

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.94

Мацокин  
Матвей Павлович

Статистическое моделирование и анализ мирового рынка информационно-коммуникационных технологий

**АВТОРЕФЕРАТ**  
на соискание академической степени  
магистра

по специальности 7-06-0611-07 – Бизнес-аналитика и цифровой маркетинг

Научный руководитель  
Высоцкий С. Ю.  
к.э.н., доцент

Минск 2025

Работа выполнена на кафедре экономической информатики учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Научный руководитель: **ВЫСОЦКИЙ Станислав Павлович**,  
доцент кафедры экономической информатики  
учреждения образования «Белорусский государ-  
ственный университет информатики и радиоэлек-  
троники», кандидат технических наук, доцент

Рецензент: **УЛЬЯНОВ Николай Иванович**,  
декан факультета компьютерных систем и сетей  
учреждения образования «Белорусский государ-  
ственный университет информатики и радиоэлек-  
троники», кандидат технических наук, доцент

Защита диссертации состоится «23» июня 2025 г. года в 9<sup>00</sup> часов на за-  
седании Государственной экзаменационной комиссии по защите магистер-  
ских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный  
университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220005, Минск, ул.  
Платонова, 39, корп. 5, ауд. 209, тел. 293-89-92, E-mail: [kafei@bsuir.by](mailto:kafei@bsuir.by)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образо-  
вания «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлек-  
троники».

## ВВЕДЕНИЕ

Мировой рынок информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) за последние десятилетия стал ключевым фактором глобального экономического развития. ИКТ формируют основу цифровой экономики, трансформируя производство, торговлю, образование, здравоохранение и другие сферы. Эти технологии повышают производительность, стимулируют инновации и способствуют интеграции в условиях глобализации.

Современные технологии, такие как искусственный интеллект, большие данные, облачные вычисления и интернет вещей (IoT), оказывают стратегическое влияние на конкурентоспособность стран и компаний. Их развитие требует адаптации нормативно-правовой базы, новых управленческих подходов и внимания к вопросам безопасности. При этом сохраняются региональные различия: развитые страны лидируют в сфере ИКТ, а развивающиеся продолжают сталкиваться с проблемами доступа к цифровой инфраструктуре.

Статистическое моделирование рынка ИКТ является сложной задачей, требующая учета множества показателей: инвестиции, проникновение интернета, рост мобильных устройств, развитие облачных сервисов и уровень технологической интеграции в экономику. Также важно учитывать макроэкономические факторы, такие как глобализация, торговые отношения и технологический суверенитет. Статистические методы позволяют выявлять закономерности, оценивать тренды и формировать прогнозы, что критично для принятия решений на государственном и корпоративном уровнях.

Комплексное моделирование рынка ИКТ должно охватывать как производство оборудования и ПО, так и развитие телекоммуникаций, сетей, электронной коммерции, финтеха и кибербезопасности. Существенное значение имеет анализ региональной структуры: страны Северной Америки и Европы удерживают лидерство, в то время как Китай и Южная Корея демонстрируют стремительный рост.

Развитие ИКТ меняет структуру занятости, требует трансформации систем образования и адаптации кадровой политики. Острой остается проблема цифрового неравенства, особенно в развивающихся странах. Наряду с этим растет значимость экологической устойчивости: внимание к энергопотреблению, электронным отходам и «зеленым» технологиям становится частью стратегий ведущих ИКТ-компаний.

Таким образом, исследование глобального рынка ИКТ требует научного анализа его структуры, факторов роста и перспектив. Настоящая работа направлена на выявление ключевых тенденций и построение моделей прогнозирования с использованием методов статистического анализа.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность темы исследования**

ИКТ сильно влияют на развитие экономики и общества. Они используются в производстве, торговле, образовании, медицине и других сферах. Сегодня активно развиваются такие технологии, как AI, большие данные, облачные сервисы и IoT. Это требует анализа и понимания изменений на рынке ИКТ. Разные страны развиваются по-разному, что создает неравенство в доступе к технологиям. Также важно учитывать вопросы экологии, кибербезопасности и подготовки специалистов. Чтобы разобраться в этих процессах и сделать прогнозы, нужно применять статистические методы. Поэтому исследование мирового рынка ИКТ является важным и нужным.

### **Цель и задачи исследования**

Целью работы является моделирование мирового рынка информационно-коммуникационных технологий с использованием современных программных продуктов и анализ его результатов.

