

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение
высшего образования
«Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»

На правах рукописи

Прохорова Марина Михайловна

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ
КОМПЛЕКСНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО
АНАЛИЗА РЫНКА УСЛУГ СОТОВОЙ СВЯЗИ

08.00.12 – Бухгалтерский учет, статистика

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель

Киселева Надежда Петровна,
доктор экономических наук, доцент

Москва – 2021

Оглавление

Введение.....	4
Глава 1 Теоретические основы статистического исследования рынка услуг сотовой связи как основы развития цифровой экономики.....	14
1.1 Рынок услуг сотовой связи как объект статистического исследования..	14
1.2 Статистический анализ состояния и динамики рынка услуг сотовой связи в зависимости от уровня экономического развития стран мира.....	31
1.3 Обзор существующих теоретико-методических подходов к статистическому исследованию рынка услуг сотовой связи, информационно-коммуникационного сектора и цифровой экономики.....	45
Глава 2 Классификация и отбор методических подходов к анализу основных аспектов рынка услуг сотовой связи как технологической компоненты цифровой экономики.....	64
2.1 Формирование концепции и информационного базиса статистического исследования.....	64
2.2 Методика анализа показателей и индикаторов рынка услуг сотовой связи на базе традиционных статистических методов.....	81
2.3 Оценка возможности приложения методов машинного обучения к анализу рынка услуг сотовой связи.....	94
Глава 3 Анализ и моделирование индикаторов цифровой экономики в контексте развития информационно-коммуникационного сектора	106
3.1 Классификация и регрессия экономических показателей основной деятельности компании-оператора связи.....	106
3.2 Статистический анализ региональных особенностей процесса развития цифровой экономики в России.....	130
3.3 Моделирование индикаторов цифровой экономики на основе межстрановых сравнений уровней развития рынка услуг сотовой связи и информационно-коммуникационного сектора	148
Заключение.....	163
Список сокращений и условных обозначений.....	170
Список литературы.....	171

Приложение А Результаты дисперсионного анализа для совокупности стран мира по показателям проникновения телекоммуникаций в зависимости от уровня экономического развития.....	193
Приложение Б Обзор существующих систем показателей и индикаторов, характеризующих отрасль телекоммуникаций на различных уровнях.....	195
Приложение В Декомпозиция базовых международных индикаторов развития информационно-коммуникационных технологий.....	197
Приложение Г Промежуточные результаты построения алгоритма машинного обучения на данных «Telecom Data Cup — CSI Analyze»	199
Приложение Д Построение интегрального показателя для оценки уровня цифровизации регионов России.....	202

Введение

Актуальность темы исследования. Современная мировая экономическая система функционирует в рамках пятого информационно-коммуникационного цикла Кондратьева, развитие которого привело к формированию нового экономического уклада – цифровой экономики. Базовой технологической компонентой данного типа экономики выступает сектор информационно-коммуникационных технологий, в состав которого входит рынок услуг сотовой связи. Рынок услуг сотовой связи, изначально представленный базовыми услугами подвижной связи, под влиянием развития информационно-телекоммуникационных технологий и насыщения ими рынка, стал оказывать дополнительные услуги, включающие в себя высокоскоростной интернет, мобильный интернет, интернет вещей. Указанные технологии вкупе с биотехнологиями, робототехникой представляют собой драйверы развития нового технологического уклада, переход к которому для всех развитых и развивающихся стран является одной из наиболее приоритетных задач. В связи с этим растет необходимость в получении достоверной и качественной статистической оценки процессов, происходящих на рынке услуг сотовой связи, с целью принятия обоснованных управленческих решений на уровне государства, региона или отдельной компании.

Актуальность исследования объясняется тем, что на данный момент для российской статистики характерна проблема недоучета новых явлений, их вклада в экономическое развитие страны. В связи с этим в качестве приоритетных направлений реформирования национальной статистической системы в рамках Стратегии развития Федеральной службы государственной статистики закрепляются развитие статистической методологии и применение передовых статистических методов оценки, а также разработка и внедрение методических подходов обработки больших объемов информации. Решение поставленных задач будет способствовать удовлетворению интересов

большого числа заинтересованных сторон касательно статистической информации, повысит качество и полноту результатов статистического анализа, обеспечит извлечение наибольшей ценности из данных, являющихся основой развития текущей экономической системы.

