyrgyz Republic)" submitted for the degree of Doctor of Physical and Mathematical Sciences in the specialty 05.13.16 – application of computer technology, mathematical modeling and mathematical methods in scientific research (by branches of science)

Keywords: mathematical methods and models, structural changes, economic systems, three-sector model, optimal management, matrix models.

The relevance of the thesis topic. The relevance of the research topic is determined by the need to assess the impact of structural changes as a factor on economic processes, through the development of mathematical models and methods for analyzing structural changes. The object of the study is structural changes and their impact on the functioning of economic systems. The subject of the research is the development of mathematical models and methods for analyzing structural changes.

The purpose of the study. The main goal is to create a methodology for assessing, analyzing and modeling structural changes in the macroeconomic processes of the national economy in the transition period, designed to solve the problems of economic development.

The main objectives of the research are: - development of mathematical models and methods for studying the dynamics of structural changes and models of the relationship between structural changes and the growth of the national economy; - determination of parameters for assessing the impact of structural changes on economic development processes and determining the conditions for their balanced development.

The scientific novelty of the dissertation work consists in the following: - conducting a systematic study of the impact of structural changes on the processes of economic development using mathematical models and methods; - construction of a new class of nonlinear mathematical models of the relationship between structural changes and economic growth based on production functions to determine the main parameters of the structure of economic systems and determine the conditions for their balanced development.

Practical significance and implementation of research results. The materials of the dissertation research can be used in the educational process of higher educational institutions in the preparation of manuals, lectures and practical courses in disciplines dealing with issues of macroeconomic modeling, can also be used in the development and improvement of the methodology of macroeconomic planning and forecasting, in the formation of national and regional economic development programs.

Формат 60х84 1/16. Печать офсетная.
Бумага офсетная. Объем 1,5 п. л.
Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии