

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ И. АРАБАЕВА**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИ-  
ВЕРСИТЕТ ИМЕНИ И.РАЗЗАКОВА**

**Диссертационный совет Д 05.21.640**

**На правах рукописи  
УДК 681.142.35**

**КЕРИМОВ УЛАН ТУРСУНБЕКОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МАТЕ-  
МАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗА РЕГИО-  
НАЛЬНЫХ ЭКОНОМИК КР**

Специальность: 05.13.16 – Применение вычислительной техники, ма-  
тематического моделирование и математических методов в научных иссле-  
дованиях

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

БИШКЕК - 2021

Работа выполнена на кафедре «Прикладная информатика» Кыргызского государственного университета им. И.Арабаева

Научный руководитель: Бийбосунов Болотбек Ильясович  
доктор физико-математических наук, доктор  
технических наук, профессор, зав. кафедрой  
«Прикладная информатика», Кыргызский государственный университет им. И. Арабаева

Официальные оппоненты: Султанов Райымбек Касымович  
кандидат физико-математических наук, доцент  
Кыргызско-Турецкого университета "Манас"

Ведущая организация: кафедра "Прикладная информатика" Института  
новых информационных технологий Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры

Защита состоится «24» декабря 2021 года в 16<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д.05.21.640 Кыргызского Государственного университета имени И.Арабаева, Кыргызского Государственного технического университета имени И.Раззакова по адресу: 770071. г. Бишкек, ул. Раззакова 51, КГУ им. И. Арабаева, конференц-зал.

Код вебинара: <https://vc.vak.kg/>

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках Кыргызского Государственного Университета имени И.Арабаева по адресу: 720026, г.Бишкек, ул.Раззакова, 51. Кыргызского Государственного университета технического университета имени И.Раззакова по адресу: г.Бишкек, просп.Ч.Айтматова 66 и на сайте НАК КР:<https://vak.kg>

Автореферат разослан «22» ноября 2021 года

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор технических наук. доцент

Курманбек уулу Т.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность темы диссертации.**

На современном этапе руководством страны ставится задача по всемерному развитию регионов Кыргызстана и процессов цифровизации общества, экономики и государственных органов. Как известно, в 2018 году развитие регионов было определено ключевым приоритетом государственной политики Кыргызстана. В соответствии с этим, был принят Указ Президента КР "Об объявлении 2018 года Годом развития регионов". В 2019 году в нашей стране был продолжен курс на развитие регионов, с учетом того, что цифровые технологии являются важным фактором улучшения качества жизни населения и поэтому 2019 год Указом Президента КР был объявлен «Годом развития регионов и цифровизации страны». В 2020 году курс на развитие регионов также был продолжен и Указом Президента КР этот год был объявлен «Годом развития регионов, цифровизации страны и поддержки детей».

В 2017 году Постановлением Правительства КР была утверждена «Концепция региональной политики Кыргызской Республики на период 2018-2022 годов». Основные цели и задачи данной Концепции связаны с формированием базисной конструкции для подготовки детализированных программ развития конкретных регионов и населенных пунктов на среднесрочный период и в долгосрочной перспективе. В Концепции обозначена и главная цель региональной политики - обеспечение ускоренного социально-экономического развития регионов республики для повышения благосостояния и качества жизни населения через поддержку развития опорных территорий, включающих в себя центры развития и соответствующие айылные аймаки.

Как известно, в современных условиях применение математических методов и моделей, информационных систем и технологий в экономических задачах относится к важным и актуальным научно-теоретическим и прикладным областям научного поиска.

Таким образом, исследование социально-экономических систем регионов Кыргызстана, применение методов математического моделирования, разработка новых компьютерных технологий и информационных систем являются актуальными и важными научно-теоретическими и научно-практическими задачами.

### **Связь темы диссертации с крупными научными программами, основными научно-исследовательскими работами.**

Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ кафедры «Прикладная информатика» КГУ им. И. Арабаева. Основные результаты диссертации получены в ходе выполнения Государственных программ, включенных в приоритетные научные направления и финансируемых Министерством образования и науки КР:

1. НИР «Моделирование и построение социально-экономических профилей регионов Кыргызстана методами экономической кибернетики» (сроки выполнения: 2009-2010 гг.).
2. НИР «Эконометрическое исследование и прогнозирование региональных экономик Кыргызстана» (сроки выполнения: 2012 г.).
3. НИР «Разработка методов моделирования и компьютерной системы для макроэкономического анализа и прогноза региональных экономик КР» (сроки выполнения: 2013-2014 гг.).
4. НИР «Разработка и создание новых информационных технологий и интеллектуальной экспертной системы для сферы АПК КР» (сроки выполнения: 2017- 2018 гг.).
5. НИР «Моделирование и прогнозирование в сфере АПК КР с применением интеллектуальных систем, Python технологий и нейронных сетей» (сроки выполнения: 2019-2021 гг.).

### **Цели и задачи исследования.**

Основной целью работы является исследование региональных экономик КР на основе математического моделирования и машинного обучения с применением информационных технологий, и систем.

Основные задачи диссертационного исследования:

- разработать экономико-математические модели для анализа регионов КР;
- для прогнозирования основных макроэкономических показателей регионов построить прогнозные модели на основе теории и методов эконометрики;
- разработать информационные и веб-технологии для регионов КР;
- для прогнозирования региональных экономик применить машинное обучение и построить модели и алгоритмы машинного обучения с учителем.

### **Научная новизна полученных результатов.**

- Предложены математические модели для исследования и анализа основных макроэкономических показателей регионов КР (модель годового выпуска продукции региона; модель экономического развития региона; модель основных ресурсов региона; модель экономического роста региона; модель Марковица для инвестиций в регионы; модель для оптимального управления региональной экономикой).

- Построено более 100 прогнозных моделей для валового регионального продукта, объемов промышленной и сельхоз продукции областей КР на основе методов эконометрического анализа, линейного и нелинейного регрессионного анализа.

- Разработана информационная технология и информационная система «Регионы КР», специализированный веб – сайт и базы данных.

- Впервые на основе методов машинного обучения построены модели, алгоритмы, компьютерные приложения на языке Python с использованием математических библиотек и визуализации данных для прогнозирования ВРП областей КР и г. Бишкек.

- Создан математический аппарат, программный инструментарий, алгоритмы и программы для решения задач прогнозирования региональных экономик, которые в силу своей универсальности могут быть применены в других прикладных экономических задачах.

### **Практическая значимость полученных результатов.**

Основные результаты кандидатской диссертации имеют практическую ценность.

Такие результаты, как компьютерные приложения, информационные системы и технологии, разработанные веб-сайты и базы данных, математическое обеспечение в виде математических моделей и методов, полноценно функционируют и доступны для заинтересованных пользователей.

Программный инструментарий, который был применен в кандидатской диссертации и включающий в себя современные языки программирования, веб-редакторы и веб-технологии, а также методы математического моделирования в прикладных экономических задачах внедрены в учебный процесс КГУ им. И. Арабаева, что подтверждается соответствующим актом внедрения.

### **Основные положения диссертации, выносимые на защиту.**

1. Информационная система «Регионы КР», веб-технологии, специализированный веб-сайт с базами данных для анализа и прогнозирования экономик регионов КР.

2. Математические методы и экономико-математические модели, линейные и нелинейные эконометрические модели для анализа и прогнозирования экономических систем областей КР.

3. Методы и модели машинного обучения, математический и программный инструментарий для решения задач по прогнозированию региональных экономик.

### **Экономическая значимость полученных результатов.**

Экономическая значимость полученных результатов заключается в разработанных в диссертации информационных технологий и систем, использованием представленных математических моделей и методов, моделей и алгоритмов машинного обучения в процессе принятия управленческих решений для развития региональных экономик КР.

**Личный вклад диссертанта** состоит в проведении самостоятельных исследований, в получении научных результатов, их анализе и формулировании основных выводов. Формулировка общей цели работы, постановка научно-практических задач, общая методология исследования принадлежат научному руководителю профессору Б.И. Бийбосунову.

**Апробация диссертационной работы.**

Основные результаты работы докладывались и обсуждались на следующих научных семинарах и конференциях:

- Международная научная конференция «Актуальные проблемы развития техники и технологий», посвященная 80-летию проф. К.Д. Джаманкулова, г. Бишкек, 2015 г.

- Международная научно - методическая конференция «Технология обучения физики, математики, информатики по новому стандарту и актуальные задачи прикладной информатики», посвященная памяти проф. Р. Усубакунова, Бишкек, 2016 г.

- Международная научная конференция «Современные проблемы обучения физики, математики, информатики и актуальные задачи прикладной информатики», Бишкек, 2017 г.

- IV Международная научная конференция, посвященная 90-летию профессора Р. Усубакунова, Бишкек, 2019 г.

- Международная научная онлайн конференция «Инновационное развитие образования, наукоемких производств и альтернативные источники энергии», посвященная 70-летию проф. А.К. Ершиной, Алматы, 2020 г.

- Международная межвузовская научно-практическая конференция «Инновационные технологии и передовые решения», Бишкек, 2021 г.

- Международная научная конференция «Математика и естественные науки», Бишкек, 2021 г.

**Полнота публикации результатов.** Результаты исследований и положения, отражающие основное содержание диссертационной работы, опубликованы в 10 научных работах.

**Структура диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, выводов, общим объемом 136 страниц, содержит 45 рисунков, 6 таблиц и 95 наименований списка использованных источников, а также приложений, содержащих иллюстративный материал и программные коды.

Автор выражает глубокую признательность научному руководителю профессору Б. И. Бийбосунову за совместную научную работу, а также членам кафедры «Прикладная информатика» КГУ им. И. Арабаева за ценные советы при работе над диссертацией и обсуждении результатов исследований.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность исследуемой проблемы, сформулированы цель и задачи диссертационного исследования, научная новизна и практическая ценность полученных результатов, показаны основные положения, выносимые на защиту. Приведены сведения об апробации работы и ее связи с государственными научно-техническими программами, дается информация о числе публикаций и структуре диссертации.

**Первая глава «Обзор литературы и предметной области»** содержит краткий обзор научной литературы и предметной области.

Изложен краткий анализ основных проблем исследования региональных экономик.

Представлен анализ современного состояния регионов КР и основных государственных программ по развитию регионов страны и процессов цифровизации.

Наша экономика, как система транзитного типа, относится к наименее изученному классу задач в современной экономической теории.

Анализ научной литературы, посвященной экономике Кыргызстана и его регионам, показывает практическое отсутствие математических моделей, методов математической экономики и информационных технологий и систем.

К сожалению, в Кыргызстане, в отечественной экономической науке математическая модель является довольно редким явлением. Как показывает беглое знакомство с периодическими научными изданиями, большинство экономических публикаций относится к разряду «не математизированных» работ, а количество «математизированных» публикаций составляет явное меньшинство.

Настоящее исследование предполагает широкое применение методов математического моделирования в сочетании с современными информационными системами и технологиями.

**Вторая глава «Методология и методы исследования».** Во второй главе подробно рассмотрены основные или базовые теоретические и методологические представления, лежащие в объяснении основных тенденций экономического развития регионов.

Важное место в методологии и методах региональной экономики занимают методы экономико-математического моделирования. Они включают в себя моделирование по отраслям экономики региона, моделирование по территории региона, моделирование создания, развития, функционирования хозяйственных комплексов региона и т.д.

Методы ЭММ с учетом современных информационных технологий и компьютерных средств позволяют обрабатывать огромный и разнообразный статистический материал, всевозможные массивы исходных данных, которые характеризуют экономику региона, уровень развития, структуру и особенности социально-экономической системы региона.

Искусственный интеллект, машинное обучение, глубокое машинное обучение и нейронные сети представляют собой передовые технологии.

Для построения методов машинного обучения используются средства математической статистики, численных методов, математического анализа, методов оптимизации, теории вероятностей, теории графов и т.д.

Для анализа и прогноза региональных экономик на современном научном уровне необходимо применение методов ЭММ, эконометрики и регионометрики, информационных технологий и систем, а также новейших методов машинного обучения.

**Третья глава «Математическое моделирование и информационные технологии для регионов КР».**

В первом параграфе «Информационные технологии для регионов КР» предлагается информационная система для анализа и прогноза региональных экономик в Кыргызстане. Данная система содержит базу данных, экономико-математические модели, численные методы и вычислительные алгоритмы, прикладные программы и дополнительные сервисные подсистемы и функции. Разработка данной информационной системы базируется на системном подходе и на информационно-логической модели анализа и прогноза региональных экономик.

На рис. 3.1 показаны основы информационного моделирования региональных экономик. На рисунке 3.2 приведена структура предлагаемой информационной системы, которая представляет собой информационно-вычислительный комплекс, состоящий из отдельных модулей или блоков. Как видно из рисунка, информационная система содержит четыре основных блока, которые могут при необходимости видоизменяться, дополняться и модернизироваться.



Рис. 3.1 Информационные модели регионов КР.



Рис. 3.2 Основные блоки информационной системы.

Разрабатываемая информационная система должна ориентироваться на решение следующих задач:

- обеспечивать получение общих и/или детализированных отчетов по итогам работы;
- позволять легко определять тенденции изменения важнейших показателей;
- обеспечивать получение информации, критической по времени, без существенных задержек;
- выполнять точный и полный анализ данных.

При определении и выборе основных программных средств учитывалось состояние отечественного рынка аппаратных и программных продуктов и его состояние в отдельных регионах КР.

Для практической реализации результатов необходимо создать соответствующий веб-сайт «Регионы КР», посредством которого будут предоставляться необходимые информационные услуги по социально-экономическому состоянию регионов, освещаться результаты экономико-математического моделирования, системного анализа региональных экономик и прогнозирования основных экономических показателей и индикаторов.

Итак, ставится задача разработать интернет-портал по регионам Кыргызстана. Основная цель заключается в том, чтобы данный сайт отражал, во-первых, экономическое состояние всех регионов КР: Чуйская область, Ошская, Джалал-Абадская, Иссык-кульская, Нарынская, Таласская и Баткенская области, а также г. Бишкек.

Во-вторых, на сайте должна размещаться информация о социальном и экономическом положении вышеприведенных регионов.

В-третьих, необходимо отразить портреты регионов: дополнительные сведения о населении, его количественный и национальный состав, административное деление регионов, система образования, состояние бизнеса (количество хозяйствующих субъектов) и т.д.

В дальнейшей перспективе интернет-сайт будет содержать не только информативные ресурсы, а также конкретные специализированные базы данных по экономике регионов, социальному состоянию, по основным отраслям, по малому и среднему бизнесу, а также базы данных по отдельным рынкам КР: рынок труда, рынок туризма, по научно-образовательной сфере.

Таким образом, создана новая версия веб-сайта «Регионы КР» средствами веб-редактора WordPress. Данный сайт получил домен, организован хостинг.

Ниже приведены рисунки веб-сайта и интерфейс ИС «Регионы КР».

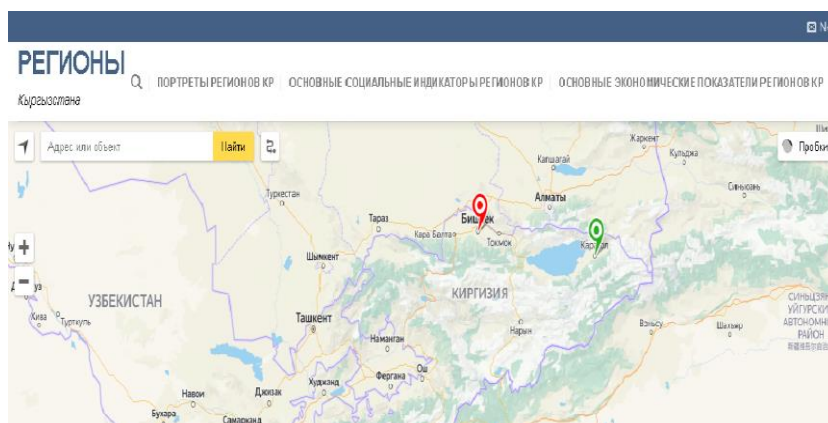


Рис. 3.3 Скриншот веб-сайта «Регионы КР».



Рис. 3.4 Скриншот интерфейса ИС «Регионы КР».

В завершении темы отметим, что для активизации и полноценного функционирования организован хостинг сайта через интернет-провайдера. Кроме того, веб-сайт организован таким образом, что администратор сайта имеет возможность подключения всех необходимых баз данных для регионов путем организации элементарных ссылок на БД.

## Второй параграф «Экономико-математические модели для регионов КР».



В данном разделе развиваются идеи системного подхода для анализа экономики регионов, рассматриваются экономико-математические модели, численные методы и алгоритмы, информационные технологии и системы.

Как известно, с точки зрения назначения, можно выделить описательные модели и модели принятия решения. Описательные модели отражают содержание и основные свойства экономических объектов как таковых. С их помощью вычисляются числовые значения экономических факторов и основных показателей.

Таким образом, появляется возможность для проведения детального количественного анализа модели, возможность предсказать, как поведет себя исследуемый процесс или объект в различных условиях. Наконец, на этой основе возможна выработка рекомендаций для выбора наилучших вариантов решения проблемы.

Сложность экономических систем обуславливает тот факт, что универсальных методов построения математических моделей в экономике не существует. Поэтому можно вести речь только лишь о некоторых общих принципах и требованиях к таким моделям.

Приведем процесс математического моделирования региональных экономик в виде макроэкономических моделей.

#### *Разработка модели годового выпуска продукции региона*

Итак, один выбранный экономический регион КР (область) производит  $n$  видов продуктов, исключительно за счет своих производственных мощностей, которые реализуются преимущественно внутри данного региона или для населения данного региона. Сделаем следующие предположения и предпосылки: во-первых, считается, что регион располагает определенными отработанными технологическими процессами, во-вторых, считается, что спрос населения данного региона на эти товары известен или изучен.

Ставится следующая основная цель. Необходимо определить годовой объем выпуска продуктов в данном регионе, с учетом того, что этот объем должен обеспечить как конечное, так и производственное потребление.

Считается, что известны, во-первых, виды продуктов, производимых в данном регионе; во-вторых, задан спрос на данные продукты; в-третьих, имеются отработанные технологические процессы для выпуска продукции в данном регионе. Таким образом, ставится задача по определению объемов выпуска каждого вида продукта в заданном конкретном регионе.

При такой постановке задачи, исследуется весь спектр секторов и отраслей экономики данного региона (промышленность, сельское хозяйство, торговля, сфера услуг и т.д.).

Для математической модели региона вводятся следующие обозначения:

$c_i$  - спрос населения на  $i$ -й продукт ( $i=1, \dots, n$ );

$a_{ij}$  - количество  $i$ -го продукта, необходимое для выпуска единицы  $j$ -го продукта по данной технологии ( $i=1, \dots, n$ ;  $j=1, \dots, n$ );

Обозначим теперь неизвестные величины в макроэкономической модели региона:

$x_i$  - объем выпуска  $i$ -го продукта ( $i=1, \dots, n$ );

Совокупность  $c = (c_1, \dots, c_n)$  называется, как известно, вектором спроса, числа  $a_{ij}$  - технологическими коэффициентами, а совокупность  $x = (x_1, \dots, x_n)$  - будет вектором выпуска.

По условию постановки задачи вектор  $x$  распределяется на две части: на конечное потребление (вектор  $c$ ) и на воспроизводство (вектор  $x - c$ ).

Сначала вычисляется часть вектора выпуска  $x$ , которая идет на воспроизводство. В силу принятых нами обозначений, для производства  $x_j$  количества  $j$ -го товара идет  $a_{ij} \cdot x_j$  количества  $i$ -го товара. Тогда сумма:

$$a_{i1} \cdot x_1 + \dots + a_{in} \cdot x_n \quad (3.1)$$

показывает ту величину  $i$ -го товара, которая необходима в регионе для всего выпуска  $x = (x_1, \dots, x_n)$ .

Следовательно, должно выполняться равенство:

$$X_i - c_i = a_{i1} \cdot X_1 + \dots + a_{in} \cdot X_n \quad (3.2)$$

Теперь, распространяя данные рассуждения на все виды продуктов, выпускаемых в данном регионе, получим следующую искомую макроэкономическую модель:

$$\begin{aligned} \mathbf{X}_1 - \mathbf{C}_1 &= \mathbf{a}_{11} \bullet \mathbf{X}_1 + \dots + \mathbf{a}_{1n} \bullet \mathbf{X}_n \\ \mathbf{X}_2 - \mathbf{C}_2 &= \mathbf{a}_{21} \bullet \mathbf{X}_1 + \dots + \mathbf{a}_{2n} \bullet \mathbf{X}_n \\ &\vdots \\ \mathbf{X}_n - \mathbf{C}_n &= \mathbf{a}_{n1} \bullet \mathbf{X}_1 + \dots + \mathbf{a}_{nn} \bullet \mathbf{X}_n \end{aligned} \quad (3.3)$$

Решая эту систему (3.3) из  $n$  линейных уравнений относительно неизвестных  $x_1, \dots, x_n$  мы найдем требуемый вектор выпуска продукции региона.

Для того, чтобы привести данную модель к более компактной векторной форме, введем обозначения:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (3.4)$$

Полученная квадратная матрица  $A$  ( $n \times n$ ) - называется, как известно, технологической матрицей. Таким образом, полученную нашу модель теперь можно будет записать в следующем виде:

$$X - c = Ax$$

ИЛИ

$$\mathbf{X} - \mathbf{A}\mathbf{x} = \mathbf{c} \quad (3.5)$$

Итак, построена макроэкономическая модель экономики конкретного региона. Как известно, данную модель можно отнести к типу экономических моделей «затраты – выпуск». Для решения модели применяются известные матричные методы решения.

## Разработка модели экономического развития региона

Рассмотрим задачу построения модели экономического развития региона или экономического агента, при условиях, что содержатся все существенные компоненты описания таких проблем: ограниченность возможностей производителей, полезность, извлекаемую из потребления, динамику мощностей, производства, цен и объемов инвестиций и потребления.

Допустим, что в начальный момент времени имеется стартовый запас продукта  $S_0$  (начальный капитал) и по истечении определенного времени  $T$  (горизонта планирования) требуется достижение заданного объема производства  $S_T$ .

Функционирование экономической системы региона во времени можно представить в виде цепочки действий. Способом управления развитием этого региона являются пропорции между потреблением и инвестированием в каждый деловой цикл работы системы. При этом, для формализации нашей экономико-математической модели необходимо ввести переменные модели и другие составляющие элементы, приведенные в таблице 3.1.

Известно, что производственная функция  $f(x)$  определяет количество продукта, произведенного в следующем цикле производства, если на предыдущем в производство инвестировано  $x$  единиц продукта. Для простоты мы предполагаем отсутствие экзогенного технического прогресса, т.е. считаем производственную функцию  $f(x)$  независимой от вре-

мени. В тоже время мы знаем, что функция полезности  $u(c)$  описывает удовлетворение, связанное с потреблением с единиц продукта. Как известно из теории, определение таких функций и само их существование представляет предмет самостоятельного исследования и изучается в рамках так называемой теории полезности.

На основе вышеизложенного, модельные соотношения, связывающие между собой различные переменные модели, имеют вид:

$$C_0 + X_0 = S_0, \quad (3.6)$$

$$c_t + x_t = f(x_{t-1}), t = 1, 2, \dots, T \quad (3.7)$$

$$f(x, T) = S_T. \quad (3.8)$$

Здесь уравнение (3.6) описывает возможности выбора в начальный момент времени. В свою очередь уравнение (3.8) устанавливает условия на конечное состояние экономической системы. Наконец, уравнения (3.7) описывают динамику ее функционирования, которая сводится к распределению произведенного к моменту  $t$  количества продукта  $f(x, t-1)$  на потребление  $c_t$  и инвестиции  $x_t$  в будущее производство.

Тогда качество принятой политики можно характеризовать следующей функцией общей полезности, потребленной за период планирования:

$$J(\langle x \rangle, \langle c \rangle) = u(c_t), \quad p_t \geq 0, t = 0, 1, 2 \quad (3.9)$$

Таблица 3.1 Переменные и составляющие элементы модели

$T$	горизонт планирования $t = 1, 2, \dots$
$x_t$	инвестиции в момент времени $t$
$c_t$	потребление в момент времени $t$
$\langle x \rangle = \{x_t, t = 1, 2, \dots\}$	план, программа инвестиций
$\langle c \rangle = \{c_t, t = 1, 2, \dots\}$	план, программа потребления
$f(x)$	производственная функция
$u(c)$	функция полезности
$S_0$	начальный запас продукта
$S_T$	конечный запас продукта

#### *Моделирование основных ресурсов регионов.*

Пусть имеется некоторая сумма финансовых средств  $X$ , которую нужно разделить между двумя регионами Кыргызстана. При этом известен годовой доход каждого региона при вложении в этот регион какого-то количества средств, например, показателем может выступать функция ВРП региона.

Пусть при вложении в первую отрасль количество финансовых средств, равное  $X$ , мы получаем годовой доход, равный  $D_1(X)$ , а в случае вложения во вторую отрасль финансовых средств, получаем годовой доход, равный  $D_2(Y)$ . При этом мы допускаем, что не все средства, вложенные в любую из этих отраслей, используются до конца.

Допустим, что  $R_1(X)$  – остаток на конец года при инвестировании средств в первую отрасль, а  $R_2(Y)$  – при инвестировании средств во вторую отрасль.

Требуется так управлять распределением средств в обе отрасли, чтобы за  $N$  лет суммарный доход от обеих отраслей был бы максимальным. Мы допускаем, что в начале каждого года (кроме первого) между отраслями происходит перераспределение суммы средств, оставшихся от предыдущего года.

Пусть  $X_i$  и  $Y_i$  – это средства, которые вкладываются в первую и вторую отрасль в начале  $i$ -го года, и  $S_i$  – остаток средств на конец  $i$ -го года, где  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Тогда

$$S_i = R_1 (X_i) + R_2 (Y_i) \quad (3.10)$$

$$S_{i-1} = X_i + Y_i \quad (3.11)$$

Следовательно

$$S_i = R_1 (X_i) + R_2 (S_{i-1} - X_i).$$

Суммарный доход за  $n$  лет запишется следующим образом:

$$F(X_1, X_2, \dots, X_n, Y_1, Y_2, \dots, Y_n) = \sum (D_1(X) + D_2(Y)) \rightarrow \max \quad (3.12)$$

При этом должны выполняться следующие условия ограничения:

$$X_1 + Y_1 = S_0$$

$$X_2 + Y_2 = S_1$$

$$X_3 + Y_3 = S_2$$

$$\dots\dots\dots$$

$$X_n + Y_n = S_{n-1} \quad (3.13)$$

В результате мы получим решение наилучшего распределения финансовых ресурсов между выбранными регионами.

*Модель экономического роста региона.*

Как известно из экономической теории, экономическое развитие характеризуют некоторые ключевые параметры, например, темп роста выпуска продукции, или темп роста и уровень потребления. Считается, что средний уровень жизни населения региона прямо связан с уровнем потребления. Таким образом, предполагается, что развитие экономической деятельности региона объясняется только тремя следующими причинами: 1) увеличение экономически активного населения; 2) увеличения имеющегося капитала; 3) развитие техники и рост производительности труда.

Опишем теперь параметры исходной задачи. Через  $K(t)$  обозначим потенциал или капитал региона. Экономически активное население примем за  $L(t)$ . Потребление региона обозначим  $C(t)$ , инвестиции примем  $I(t)$ , выпуск продукции региона  $Y(t)$ , состояние технологии  $T(t)$ . В рассматриваемой модели экономический рост будет связан с нормой накопления  $s(t)$ . Тогда в сделанных предположениях математическая модель экономического роста региона запишется в виде:

$$\begin{aligned} L &= L_0 e^{nt} ; \quad Y = e^{\beta t} L^\alpha K^{1-\alpha} ; \quad \dot{K} = I - \lambda K ; \\ Y &= C + I ; \quad I = s \cdot Y ; \quad \lambda = \mu \text{ или } \lambda = \mu + \beta / (1 - \alpha) \end{aligned} \quad (3.14)$$

Экономический смысл модели состоит в следующем: первое соотношение есть условие полной занятости  $L$ . Второе выражение обозначает производственную функцию выпуска продукции  $Y$ . Третье соотношение описывает поведение инвестиций  $I$  в регионе. Четвертое уравнение выражает использование продукции на потребление  $C$  и инвестиции  $I$ . Наконец, пятое уравнение представляет собой распределение между потреблением и сбережением с помощью нормы накопления  $s(t)$ . Последнее выражение описывает поведение коэффициента  $\lambda$  для случая функции Кобба-Дугласа и случая функции Солоу соответственно.

Для решения данной экономико-математической модели применяется преобразование, с помощью которого задача сводится к одному дифференциальному уравнению относительно функции капитала  $K(t)$ :

$$\begin{aligned}\dot{K} &= s \cdot Y - \lambda \cdot K; \\ \dot{K} &= s \cdot L_0^\lambda e^{(\beta+n\alpha)t} K^{1-\alpha} - \lambda K\end{aligned}\quad (3.15)$$

Из данного уравнения (3.15) определяется значение функции  $K(t)$ , а затем искомые значения  $Y$ ,  $L$ ,  $C$  и  $I$ . Модель (3.15) содержит пять уравнений относительно пяти неизвестных  $K$ ,  $Y$ ,  $L$ ,  $C$  и  $I$ , а параметры темпа роста экономически активного населения  $n$ , коэффициента функции Кобба-Дугласа  $\alpha$  и  $\beta$ , норма выбытия капитала  $\mu$  и стратегия инвестиций  $s$  – задаются и считаются известными. Таким образом, проводится количественный анализ для задачи об экономическом росте региона.

Далее разрабатываются и применяются известная модель Марковица для инвестиций в регионы, а также модель оптимального управления региональной экономикой.

В качестве основы математического моделирования процессов управления для регионов принимается модель в виде функционалов качества. В нашем случае каждый регион рассматривается как социально-экономическая система и считается, что текущее состояние данной системы может быть определено конечным набором данных или чисел. В результате появляется возможность интегральной оценки различных программ экономического и социального развития конкретного региона и сделать выбор в пользу того или иного варианта.

Таким образом, для анализа региональных экономик КР предложен целый ряд экономико-математических моделей.

### **Третий параграф главы 3 «Эконометрические модели и прогнозирование».**

Для прогнозирования динамических рядов основных макроэкономических показателей регионов предложены линейные и нелинейные регрессионные модели, построены прогнозы для макроэкономических показателей регионов.

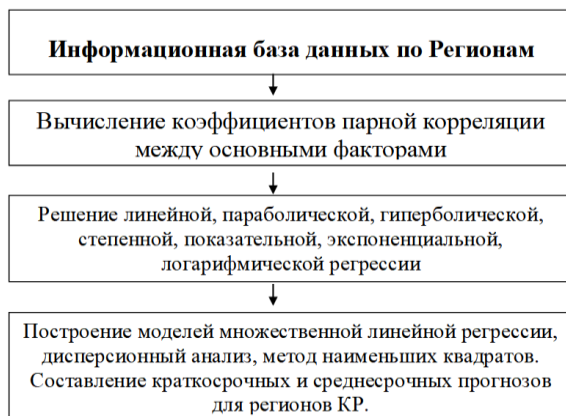


Рис. 3.5 Блок - схема линейного и нелинейного регрессионного анализа регионов.

Анализ показал, что между данными основными макроэкономическими показателями имеется очень тесная прямо пропорциональная связь. Значения коэффициента корреляции колеблются от 0,85 между импортом и объемом промышленной продукции, до 0,99 между ВВП и объемом сельскохозяйственной продукции. Корреляционные расчеты также свидетельствуют о том, что выбор приведенных макроэкономических показателей (ВВП, экспорт, импорт, инвестиции, объемы выпуска промышленной и сельхоз продукции) в качестве основных параметров наших эконометрических моделей вполне оправдан и правоме-

рен. Следующим шагом эконометрического исследования, после определения корреляционной связи, является построение регрессионных моделей для анализа и прогноза макроэкономических показателей. Предлагаются линейные и нелинейные модели для основных экономических индикаторов (объем промышленной и сельхоз продукции, экспорт, импорт, инвестиции) по всем регионам. В результате вычислительных экспериментов рассчитаны более 100 прогнозных моделей. В табл. 3.3 приведены модели для прогноза ВРП регионов.

Таблица 3.2 Коэффициенты корреляции и детерминации основных показателей КР.

Коэффициент корреляции $r$ = / Коэффициент детерминации $r^2$ =	Инвестиции (млн. сом)	ВВП (млн.сом)	Объем сельхоз прод. (млн.сом)	Экспорт (млн.долл.)	Импорт (млн.долл.)	Объем пром. прод. (млн.сом)
Инвестиции	<b>1</b>	0,97	0,96	0,96	0,93	0,94
ВВП	0,94	<b>1</b>	0,99	0,95	0,92	0,98
Объем с-х продукции	0,92	0,99	<b>1</b>	0,93	0,91	0,96
Экспорт	0,92	0,90	0,87	<b>1</b>	0,99	0,91
Импорт	0,86	0,84	0,83	0,97	<b>1</b>	0,85
Объем пром. продукции	0,88	0,96	0,93	0,82	0,73	<b>1</b>

Таблица 3.3 Линейные и нелинейные прогнозные модели для ВРП регионов КР.