Значимость статистического исследования рынка услуг сотовой связи и развитие методик его анализа сопряжены с тем обстоятельством, что телекоммуникационные технологии являются базисом развития цифровой экономики, выступая в качестве технологической основы ее функционирования. Принятая государственная программа «Цифровая экономика» зафиксировала необходимость совершенствования системы статистического мониторинга процессов цифровизации, в качестве компоненты которого может быть выделена методика статистического анализа рынка услуг сотовой связи как базиса развития цифровой экономики.

Кроме того, актуальность темы исследования подтверждается активным развитием методик статистического анализа информационно-коммуникационных технологий и цифровой экономики как на международном уровне, так и на уровне статистических агентств развитых стран. Так, Международный союз электросвязи, Организация стран экономического сотрудничества и развития, Статистическая служба Европейского союза регулярно проводят сессии по модернизации статистической методологии учета и оценки явлений информационного общества и цифровой экономики.

Многоаспектность и недостаточная разработанность методологической базы, и отсутствие комплексной методики статистического анализа рынка услуг сотовой связи в конвергенции с информационными технологиями как базиса развития цифровой экономики, основанной на применении передовых статистических методов и гармонизированной с международными руководствами, определили выбор темы исследования и актуальность диссертации.

Степень разработанности темы исследования. Сущность информационно-коммуникационных технологий и цифровой экономики, их понятия, структура, формирование активно изучаются и выступают объектами внимания как отечественных, так и зарубежных ученых-экономистов, таких как: Д.А. Аверьянова, О.Э. Башина, Ю.В. Белоусов, Р. Бухт, С.Ю. Глазьев, В.В. Иванов, М. Кастельс, Г.Б. Клейнер, А.Н. Козырев, О.В. Кривошеев, Г.Г. Малинецкий, М.В. Мельник, Р.М. Нуреев, В.Н. Салин, Д. Тапскотт, О.И. Тимофеева, Р. Хикс, К. Шваб, М.А. Эскиндаров и другие.

Проблемные вопросы и перспективы развития статистической методики оценки уровня развития информационно-коммуникационных технологий, информационного общества и цифровой экономики, а также их вклада в экономическое развитие активно исследуют в своих работах следующие отечественные и зарубежные ученые: Г.И. Абдрахманова, М.Ю. Архипова, Л.П. Бакуменко, В.А. Бессонов, М. Вард, Г.Г. Головенчик, Л.М. Гохберг, И.М. Гулый, О.Ю. Дудорова, А.М. Елохов, М. Канева, М.Ю. Карышев, Р. Катз, Е.Н. Ключкова, Т.А. Кузовкова, Е.Г. Кухаренко, К.Э. Лайкам, З.О. Османова, Т.Ю. Салютина, В.П. Сиротин, А.Б. Суслов, Ю.Е. Хохлов, С.Б. Шапошник и другие.

Высоко оценивая научный вклад названных ученых, следует отметить, что на сегодняшний день существующие в научной литературе методические подходы к измерению дифференциации развития степени проникновения телекоммуникационных услуг в экономику и общества, а также к оценке влияния телекоммуникаций на экономический рост на микро-, мезо- и макро-уровнях, освещены не в полной мере и требует проведения дальнейших исследований.

Цель и задачи исследования. Развитие теоретико-методических подходов статистического анализа рынка услуг сотовой связи как базиса развития цифровой экономики, направленных на совершенствование системы информационно-аналитического обеспечения формирования цифровой

политики как на уровне отдельных российских организаций, так и на уровне государства в целом.