Поставленная цель работы определяет **следующие основные задачи:**

1. Изучить особенности функционирования мирового рынка информационно-коммуникационных технологий, а также подходы к его моделированию.
2. Рассмотреть основные методы кластерного анализа, а также технологии, используемые при проведении моделирования.
3. Провести моделирование мирового рынка информационно-коммуникационных технологий на основе факторов спроса и предложения рынка информационно-коммуникационных технологий и обозначить его результаты.

### **Область исследования**

Содержание диссертации соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) ОСВО 7-06-0611-07-2023 специальности 7-06-0611-07 Бизнес-аналитика и цифровой маркетинг.

### **Теоретическая и методологическая основа исследования**

В основу диссертации легли работы белорусских и зарубежных ученых в области экономики и статистики.

*Информационная база* исследования сформирована на основе литературы, открытой информации, технических нормативно-правовых актов, сведений из электронных ресурсов, а также материалов научных конференций и семинаров.

### **Научная новизна, теоретическая и практическая значимость**

*Научная новизна* и значимость полученных результатов работы введено сопоставление структур спроса и предложения в секторе ИКТ с учетом региональных особенностей и глобальных трендов.

*Теоретическая значимость* работы заключается в сформированной методической базе для оценки взаимодействия технологических, экономических и институциональных факторов в цифровой экономике.

*Практическая значимость* диссертации состоит в возможности использовать разработанные модели для прогнозирования развития сектора ИКТ на глобальном и региональном уровнях с учетом технологических и структурных факторов.

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

1 Обзор мирового рынка ИКТ, его региональной структуры и основных субъектов, показателей развития мирового рынка ИКТ.

2 Методы и средства, используемые для моделирования мирового рынка ИКТ, включая методы кластерного анализа.

3 Проведение моделирования рынка ИКТ, обоснование его результатов и выводов.

### **Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов**

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на 61-ой научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (г. Минск, Беларусь, 2025 год).

### **Структура и объем работы**

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и приложений.

**В первой главе** рассматриваются ключевые участники рынка, структура и динамика развития сектора ИКТ в различных регионах мира, выделяются основные направления цифровой трансформации и анализируются показатели, характеризующие уровень развития ИКТ в странах с разным уровнем экономического развития.

**Во второй главе** описываются методы и средства, применяемые для моделирования мирового рынка ИКТ. Приводится обоснование выбора аналитических инструментов, включая методы кластерного анализа. Рассматриваются используемые показатели, подходы к нормализации и логарифмированию данных, а также средства реализации анализа, включая библиотеки языка Python.

**В третьей главе** содержится описание этапов сбора и подготовки данных, а также результаты кластерного анализа спроса и предложения на мировом рынке ИКТ. Проводится сопоставление полученных кластеров. На основании результатов анализа формулируются выводы о закономерностях и перспективах развития рынка ИКТ.

**В приложении** представлены отчет от системы «Антиплагиат», результаты моделирования рынка ИКТ, пример кода моделирования и графический материал диссертации.

Общий объем диссертационной работы составляет 66 страниц, включая 16 иллюстраций, 9 таблиц, библиографический список из 42 наименований, список собственных публикаций соискателя из 1 наименования и 4 приложения.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**В первой главе** рассматриваются теоретические особенности функционирования современного мирового рынка ИКТ. Анализируется региональная структура рынка с выделением ключевых игроков, таких как Северной Америки, Европы, Азии и развивающихся регионов, а также основные секторы рынка, включая аппаратное обеспечение, программное обеспечение, телекоммуникационные услуги, облачные вычисления и цифровые платформы. Отмечаются глобальные тренды и драйверы развития, такие как цифровая трансформация, рост мобильных технологий и 5G, развитие искусственного интеллекта, а также проблемы и барьеры, связанные с регуляциями, нехваткой кадров и киберугрозами.

Во второй части главы представлены ключевые показатели развития мирового рынка ИКТ, включая объем и темпы роста рынка, интернет-проникновение, инвестиции в исследования и разработки, численность кадров, развитие инфраструктуры, влияние ИКТ на экономику, цифровизацию и развитие финансовых технологий, а также показатели в области AI и кибербезопасности. В третьей части обсуждаются подходы к моделированию рынка ИКТ, в том числе методы ARIMA, панельные данные, пространственные эконометрические модели и алгоритмы машинного обучения. Подчеркивается важность интеграции различных методов для анализа региональных диспропорций, инновационной активности и цифровой трансформации экономики.