Баткен область	Дж-Абад область	Ис-куль область	Нарын область	Ошская область	Талас область	Чуйская область
$y = 1744 \cdot t + 27882$	$y = -0,3 \cdot t + 796,9$	$y = 21,7 \cdot t + 1573,6$	$y = -6,0 \cdot t + 115,9$	$y = 248,9 \cdot t + 12,83$	$y = -1,71 \cdot t + 34,4$	$y = -0,65 \cdot t + 13,0$
$y = 5839 + 6153 \cdot t - 152 \cdot t^2$	$y = 856 - 23,9 \cdot t + 1,69 \cdot t^2$	$y = 1600 + 11,3 \cdot t + 0,7 \cdot t^2$	$y = 147 - 17,5 \cdot t + 0,4 \cdot t^2$	$y = 148,9 + 48 \cdot t - 2,2 \cdot t^2$	$y = 38,5 - 3,0 \cdot t + 0,1 \cdot t^2$	$y = 21,6 - 2,6 \cdot t + 0,1 \cdot t^2$
$y = 65142 - 85348 / t$	$y = 773,5 + 88,2 / t$	$y = 1786 - 247,4 / t$	$y = 39,2 + 122,0 / t$	$y = 405,7 - 245,2 / t$	$y = 15,8 + 24,3 / t$	$y = 4,6 + 19,3 / t$
$y = 4389 \cdot t^{0,94}$	$y = 816,4 \cdot t^{-0,016}$	$y = 1555,3 \cdot t^{0,06}$	$y = 158,9 \cdot t^{-0,52}$	$y = 208,4 \cdot t^{0,27}$	$y = 46,3 \cdot t^{-0,48}$	$y = 26,2 \cdot t^{-0,68}$
$y = 2509 + 48112 \cdot \lg t$	$y = 820,3 - 33,4 \cdot \lg t$	$y = 1549,4 + 233,7 \cdot \lg t$	$y = 139,5 - 90,7 \cdot \lg t$	$y = 198,3 + 189,7 \cdot \lg t$	$y = 39,2 - 23,1 \cdot \lg t$	$y = 21,0 - 15,5 \cdot \lg t$
$y = 14915 \cdot 1,1^t$	$y = 794,2 \cdot 0,99^t$	$y = 1578,5 \cdot 1,01^t$	$y = 122,2 \cdot 0,92^t$	$y = 247,2 \cdot 1,04^t$	$y = 41,78 \cdot 0,9^t$	$y = 21,28 \cdot 0,87^t$

#### Четвертый параграф «Машинное обучение для прогнозирования ВРП».

В данном разделе рассмотрены задачи, связанные с применением методов машинного обучения с учителем. Ставится задача по прогнозированию основных макроэкономических показателей регионов: валовый региональный продукт или ВРП, объем выпуска промышленной продукции и объем выпуска сельскохозяйственной продукции.

Как известно, машинное обучение с учителем представляет собой основное направление машинного обучения, которое представляет собой большой подкласс искусственного интеллекта. Машинное обучение с учителем объединяет алгоритмы и методы построения моделей на основе множества примеров, содержащих пары «известный вход - известный выход».

Как известно, в настоящее время разработано большое число алгоритмов обучения с учителем, каждый из которых имеет свои сильные и слабые стороны. Понятно также, что не существует единого алгоритма, который лучше всего подходит для всех задач анализа.

К числу алгоритмов обучения с учителем для решения задач классификации относятся: деревья решений; методы опорных векторов; байесовский классификатор; линейный дискриминантный анализ; метод k-ближайших соседей.

Формальная общая постановка задачи машинного обучения с учителем имеет следующий вид. Пусть имеется  $N$  примеров, которые можно назвать обучаемым множеством. Тогда каждый обучающий пример задаётся в следующем виде:

$$\{(x_1, y_1), \dots, (x_N, y_N)\},$$

где  $x_i$  — вектор входных признаков  $i$ -го примера, а  $y_i$  — целевое значение  $i$ -го примера.

Тогда алгоритм обучения ищет функцию

$$g: X \rightarrow Y,$$

где  $X$  — пространство входов модели,  $Y$  — это пространство выходов. Функция  $g$  является элементом пространства функций  $G$ , которое называют также пространством гипотез.

Функцию  $g$  удобно представлять в виде другой функции

$$f: X \times Y \rightarrow R,$$

такой, что  $g$  определяется как возвращающая значение  $y$ , которое обеспечивает равенство

$$g(x) = \operatorname{argmax}_y f(x, y), \text{ где } f \in F.$$

Хотя  $G$  и  $F$  могут быть любыми пространствами функций, многие алгоритмы обучения являются вероятностными, где  $g$  имеет вид условной вероятности  $g(x) = P(y|x)$  или функция  $f$  принимает вид совместной вероятностной модели  $f(x, y) = P(x, y)$ . Например, простой классификатор Байеса и линейный дискриминантный анализ являются моделями совместной вероятности, а логистическая регрессия — условной вероятности.

Существует два основных подхода к выбору функций  $g$  и  $f$ : минимизация эмпирического риска и минимизация структурного риска. Минимизация эмпирического риска ищет функцию, которая наилучшим образом соответствует обучающим данным. Минимизация структурного риска включает в себя функцию штрафа, которая ищет компромисс между смещением и дисперсией. При этом чем меньше смещение оценки параметра модели, тем выше её дисперсия, и наоборот.

В обоих случаях предполагается, что обучающее множество состоит из независимых и одинаково распределенных пар  $(x_i, y_i)$ . С целью проверить насколько хорошо функция соответствует обучающим данным, определяется функция потерь:  $L(y_i, \hat{y})$ , где  $\hat{y}$  — значение, предсказанное моделью для примера  $(x_i, y_i)$ .

Риск  $R(g)$  определяется как потери  $g$ , которые на обучаемых данных могут быть оценены как:

$$R(g) = 1/N \sum L(y_i, g(x_i)).$$

Для анализа и прогноза региональных экономик методами машинного обучения с учителем, разработана соответствующая база данных.

Основной программный инструментарий: язык программирования Python, Фреймворк Django для веб-приложений на языке Python, математические библиотеки для Python: библиотека Math; библиотека Statsmodel; библиотека машинного обучения Scikit-learn в Python, которая предлагает различные функции, упрощающие методы классификации, регрессии и кластеризации, а также пакеты программ для визуализации данных Matplotlib для Python.

Итак, построена база данных ВРП и основных макроэкономических показателей по областям. Ниже представлена общая структура базы данных, основанная на официальных данных Нацстаткома КР по областям (см. рис. 3.6).

Далее проводится предварительная обработка базы данных элементами машинного обучения с учителем.

Ввод [12]: `df.head(10)`

Out[12]:

	Gody	Batken	Jalal_Abad	Issyk_kul	Naryn	Osh	Talas	Chui	Bishkek
0	1992	550.5	947.2	119.3	53.8	1012.5	71.8	1327.5	1254.3
1	1993	660.6	1031.4	148.2	59.7	1124.7	89.8	1692.4	1670.9
2	1994	700.7	1483.1	195.7	65.9	1173.1	84.6	2252.1	2083.3
3	1995	560.8	1740.4	212.0	67.8	1189.6	219.0	3982.9	2499.8
4	1996	670.9	3400.8	2955.9	106.3	2039.9	704.3	6593.0	2920.5
5	1997	730.3	4069.1	3485.2	1633.6	5721.9	1204.7	7179.9	7391.4
6	1998	1021.8	4595.9	3911.6	1657.2	6092.4	1156.4	7720.2	9047.7
7	1999	2224.3	7162.4	7881.6	1689.4	6600.5	2000.9	8843.4	12341.5
8	2000	2534.4	11617.0	10758.4	3023.1	9238.4	2662.6	12678	12846
9	2001	2287.3	10477.8	12543.8	3044.8	8657.9	2796.1	15584.9	17977.7

Рис. 3.6 Скриншот БД по регионам КР.

*Результаты машинного обучения с учителем для г. Бишкек.*

Сначала построим линейные регрессионные модели. Далее строится и анализируется база данных распределений валовой региональной продукции по построенной БД.

Для анализа данных использована технология машинного обучения с учителем, в частности, использована библиотека Python.

На основе статистических данных по ВРП, объему выпуска промышленной продукции и объема выпуска сельскохозяйственной продукции построены модели машинного обучения. Далее проводится процедура прогнозирования с применением специальной линейной регрессии. На рис. 3.7 показан результат построенных прогнозов. В данном случае для построения линейной модели наши данные были разделены на обучающие и тестовый наборы (см. рис. 3.8).

Таким образом, построены модели машинного обучения и получены соотношения для линейной регрессии. В связи с тем, что мы располагаем короткими временными рядами ВРП, объема промышленной продукции и объема сельхоз продукции, требуется процедура переобучения нашей модели. Итак, при малых данных наша модель переобучается т.е. она ведет себя при проверочных данных неправильно. Требуется провести расчеты и получить модель и построить прогнозы на основе применения полиномов высокой степени. Для этой цели используется технология регуляризации А.Н. Тихонова. На нижеследующем рис. 3.9 приводится результат применения данной технологии.