Достижение поставленной цели обусловило постановку следующих задач:

— охарактеризовать особенности рынка услуг сотовой связи как объекта статистического исследования и определить его роль в формировании цифровой экономики;

— уточнить понятие «рынок услуг сотовой связи»;

— разработать систему показателей оценки рынка услуг сотовой связи как базиса развития цифровой экономики;

— разработать методику оценки рынка услуг сотовой связи и его вклада в развитие цифровой экономики;

— разработать комплексный индикатор оценки уровня цифровизации территорий;

— апробировать предложенную методику статистического анализа на микроуровне (анализ данных оператора связи), мезоуровне (анализ показателей цифровизации регионов Российской Федерации) и макроуровне (анализ показателей развития цифровой экономики для различных совокупностей стран мира).

Объектом исследования является совокупность явлений и процессов, отражающих результаты основной деятельности операторов связи, а также проникновение информационно-коммуникационных технологий и потребление услуг сотовой связи домохозяйствами, корпорациями и государством как на уровне РФ, так и на мировом уровне.

Предметом исследования являются методические подходы, используемые в отечественной и зарубежной статистической практике, для осуществления анализа рынка услуг сотовой связи, уровней проникновения телекоммуникационных и информационных технологий, а также процессов цифровизации.

Область исследования. Диссертационная работа соответствует Паспорту научной специальности 08.00.12 – Бухгалтерский учет, статистика (экономические науки): п. 4.10. «Методология построения статистических показателей, характеризующих социально-экономические совокупности; построения демографических таблиц; измерения уровня жизни населения; состояния окружающей среды», п. 4.11. «Методы обработки статистической информации: классификация и группировки, методы анализа социально-экономических явлений и процессов, статистического моделирования, исследования экономической конъюнктуры, деловой активности, выявления трендов и циклов, прогнозирования развития социально-экономических явлений и процессов», п. 4.12. «Методология социального и экономического мониторинга, статистического обеспечения управления административно-территориальным образованием; измерение неравномерности развития территориальных образований».

Методология и методы исследования. Теоретико-методологической основой исследования выступили рекомендации международных организаций в области построения статистики информационно-коммуникационных технологий, методические разработки Росстата и отечественных исследовательских институтов в данной сфере, а также научные труды отечественных и зарубежных ученых в области теории и статистической практики исследования рынка услуг сотовой связи, телекоммуникационных и информационных технологий, информационного общества и цифровой экономики.

Информационная база работы представлена открытыми базами данных и отчетами Международного союза электросвязи, Организации экономического сотрудничества и развития, Европейской службой статистики, Федеральной службы государственной статистики, отчетами НИУ «Высшая школа экономики» об уровне развития информационного общества в России, национальными статистическими агентствами других государств, а

также деперсонифицированными данными одного из операторов связи, опубликованных в рамках «Telecom Data Cup – CSI Analyze».

В ходе работы автором применялись общенаучные методы познания: анализ и синтез теоретического материала и фактических данных, систематизация, классификация, группировка и сравнительный анализ. Основными методами, используемыми в данной работе для обработки данных о степени развития рынка услуг сотовой связи с учетом их пространственно-временной структуры, являются методы эконометрики и прикладной статистики в части многомерного статистического анализа параметрической информации, а также методы машинного обучения. Для решения поставленных задач диссертационного исследования использованы пакеты прикладных программ SPSS «Statistics», Knime, Python.

Использование указанного инструментария позволило сформировать теоретический базис работы и апробировать предложенную методику статистического анализа данных на практике.

Научная новизна заключается в совершенствовании научно-методических подходов к статистическому анализу рынка услуг сотовой связи как базиса развития цифровой экономики, позволяющих расширить существующие информационно-аналитические возможности применения результатов работы национальной статистической системы как основы принятия государственных управленческих решений.

Положения, выносимые на защиту:

1. Выявлены особенности рынка услуг сотовой связи, заключающиеся в высоком уровне технологичности и инновационности оказываемых услуг, их конвергенции с информационными технологиями, агрегации им драйверов цифрового развития экономики, что позволило сформировать схему влияния рынка услуг сотовой связи на процессы датафикации и цифровизации (с. 21-27).