В заключение подчеркивается, что мировой рынок ИКТ характеризуется устойчивым ростом и динамикой, но сохраняет значительные региональные неравенства и сталкивается с вызовами в области инфраструктуры, кадров и регулирования.

**Во второй главе** описываются методы и средства для моделирования рынка ИКТ.

В первом разделе описывается выбор технологий для статистического моделирования с акцентом на язык Python и его библиотеки, такие как Pandas, NumPy, CuPy, Scikit-learn, Statsmodels, а также инструменты визуализации Matplotlib, Seaborn и geopandas. Особое внимание уделяется среде разработки Jupyter Notebook как удобному инструменту для анализа и визуализации данных.

Во втором разделе подробно рассматриваются методы кластерного анализа, включая алгоритм К-средних и метод локтя для выбора оптимального числа кластеров, а также техники предварительной обработки данных — логарифмирование и нормализация (в том числе устойчивое масштабирование Robust Scaling). Далее описывается применение метода ANOVA для оценки значимости признаков после кластеризации.

В третьем разделе приводится описание ключевых показателей для моделирования рынка ИКТ, взятых из базы данных Всемирного банка, включая экономические, социальные и инфраструктурные индикаторы, применяемые для анализа спроса и предложения на рынках ИКТ различных стран за период 2012–2022 годов.

**В третьей главе** рассматривается проведение моделирования мирового рынка ИКТ технологий. Описывается процесс получения и подготовки данных для моделирования, включая автоматизированный сбор статистики из базы данных Всемирного банка, обработку пропусков в данных с использованием методов заполнения медианами по группам регионов и уровней доходов.

Во втором разделе выполняется кластерный анализ факторов спроса и предложения на рынке ИКТ за 2012 и 2022 годы. Для кластеризации применяются методы логарифмирования и нормализации данных, алгоритм KMeans с улучшением k-means++, а также статистический анализ значимости факторов с помощью ANOVA. По результатам анализа формируются три кластера стран с высоким, средним и низким уровнем спроса и предложения ИКТ, выявляются тенденции изменения этих уровней и перемещения стран между кластерами за рассматриваемый период.

В третьем разделе проводится сопоставление уровней спроса и предложения ИКТ на основе построенных кластеров, что позволяет оценить соответствие и динамику развития рынка ИКТ в разных странах, выявить лидеров и обсудить влияние этих факторов на конкурентоспособность национальных секторов ИКТ.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Были достигнуты следующие научные результаты:

1 Обоснована актуальность применения методов статистического моделирования и кластерного анализа для изучения мирового рынка ИКТ. Учитывая неравномерность цифровой трансформации между странами и регионами, было показано, что формализованные методы позволяют выявить устойчивые закономерности, региональные различия и структурные особенности спроса и предложения в сфере ИКТ.

2 Определены показатели и факторы, влияющие на спрос и предложение ИКТ в различных странах. Были выделены два набора показателей (по спросу и по предложению), охватывающие макроэкономические, демографические и технологические параметры. В качестве источника использовалась база данных Всемирного банка, что обеспечило достоверность и воспроизводимость результатов.

3 Проведен двухуровневый кластерный анализ стран мира по факторам спроса и предложения на ИКТ за 2012 и 2022 годы. Были выделены три устойчивых кластера стран по каждому из направлений (высокий, средний, низкий уровень), что позволило построить обоснованную типологию цифрового развития стран. Кроме того, была проведена ANOVA-оценка значимости факторов, подтверждающая корректность выбора признаков.

4 Выявлены региональные и временные сдвиги в цифровом развитии, построены матрицы переходов между кластерами и дана интерпретация изменений. Установлено, что за десятилетие (2012–2022) более 70 стран сменили кластеры, что говорит о существенной динамике цифровой трансформации. Анализ показал, что спрос на ИКТ в мире растет быстрее, чем предложение, особенно в развивающихся странах.

5 Сопоставлены уровни спроса и предложения ИКТ, что позволило идентифицировать страны-лидеры и страны с цифровыми дисбалансами. Было показано, что страны с высоким предложением и умеренным спросом (например, Ирландия, Люксембург, Катар) могут рассматриваться как технологические доноры, а страны с высоким спросом и средним предложением (например, Индия, Индонезия) — как потенциальные точки роста при условии улучшения институциональной и научной инфраструктуры.