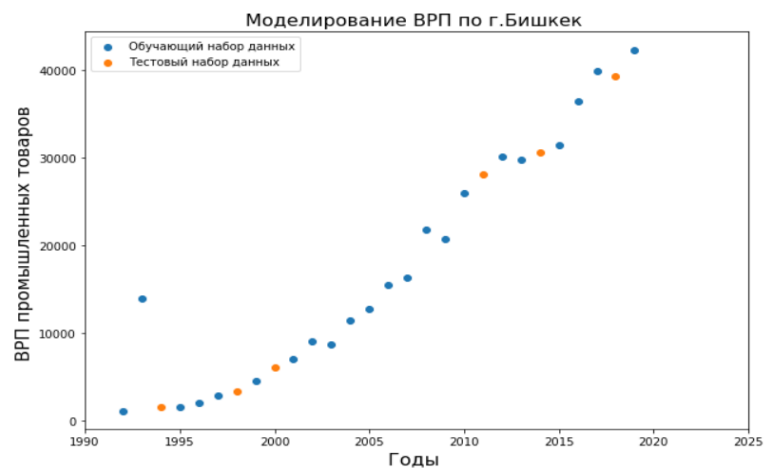


Рис. 3.7 Модель распределения данных ВРП по годам



Рис. 3.8 Прогнозная модель для г. Бишкек.

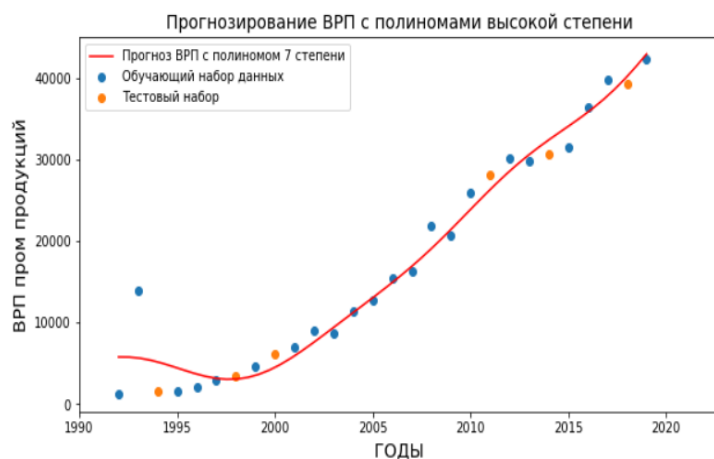


Рис. 3.9 Прогноз ВРП г. Бишкек.

Следующий шаг заключается в оценке точности модели машинного обучения. На рис. 3.10 показаны результаты оценки точности модели.

Out[28]:

	0	1	2	3	4	5
Годы	1994.000000	1998.000000	2000.000000	2011.000000	2014.000000	2018.000000
Тестирование данных ВРП пром товаров	1591.700000	3387.600000	6120.000000	28108.400000	30626.900000	39285.800000
Прогноз ВРП пром продукции	4822.805299	2508.834983	3795.274862	23184.925117	30423.976071	38928.512548
Ошибка прогноза	-3231.105299	880.765017	2324.725138	4923.474883	202.923929	337.287452

Рис. 3.10 Оценка точности модели.

Итак, для анализа данных использованы технологии машинного обучения с учителем. Для визуализации данных нашей задачи использована недавно разработанная система Core Data Science. В данной работе мы используем новый метод прогнозирования временных рядов, который позволяет аналитикам и разработчикам выполнять прогнозирование в Python. Использование данного алгоритма для нашей задачи дает прогноз на 2020-2022 годы (т.е. на 3 года вперед).

#### *Обучение и построение линейных моделей ВРП по областям.*

Следующий этап наших исследований по применению машинного обучения с учителем заключается в вычислительных экспериментах для каждой области КР. Все выкладки, модели, алгоритмы, изложенные для экономических показателей г. Бишкек, применяются для каждой области. Следует отметить, что все исходные данные для построения и обучения моделей машинного обучения были приведены в предыдущем параграфе, в котором изложены методы построения эконометрических моделей.

#### *Баткенская область.*

Рассмотрим результаты машинного обучения с учителем для Баткенской области.

Применение технологии построения прогноза с помощью линейной регрессии по региону Баткен дает следующий результат (см. рис. 3.11). Для улучшения модели используем метод регуляризации, т.е. избавляемся от наибольших весов минимизируемого функционала.

#### *Баткенская область.*

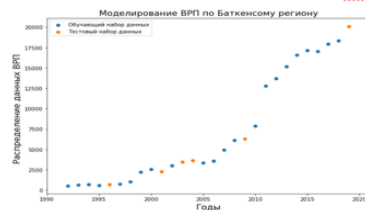


Рис.1. Моделирование ВРП для Баткенской области.

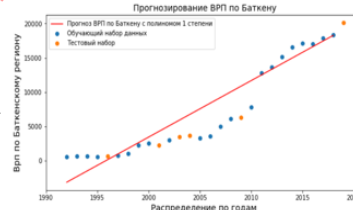


Рис.2. Прогноз ВРП Баткенской области.



Рис.3. Результаты с применением регуляризации полиномами высокой степени и сигмоидной функции.

Рис. 3.11 Моделирование ВРП для Баткенской области.

#### *Джалал – Абадская область.*

На нижеследующем рисунке представлены результаты прогнозирования по Джалал-Абадскому региону. После прогнозирования линейным полиномом, получаем недообученную модель. Следующим шагом является применение к недообученной модели по Джалал-Абадской области технологии высоких степеней полиномов, что дает следующий приемлемый результат (см, рис. 3.12).

#### *Иссык-кульская область.*

Теперь перейдем к Иссык-Кульскому региону. Проводятся все вычислительные эксперименты по тем же технологиям, что и для предыдущих регионов.

Приведем теперь прогноз по данному региону с применением регрессионного анализа (см. рис. 3.13).

Аналогичным образом, методы, модели, алгоритмы машинного обучения с учителем применяются для каждого региона КР. На нижеследующих рисунках показаны результаты обучаемых моделей, алгоритмы и прогнозирование для Нарынской, Ошской, Таласской и Чуйской областей (см. рис. 3.14 – рис. 3.17).

Таким образом, на основе методов машинного обучения с учителем построены модели для всех регионов КР.

Для прогноза региональных экономик применяются модели и алгоритмы машинного обучения с учителем. На основе новых технологий строятся модели, разработаны алгоритмы и предложены компьютерные программы для прогноза основных индикаторов региональных экономик КР.

#### Джалал – Абадская область. Результаты прогнозирования по Джалал-Абадскому региону.



Рис. 1. Моделирование ВВП Джалал-Абадской области.

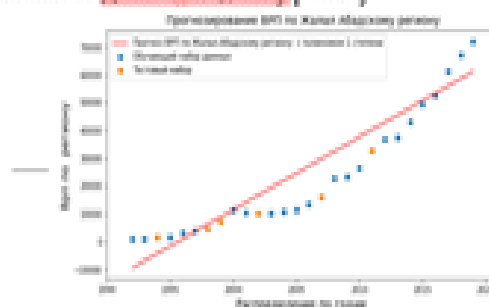


Рис. 2. Результаты прогноза линейной регрессией.

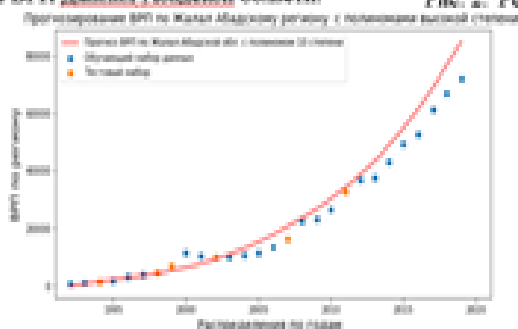


Рис. 3. Результаты прогноза полиномами высокой степени.

Рис. 3.12 Джалал-Абадская область: результаты машинного обучения и прогноза.

### Иссык-кульская область. Результаты прогнозирования по Иссык-кульскому региону

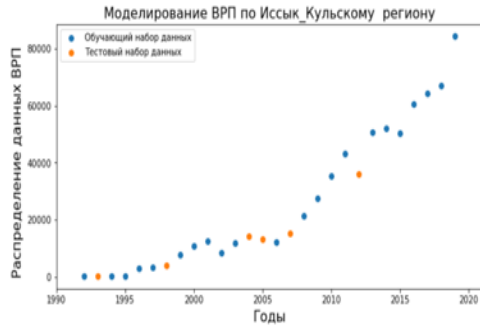


Рис. 1. Моделирование ВРП для Иссык-кульской области

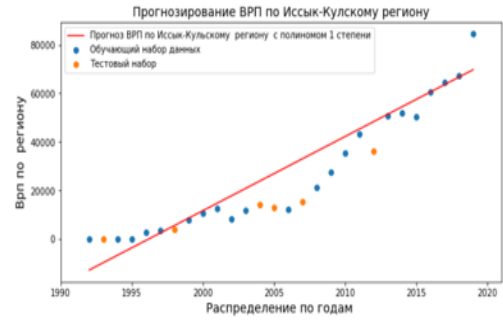


Рис. 2. Результаты прогноза линейной регрессией.