2. Сформулировано авторское понятие рынка услуг сотовой связи, которое определяет данный сектор в качестве ключевой инфраструктурной

компоненты процесса обеспечения потребности экономики по сбору и передаче данных, что позволяет рассматривать рынок услуг сотовой связи в качестве базиса развития цифровой экономики (с. 18-22; 25-28).

3. Разработана авторская система показателей оценки рынка услуг сотовой связи как базиса развития цифровой экономики, отличительной особенностью которой является включение в ее состав индикаторов проникновения цифровых технологий в экономику, что позволяет учитывать происходящие в экономике структурные сдвиги, вызванные процессами цифровизации (с. 50-56; 68-77).

4. Разработана авторская методика статистического анализа рынка услуг сотовой связи, которая позволяет повысить качество информационно-аналитической отчетности статистических служб посредством выявления глубинных закономерностей и взаимосвязей рассматриваемых явлений путем использования методов машинного обучения и современных методов многомерного статистического анализа параметрической информации (с. 81-101).

5. Разработан Индекс цифровизации экономики регионов, отличительной особенностью которого является использование при его формировании метода факторного анализа, и на основе полученных результатов построены модели индикаторов цифровой экономики, которые позволяют количественно оценить влияние рынка услуг сотовой связи на развитие цифровой экономики, что может быть использовано при управлении процессами цифровой трансформации на национальном и региональных уровнях (с.127-153).

6. Апробация методики статистического анализа рынка услуг сотовой связи с помощью методов машинного обучения на микроуровне выявила основные факторы, влияющие на показатели доходности компании и лояльности ее абонентской базы, что позволило количественно оценить вклад дополнительных услуг и сервисов в развитие компании (с.108-125).

Теоретическая значимость результатов исследования состоит в углублении существующей системы знаний в области теоретико-методических подходов к измерению и анализу рынка услуг сотовой связи, а также сопряженного с ним сектора телекоммуникационных и информационных технологий, степени цифровизации государств и территорий, цифрового разрыва.

Практическая значимость исследования заключается в расширении теоретических и эмпирических возможностей статистических исследований влияния процессов цифровизации на экономическое развитие на различных уровнях. Предложенная в работе методика статистического анализа на базе методов многомерного статистического анализа и машинного обучения может послужить основой для разработки новой статистической методологии, необходимость создания которой закреплена в Стратегии реформирования Федеральной службы государственной статистики.

Кроме того, практическая значимость исследования заключается в возможности применения описанной методики при анализе данных в операторах связи, в частности, при выявлении ключевых факторов экономической эффективности деятельности компаний с помощью методов машинного обучения.

Разработанный на базе методики Индекс цифровизации экономики и общества может быть использован профильными министерствами и ведомствами России для совершенствования государственной политики по снижению уровня цифрового разрыва между регионами и наращиванию цифрового потенциала страны.

Практическое применение результатов регрессионного анализа в части выявления прямых и косвенных эффектов поэтапного влияния развития рынка телекоммуникационных услуг на научный потенциал страны и экономическое развитие дает возможность повысить обоснованность постановки целей и выработки мерки в рамках реализации государственной политики в области цифровой экономики.

Степень достоверности, апробация и внедрение результатов исследования.

Степень достоверности диссертационного исследования подтверждается публикациями полученных результатов, апробацией на научных конференциях и конкурсах, практическом применении в деятельности компании-оператора связи, а также использованием при его проведении официальных открытых данных международных и национальных статистических агентств и других организаций.

Основные положения и выводы диссертационного исследования рассматривались на научно-практических мероприятиях: на II Международной научно-практической конференции «Наука на современном этапе: вопросы, достижения, инновации» (г. Тюмень, Исследовательский центр «Quantum», 17 апреля 2018 г.); на XXI Международной научно-практической конференции «EURASIASCIENCE» (Москва, Научно-исследовательский центр «Актуальность Российской Федерации», 15 апреля 2019 г.); на Международной научно-практической конференции «Глобальная экономика в XXI веке: роль биотехнологий и цифровых технологий» (г. Пенза, Высшая школа бизнеса «МВА Integral», 06 июня 2020 г.).