Полученные результаты формируют научно обоснованную методику оценки цифрового развития стран и могут быть использованы при формировании государственной политики, международного сотрудничества и инвестиционного анализа в области ИКТ. Разработанная модель позволяет не только

анализировать текущие тенденции, но и прогнозировать стратегические изменения с учетом глобальных технологических трендов и региональной специфики.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

### *Статьи в сборниках научных трудов*

1. Мацокин, Н. П. Python-библиотеки для реализации параллельных вычислений при решении задач линейной алгебры. / Н. П. Мацокин, М. П. Мацокин // Актуальные вопросы экономики и информационных технологий: материалы 61-й Научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники». – Минск: БГУИР, 2025. – с. 103-105.

## РЭЗІЮМЭ

Мацокин Мацвей Паўлавіч

### Статыстычнае мадэляванне і аналіз сусветнага рынку інфармацыйна-камунікацыйных тэхналогій

**Ключавыя словы:** інфармацыйна-камунікацыйныя тэхналогіі, кластэрны аналіз, статыстычнае мадэляванне.

**Мэта працы:** правядзенне статыстычнага мадэлявання і аналізу сусветнага рынку інфармацыйна-камунікацыйных тэхналогій з выкарыстаннем сучасных праграмных прадуктаў.

**Атрыманыя вынікі і іх навізна:** у працы распрацавана і рэалізавана метадыка мадэлявання сусветнага рынку інфармацыйна-камунікацыйных тэхналогій на аснове дадзеных Сусветнага банка за 2012 і 2022 гады. Праведзены аналіз пропускаў і іх запаўненне з выкарыстаннем медыянных значэнняў па групам краін. Выкананы кластэрны аналіз фактараў попыт і прапановы ІКТ з прымяненнем метадаў лагарыфміравання, нармалізацыі і алгарытму k-means++, што дазволіла вылучыць тры ўстойлівыя кластары для кожнага тыпаў фактараў. Вызначаны ключавыя фактары, якія ўплываюць на размеркаванне краін па кластарах у розныя перыяды, выяўлены тэндэнцыі змены попыт і прапановы ІКТ, а таксама пабудаваны матрыцы пераходаў паміж кластарамі, якія дэманструюць дынаміку развіцця краін. Супастаўленне кластараў попыт і прапановы дазволіла выявіць краіны-лідары рынку ІКТ.

**Область применения:** статыстыка, машыннае.

## РЕЗЮМЕ

**Мацокин Мацвей Паўлавіч**

### **Статистическое моделирование и анализ мирового рынка информационно-коммуникационных технологий**

**Ключевые слова:** информационные-коммуникационные технологии, кластерный анализ, статистическое моделирование.

**Цель работы:** проведение статистического моделирования и анализа мирового рынка информационно-коммуникационных технологий с использованием современных программных продуктов.

**Полученные результаты и их новизна:** в работе разработана и реализована методика моделирования мирового рынка информационно-коммуникационных технологий на основе данных Всемирного банка за 2012 и 2022 годы. Проведен анализ пропусков и их заполнение с использованием медианных значений по группам стран. Выполнен кластерный анализ факторов спроса и предложения ИКТ с применением методов логарифмирования, нормализации и алгоритма k-means++, что позволило выделить три устойчивых кластера для каждого из типов факторов. Определены ключевые факторы, влияющие на распределение стран по кластерам в разные периоды, выявлены тенденции изменения спроса и предложения ИКТ, а также построены матрицы переходов между кластерами, демонстрирующие динамику развития стран. Сопоставление кластеров спроса и предложения позволило выявить страны-лидеры рынка ИКТ.

**Область применения:** статистика, машинное обучение.

## SUMMARY

**Matsokin Matvey Pavlovich**

### **Statistical Modeling and Analysis of the Global Information and Communication Technologies Market**

**Keywords:** information and communication technologies, cluster analysis, statistical modeling.

**The object of study:** to conduct statistical modeling and analysis of the global information and communication technologies market using modern software tools.

**The results and novelty:** this work develops and implements a methodology for modeling the global ICT market based on World Bank data from 2012 and 2022. An analysis of missing data and its imputation using median values by country groups was conducted. Cluster analysis of ICT demand and supply factors was performed using logarithmic transformation, normalization, and the k-means++ algorithm, which allowed identification of three stable clusters for each type of factors. Key factors influencing the distribution of countries across clusters over time were identified, trends in ICT demand and supply were revealed, and transition matrices between clusters illustrating country development dynamics were constructed. Comparison of demand and supply clusters enabled identification of leading ICT market countries.

**Sphere of application:** statistics, machine learning.