Рис. 3. Результаты прогноза полиномами высокой степени.

Рис. 3.13 Иссык-Кульская область: результаты машинного обучения и прогноза.

### Нарынская область. Результаты прогнозирования по Нарынскому региону



Рис.1. Моделирование ВРП для Нарынской области.

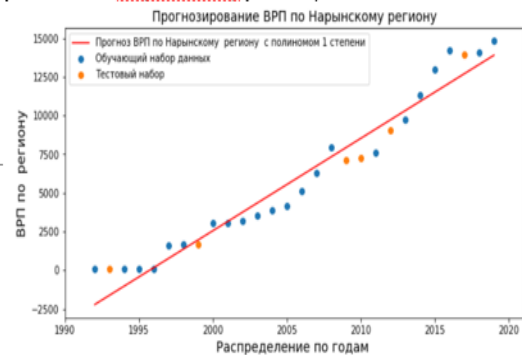


Рис.2. Результаты прогноза линейной регрессией для Нарынской области.



Рис.3. Результаты прогноза полиномами высокой степени.

Рис. 3.14 Нарынская область: результаты машинного обучения и прогнозирования.

### Ошская область. Результаты прогнозирования по Ошскому региону



Рис.1. Моделирование ВРП по Ошской области.



Рис.2. Прогнозирование линейной регрессией ВРП Ошской области.

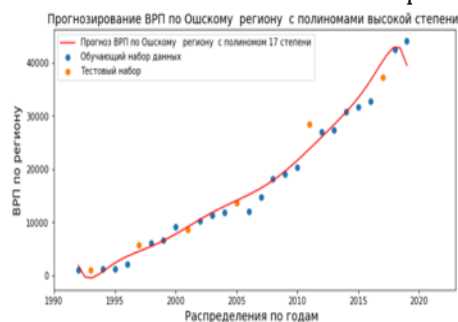


Рис.3. Результаты прогноза полиномами высокой степени.

Рис. 3.15 Ошская область: результаты машинного обучения и прогнозирования.

### Таласская область. Результаты прогнозирования по Таласскому региону



Рис.1. Моделирование ВРП по Таласской области.

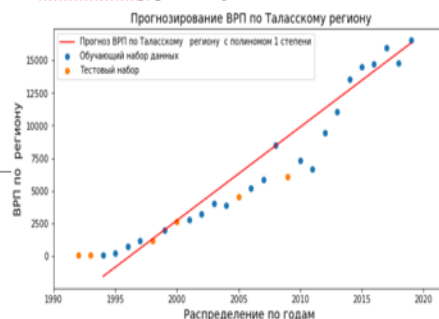


Рис.2. Прогнозирование линейной регрессией ВРП Таласской области.

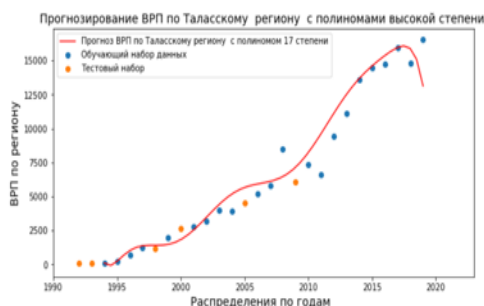


Рис.3. Результаты прогноза полиномами высокой степени.

Рис. 3.16 Таласская область: результаты машинного обучения и прогнозирования.

### Чуйская область. Результаты прогнозирования по Чуйскому региону

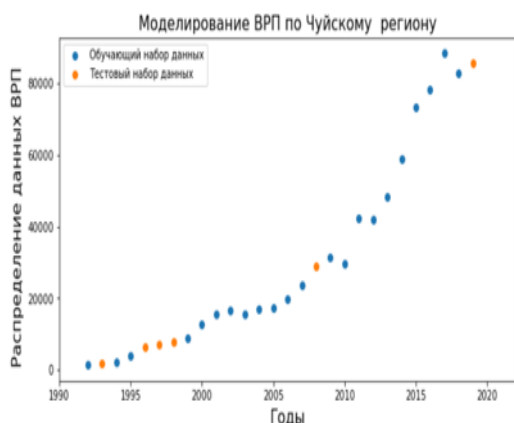


Рис.1. Моделирование ВРП по Чуйской области.

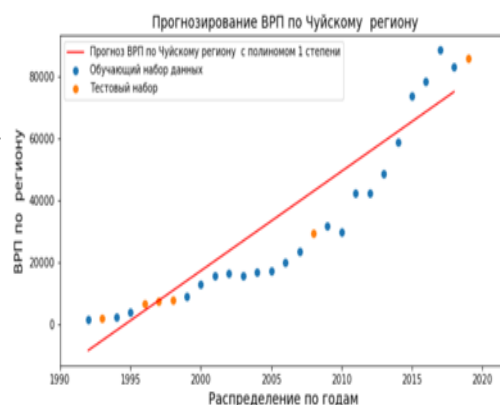


Рис.2. Прогнозирование линейной регрессией ВРП Чуйской области.

Рис. 3.17 Чуйская область: результаты машинного обучения и прогнозирования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Для анализа и прогноза региональных экономик на современном научном уровне применены методы ЭММ, эконометрики и регионометрики, информационные технологии и системы, а также новейшие методы машинного обучения.

2. Предложены экономико-математических моделей для исследования и анализа основных макроэкономических показателей регионов КР (модель годового выпуска продукции региона; модель экономического развития региона; модель основных ресурсов региона; модель экономического роста региона; модель Марковица для инвестиций в регионы; модель для оптимального управления региональной экономикой).

3. Построено более 100 прогнозных моделей для валового регионального продукта, объемов промышленной и сельхоз продукции областей КР на основе методов эконометрического анализа, линейного и нелинейного регрессионного и факторного анализа.

4. Разработана информационная технология и информационная система «Регионы КР», специализированный веб – сайт и базы данных.

5. Впервые на основе методов машинного обучения построены модели, алгоритмы, компьютерные приложения на языке Python с использованием математических библиотек и визуализации данных для прогнозирования ВРП областей КР и г. Бишкек.

6. Создан математический аппарат, программный инструментарий, алгоритмы и программы для решения задач прогнозирования региональных экономик, которые в силу своей универсальности могут быть применены в других прикладных экономических задачах.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

1. Керимов У.Т. Применение информационных технологий для решения региональных экономических задач. [Текст]/Керимов У.Т., Давлятова Б.Д., Асанбекова Н.О.// «Известия вузов Кыргызстана», Республиканский научно – теоретический, Журнал, №5, 2016. -С.135-138.
2. Керимов У.Т. Балансовые модели женской занятости с учетом эмиграции из Кыргызстана. [Текст]/Керимов У.Т., Бийбосунова С.К., Давлятова Б.Д.// Журнал «Actualscience» Том 2, №5, 2016. -С.88-91.
3. Керимов У.Т. Информационная система и математические модели для региональных экономик. [Текст]/ Керимов У.Т., Бийбосунова С.К., Давлятова Б.Д., Асанбекова Н.О.// «Современные проблемы механики» Научно-технический. Журнал №26(4), 2016. –С.75-82.
4. Керимов У.Т. Экономико – математическое моделирование системы оплаты труда в сфере государственной службы. [Текст]/Керимов У.Т., Бийбосунов Б.И., Давлятова Б.Д.// «Известия вузов Кыргызстана», Республиканский научно – теоретический. Журнал, №5, 2017. - С.64-66.
5. Керимов У.Т. Использование информационных технологий в дистанционном обучении. [Текст]/Керимов У.Т.// «Известия вузов Кыргызстана», Республиканский научно – теоретический журнал, №5, 2017. – С.23-24
6. Керимов У.Т. Математическая модель оптимального распределения инвестиционного вложения между отраслями. [Текст]/Керимов У.Т., Бийбосунова С.К., Давлятова Б.Д., Сабитов Б.Р.// Журнал «Экономика и предпринимательство», № 9-3 (86), 2017.- С. 608-611.
7. Керимов У.Т. Проблемы разработки экспертной системы инвестиционного проектирования в АПК Кыргызстана. [Текст]/ Сабитов Б.Р., Сейтбеков А., Чороев К.Ч.// Журнал «Экономика и предпринимательство», №12, 2018. -С. 414-417.
8. Керимов У.Т. Проектирование и разработка приложений для экономических и коммерческих задач. [Текст]/Керимов У.Т., Бийбосунов Б.И., Шербакунова Б., Юсупов К.М.// «Современные проблемы механики». Научно-технический. Журнал №34(4), 2018. –С.26-34.
9. Керимов У.Т. Современные программные средства разработки приложений для прикладных задач. [Текст]/Керимов У.Т., Юсупов К.М., Болотова М.Ж., Карасуу кызы А.// Вестник КГУИИ.И.Арабаева Периодический научно-педагогический журнал №2018. С.48-51.
10. Керимов У.Т. Информационные технологии и модели для региональных экономик и рынка труда КР. [Текст]/Керимов У.Т., Асанбекова Н. О., Алымкул кызы Г., Дуйшенбекова С. З.// «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана» Научный журнал Спец. выпуск.- 2019. –С.71-75.