Предложенные в диссертационном исследовании методы статистического анализа данных телекоммуникационных компаний (микроуровень) были внедрены Дирекцией по клиентскому сервису компании ПАО «ВымпелКом» для оценки факторов, влияющих на такие ключевые показатели деятельности дирекции, как показатель лояльности клиентов (NPS) и показатель доходности клиентов (ARPU). Указанные методы статистического анализа используются в практической деятельности компании и способствуют цифровой трансформации ее бизнес-процессов.

Материалы диссертации используются в преподавании дисциплины «Экономическая статистика» Департамента учета, анализа и аудита Финансового университета.

Апробация и внедрение результатов исследования подтверждены соответствующими документами.

Публикации. Основные положения диссертационного исследования находят отражение в 8 опубликованных работах общим объемом 5,8 п.л. (весь объем авторский), в том числе в 4 работах авторским объемом 3,2 п.л., опубликованных в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК при Минобрнауки России.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации определена целью, задачами и логикой исследования. Диссертация включает в себя введение, три главы, заключение, список сокращений и условных обозначений, список литературы из 187 наименований и 5 приложений, содержит 33 рисунка и 30 таблиц. Текст диссертации изложен на 205 страницах.

Глава 1 Теоретические основы статистического исследования рынка услуг сотовой связи как основы развития цифровой экономики

1.1 Рынок услуг сотовой связи как объект статистического исследования

Развитие экономических отношений в обществе неразрывно связано с научно-техническим прогрессом, который выражается в смене технологических укладов: совокупности научных, технологических и производственных процессов, обеспечивающих переход на более высокий уровень производства, распределения и потребления благ [146].

С.Ю. Глазьев рассматривает долгосрочное технико-экономическое развитие как «неравномерный процесс последовательного замещения целостных комплексов технологически сопряженных производств – технологических укладов» [112]. При этом материальные условия перехода к новому технологическому укладу формируются в рамках предыдущего этапа научно-технического и экономического развития.

Так, электростанции, электрические распределительные сети и телефон, являющиеся базовыми технологиями цикла электричества и стали (третьего технологического уклада) вследствие своего развития и распространения привели ко второй промышленной революции: энергетической базой производства стало электричество, начался процесс всеобщей электрификации. Появились новые отрасли промышленности (электроэнергетика, химическая, нефтяная промышленности, автомобилестроение), было изобретено конвейерное производство. Научные знания постепенно становились основой экономического развития, росли производительность труда и уровень жизни населения.

На базе достижений третьего экономического уклада произошла научно-техническая революция, стартом которой стало изобретение

полупроводников, способствующих появлению ЭВМ, персональных компьютеров и сети Интернет. Все это привело к переходу общества из индустриального состояния в постиндустриальное. Это понятие было сформулировано Д. Беллом, который определил в качестве основной технологии, доминирующей в обществе, технологию интеллектуальную, основанную на информации (в противовес машинной технологии индустриального общества) [131].

Несмотря на различные подходы к определению постиндустриального общества, большинство исследователей подчеркивают особую значимость процессов производства, хранения, передачи и обработки информации для развития общества и экономики на данном этапе [146]. Поэтому новая технико-экономическая парадигма получила название пятого информационно-коммуникационного цикла Кондратьева, из чего следует, что в основе производственных процессов данного технологического уклада лежат информационные и коммуникационные технологии.

Очень быстро проблема постиндустриального общества стала одной из ведущих в западной политологии. Ключевым направлением исследования стали революционные изменения на мировом рынке, связанные с бурным развитием и конвергенцией коммуникационных технологий и повлекшие за собой изменения в социальном устройстве. В связи с этим возникает термин «информационное общество» как разновидность теории постиндустриализма. Японский ученый И. Масуда рассматривает информацию как экономическую категорию, которая трансформирует все сферы развития социума [131]. По мнению исследователя в новом типе общества передача и обработка информации играют ключевую роль, а все сферы социокультурной и экономической жизни протекают в информационной среде.

Таким образом, с 50-х годов двадцатого века формируются и развиваются концепции, подчеркивающие значимость услуг связи, базирующихся на телекоммуникационных и информационных технологиях, в дальнейшем развитии экономики и общества в целом.

Первые попытки статистически оценить влияние коммуникаций на экономический рост было продемонстрировано в работе немецкого экономиста А. Джиппа, опубликовавшем в 1963 году статью «Благосостояние государств и телефонная плотность». В данной статье был приведен график, иллюстрировавший зависимость между телефонной плотностью 120 стран мира и валовым внутренним продуктом [20]. Этот график получил название кривой Джиппа. Работа Джиппа показала наличие существенной взаимосвязи между распространением коммуникаций и благосостоянием различных стран.

Дальнейшее развитие информационно-коммуникационных технологий (далее – ИКТ) и информационной экономики привело к усложнению взаимосвязей между технологиями и экономическим ростом, что обусловило постепенное увеличение статистических исследований рынка телекоммуникационных услуг как базиса развития экономики.

В начале 21 века особое внимание международные организации стали уделять статистическим подходам к измерению сектора ИКТ и информационного общества. Статистика большинства национальных статистических агентств обогатилась дополнительными показателями и индикаторами развития сферы ИКТ. Кроме того, появилось достаточно большое количество исследований, в которых посредством различных статистических методов предпринимались попытки оценить воздействие телекоммуникационных технологий на экономику.

Как работа статистических органов, так и исследования отдельных ученых связаны с исследованием взаимосвязей между распространением мобильной связи, доступа в интернет и экономическим ростом в разных странах. Рассмотрим некоторые из этих подходов с целью определения ключевых направлений изучения рынка услуг сотовой связи в контексте статистических исследования.

Достаточно большое количество исследований в данной сфере принадлежит Раулю Катцу (Raul Katz), профессору Колумбийского института телекоммуникаций. Он рассматривает социальное и экономическое

воздействие цифровой трансформации на экономику и приходит к выводу, что трансформация происходит в три волны, при этом технологическим базисом первой волны выступают компьютеры, мобильные телефоны, мобильная связь и широкополосный доступ в интернет, базисом второй – онлайн-платформы и облачные вычисления, а основой третьей выступают интернет вещей, робототехника, искусственный интеллект [171].

Телекоммуникационные технологии, лежащие в основе рынка услуг сотовой связи, исследуются им в контексте распространения доступа в Интернет, а также опосредованно посредством включения его статистических показателей в индексы цифровизации экономики.

Такой подход при изучении рынка услуг сотовой связи характерен и для многих отечественных исследователей. Так, например, ученые Института развития информационного общества Российской академии наук (Е.Ю. Хохлов, С.Б. Шапошник) включают ИКТ сектор в базовую технологическую компоненту современной экономики и говорят о последовательной смене трех волн в рамках текущего экономического уклада [7].

Профессор Финансового университета Р.М. Нуреев утверждает, что становление цифровой экономики происходит в три этапа: распространение стационарного интернета, мобильный интернет и интернет вещей, передовые цифровые технологии [121].

Институт экономики знаний НИУ ВШЭ в своем ежегодном статистическом сборнике «Информационное общество» также рассматривает сферу телекоммуникаций в неразрывной связи с информационными технологиями и информационной экономикой [13].

Можно заключить, что многие исследователи изучают рынок услуг сотовой связи в качестве базиса формирования цифровой экономики, а также отмечают последовательную смену ключевых технологий, отвечающих за предоставление телекоммуникационных услуг на каждом этапе развития рынка.

Кроме того, ряд исследователей занимается поиском подходов к анализу рынка услуг сотовой связи с позиции поиска и оценки внешних экономических эффектов, сопряженных с его развитием.

Например, Микаэль Уард (Michael R. M. Ward), Шилин Женг (Shilin Zheng) исследуют значительные позитивные внешние эффекты, сопряженные с распространением мобильных технологий, а также проводят территориальный анализ развития экономики на базе распространения телекоммуникационной инфраструктуры [186].