## РЕЗЮМЕ

диссертации Керимова Улана Турсунбековича на тему «Разработка информационных технологий и математических моделей для анализа и прогноза региональных экономик КР» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.16- применение вычислительной техники, математического моделирование и математических методов в научных исследованиях (по отраслям науки)

**Ключевые слова:** информационные технологии, информационная система, методы экономико-математического моделирования, модели и алгоритмы машинного обучения, региональная экономика, прогнозирование, прогнозные модели.

**Объектом исследования** является анализ и прогноз основных макроэкономических показателей региональных экономик КР.

**Предметом исследования** является разработка информационных технологий и систем, математических и прогнозных моделей, а также методов машинного обучения для региональных экономик КР.

**Методы исследования.** Математическое моделирование, информационные технологии, методы линейного и нелинейного регрессионного и факторного анализа, теория и методы машинного обучения, разработка программного обеспечения.

**Целью диссертационной работы** является исследование региональных экономик КР на основе математического моделирования и машинного обучения с применением информационных технологий и систем.

**В работе поставлены и решены следующие задачи:**

- разработать экономико-математические модели для анализа регионов КР;
- для прогнозирования основных макроэкономических показателей регионов построить прогнозные модели на основе теории и методов эконометрики;
- разработать информационные и веб-технологии для регионов КР;
- для прогнозирования региональных экономик применить элементы искусственного интеллекта (подкласс – машинное обучение) и построить модели и алгоритмы машинного обучения.

**Практическая значимость.**

Основные результаты кандидатской диссертации имеют практическую ценность.

Такие результаты, как компьютерные приложения, информационные системы и технологии, разработанные веб-сайты и базы данных, математическое обеспечение в виде математических моделей и методов, полноценно функционируют и доступны для заинтересованных пользователей.

**Степень использования результатов.** Программный инструментарий, примененный в диссертации и включающий в себя современные языки программирования, веб-редакторы и веб-технологии, а также методы математического моделирования в прикладных экономических задачах внедрены в учебный процесс КГУ им. И. Арабаева, что подтверждается соответствующим актом внедрения.

**Область применения.** Результаты исследования могут иметь широкое применение в прикладных экономических задачах.

## RESUME

of the dissertation of Ulan Tursunbekovich Kerimov on "Development of Information technologies and mathematical models for the analysis and forecasting of regional economics of the Kyrgyz Republic" topic for the degree of candidate of technical sciences on 05.13.16 - application of computing technology, mathematical modeling and mathematical methods in scientific research specialty (due to the field of science)

**Key words:** Information technologies, information system, methods of economic and mathematical modeling, models and algorithms of machine learning, regional economics, forecasting, forecasting models.

**Research object.** Analysis and forecasting of major macroeconomic indicators of regional economics of Kyrgyzstan.

**Subject of research.** Development of information technologies and systems, mathematical and forecasting models, and also methods of machine learning for regional economics of Kyrgyzstan.

**Methods of research.** Mathematical modeling, Information technologies, methods of linear and non-linear regression and factor analysis, theory and methods of machine learning, development of software.

**Purpose of dissertation work.** Research of regional economics of Kyrgyzstan based on mathematical modeling and machine learning by means of Information technologies and systems.



**The following tasks were formulated and solved in he work:**

- to develop economic and mathematical models for Kyrgyzstan' regions analysis;
- to build forecasting models based on theory and methods of econometrics for forecasting of major macroeconomic indicators of regions;
- to develop information and web-technologies for regions of Kyrgyzstan;
- to use elements of artificial intelligence (sub-class - machine learning) for forecasting of regional economics and to build models and algorithms of machine learning.

**Practical significance.** Such results of candidate dissertation have practical significance. Such results, as computer applications, Information systems and technologies, developed web-sites and databases, mathematical tool as a mathematical model and method, function completely and are available for the stakeholders.

**Result efficiency.** Software tool, used in dissertation and including modern programming languages, web-editors and web-technologies, and also methods of mathematical modeling in applied economic problems are developed into educational process of the Kyrgyz State University named after I. Arabaev, which is confirmed by adaptation act.

**Field of application.** Results of research can have wide usage in applied economic problems.

**Резюме**

Керимов Улан Турсунбековичтин «Кыргыз Республикасынын региондук экономикасын анализдөө жана прогноздоо үчүн маалыматтык технологияларды жана математикалык моделдерин иштеп чыгуу» деген темадагы диссертациялык иши үчүн 05.13.16 - Илимий изилдөөлөрдө эсептөө техникаларын, математикалык моделдөөнү жана математикалык методдорду колдонуу (илим тармактары боюнча) адистиги боюнча техника илимдеринин кандидаты илимий даражасын алуу

**Негизги сөздөр:** маалымат технологиясы, маалымат системасы, экономикалык жана математикалык моделдөө ыкмалары, машиналык окутуунун моделдери жана алгоритмдер, аймактык экономика, прогноздоо, прогноздоочу моделдер.

**Изилдөөнүн объектиси** болуп Кыргыз Республикасынын аймактык экономикаларынын негизги макроэкономикалык көрсөткүчтөрүн анализдөө жана прогноздоо саналат.

**Изилдөөнүн предмети** болуп Кыргыз Республикасынын аймактык экономикалары үчүн маалыматтык технологияларды жана системаларды, математикалык жана прогноздоочу моделдерди, ошондой эле машиналык окутуу методдорун иштеп чыгуу саналат.

**Изилдөө методдору.** Математикалык моделдөө, маалыматтык тех-нологиялар, сызыктуу жана сызыктуу эмес регрессия жана фактордук анализдин ыкмалары, машиналык окутуунун теориясы жана методдору, программалык камсыздоону иштеп чыгуу.

**Диссертациянын максаты** — маалыматтык технологияларды жана системаларды колдонуу менен математикалык моделдөө жана машиналык окутуунун негизинде Кыргыз Республикасынын аймактык экономикаларын изилдөө.

**Иш төмөнкү милдеттерди койду жана чечти:**

- Кыргыз Республикасынын аймактардын анализдөө үчүн экономикалык-математикалык моделдерди иштеп чыгууга;
- аймактардын негизги макроэкономикалык көрсөткүчтөрүн прогноздоо, эконометриканын теориясынын жана методдорунун негизинде прогноздоо моделдерин түзүү;
- Кыргыз Республикасынын аймактарды үчүн маалыматтык жана веб-технологияларды өнүктүрүүгө;
- аймактык экономикаларды прогноздоо, жасалма интеллекттин элементтерин колдонуу (майда класстык — машиналык окутуу) жана моделдерди жана машиналык окутуу алгоритмдерин түзүү.

**Практикалык мааниси.**

Кандидаттык диссертациялык иштин негизги натыйжалары практикалык мааниге ээ.

Компьютердик тиркемелер, маалыматтык системалар жана технологиялар, иштелип чыккан веб-сайттар жана маалымат базалары, математикалык моделдер жана методдор түрүндөгү программалык камсыздоо сыяктуу натыйжалар толугу менен иштейт жана кызыккан колдонуучулар үчүн жеткиликтүү.

**Натыйжаларды пайдалануу даражасы.** Кандидаттык диссертацияда колдонулган заманбап программалоо тилдери, веб-редакторлорду жана веб-технологияларды, ошондой эле прикладдык экономикалык ма-селелерди математикалык моделдөө ыкмаларын камтыган программалык камсыздоо куралдары И.Арабаев атындагы КМУнун окуу процессине киргизилди, бул тиешелүү аткаруу актысы менен тастыкталган.

Колдонуу чөйрөсү. Изилдөөнүн натыйжалары прикладдык экономикалык проблемаларда кеңири колдонулушу мүмкүн.