О значимости именно косвенных эффектов при распространении телекоммуникационных технологий и их преобладании над прямыми эффектами говорят и отечественные исследователи, такие, как В.А. Бессонов, Н.Ю. Бродский, С.В. Журавлев, А.Г. Столярова, А.С. Фролов. Они показывают, что статистическая методика оценки вклада телекоммуникаций в рост экономики нуждается в модернизации, поскольку влияние данного сектора не ограничивается его прямым вкладом в формирование валовой добавленной стоимости [22].

Мариана Канева (Mariana Kaneva) в качестве исходной точки для анализа взаимосвязи ИКТ и уровня развития экономики использует кривую Джиппа, но говорит о необходимости решения ряда методологических проблем, присущих этому методу, а также необходимости использования эконометрических моделей для оценки влияния телекоммуникационной инфраструктуры на Валовой внутренний продукт (далее – ВВП) на душу населения. Акцентируется внимание на необходимости учета и обратного влияния в статистических моделях: рынок услуг сотовой связи будет зависеть от уровня экономического развития в предыдущих периодах [169].

Отдельно следует сказать о ряде исследований, посвященных изучению такого понятия как «цифровой разрыв» и его оценке. Это понятие было рассмотрено Организацией экономического сотрудничества и развития (далее – ОЭСР) и представляет собой разрыв между отдельными гражданами, домашними хозяйствами, предприятиями и географическими районами на

различных социально-экономических уровнях как в отношении их возможностей доступа к ИКТ, так и в отношении использования ими интернета для широкого спектра видов деятельности [177].

Американский исследователь Бэрри Китинг (Barry Keating) рассматривает доступ к телекоммуникациям как основу роста доходов страны, в связи с чем делается вывод о том, что самым большим неравенством, существующим в 21 веке, является отсутствие доступа к такого рода инфраструктуре в наименее развитых странах, ведущее к «цифровому неравенству» [172].

Проблемами цифрового неравенства как следствия неравномерного развития рынка телекоммуникационных услуг в разных территориях занимаются и отечественные ученые, например, О.В. Волченко, Л.С. Бабылина, которые также подчеркивают значимость повышения доступности телекоммуникаций и уменьшения разрыва цифровых навыков [50; 106].

Таким образом, все исследователи подчеркивают значимость телекоммуникационной инфраструктуры в формировании информационного общества. Некоторые из них не исключают и факта обратной зависимости (экономическое развитие оказывает воздействие на развитие телекоммуникационной инфраструктуры). Однако в большинстве рассмотренных нами работ рынок услуг сотовой связи рассматривается в качестве базиса формирования цифровой экономики посредством включения этой компоненты в индексы развития информационного общества или построения статистических моделей. Кроме того, исследователи зачастую не акцентируют внимание на обозначении теоретических границ понятия «рынок услуг сотовой связи», а подходы к определению цифровой экономики разнятся от работы к работе.

Краткий обзор современных исследований сферы ИКТ подтвердил актуальность рассмотрения рынка услуг сотовой связи в качестве объекта статистического исследования. В связи с чем представляется необходимым

рассмотреть подходы к определению данного понятия и обозначить его роль в системе факторов, влияющих на развитие цифровой экономики.

Наиболее часто встречающимся определением рынка в экономической литературе является следующая дефиниция: рынок представляет собой систему экономических отношений, которая складывается в процессе производства, обращения и распределения товаров между экономическими агентами (производителями и потребителями).

Производителем услуг в нашем случае выступает оператор связи, а потребителями – пользователи услуг на основе договора об оказании услуг. Перечень данных услуг содержится в Общероссийском классификаторе видов экономической деятельности (далее - ОКВЭД). Согласно ОКВЭД, деятельность операторов связи относится к деятельности в области телекоммуникаций, которая включает в себя:

- услуги фиксированной телекоммуникационной связи;
- услуги операторов связи в сфере проводных телекоммуникаций;
- услуги по передаче данных по проводным телекоммуникационным сетям;
- услуги телекоммуникационные проводные в информационно-коммуникационной сети Интернет;
- услуги связи для целей кабельного вещания;
- услуги подвижной связи;
- услуги операторов связи в сфере беспроводных телекоммуникаций;
- услуги по передаче данных по беспроводным телекоммуникационным сетям;
- услуги телекоммуникационные беспроводные в информационно-коммуникационной сети Интернет;
- услуги связи для целей эфирного вещания;
- услуги спутниковой связи;
- прочие телекоммуникационные услуги [40].

Таким образом, телекоммуникационные технологии представляют собой способы передачи данных на большие расстояния, а телекоммуникационные услуги представляют собой результат деятельности оператора связи по передаче данных на базе технических коммуникационных средств.

Как можно увидеть из классификации, телекоммуникационные услуги подразделяются на проводные, беспроводные и прочие. Телекоммуникационная отрасль, зародившись на основе проводных технологий по передаче связи, основное развитие получила при широком внедрении беспроводных технологий, главным образом, технологий сотовой связи.

Рынок сотовой связи изначально был представлен услугами по передаче голосовой и текстовой информации между абонентами, но дальнейшее стремительное развитие технологий привело к расширению границ рынка и включению в его состав услуг по предоставлению доступа к интернету с мобильных устройств. Постепенно под влиянием развития информационно-телекоммуникационных технологий и насыщения ими рынка, операторы связи стали оказывать дополнительные услуги, включающие в себя высокоскоростной интернет, мобильный интернет, интернет вещей и другие. Таким образом, рынок услуг сотовой связи в современных экономических условиях вышел за границы предоставления только собственного сотовых услуг, в связи с чем данное понятие все чаще заменяется понятием рынок телекоммуникационных услуг.

Итак, технологическими компонентами понятия «телекоммуникационная услуга» являются проводные и беспроводные технологии, обеспечивающие доступ в сеть «Интернет», передачу данных по телекоммуникационным сетям, технологии подвижной (сотовой) связи, а также телефония, спутниковая связь, связь для целей кабельного и эфирного вещания. В целом можно сказать, что телекоммуникации – это способы передачи информации на большие расстояния. При этом, напомним, что с

точки зрения экономической теории услуга представляет собой вид товара, который не имеет материального выражения, является деятельностью или результатом деятельности, который неотделим от производителя.

Телекоммуникационная услуга – результат деятельности оператора связи на основе технических телекоммуникационных средств с целью удовлетворения потребностей потребителя, связанных с получением и передачей информации с помощью коммуникационных технологий. Услуги сотовой связи являются составной частью телекоммуникационных услуг и представляют собой услуги, оказываемые оператором связи, на базе беспроводных телекоммуникационных технологий.

На основании определения телекоммуникационных услуг можно сделать вывод о наличии у них специфических черт, таких как:

- значительное влияние технической составляющей и инноваций на процесс оказания услуги, ее качество и удовлетворенность потребителя, что делает рынок телекоммуникаций олигополистическим;
- невозможность отделения коммуникационных услуг от информационных технологий, таких как персональные компьютеры, мобильные телефоны, специфическое программное обеспечение;
- телекоммуникационные услуги посредством передачи информации выступают основой развития современных экономических отношений, влияя на другие отрасли и домашние хозяйства.

Как было рассмотрено нами ранее, эффективная экономическая деятельность в настоящее время основывается на преобразовании информации, представляющем собой целенаправленный обмен упорядоченными данными с другими структурами и людьми. Для осуществления процессов передачи и обработки информации необходимы телекоммуникационные технологии, которые в конвергенции с информационными технологиями, выступают технологическим базисом развития постиндустриального общества. При этом социально-экономическим последствием данного взаимодействия является такое понятие

как «цифровая экономика». Все это приводит нас к выводу о том, что понятие рынок услуг сотовой связи неразрывно связан с понятиями «информационные технологии» и «цифровая экономика», а потому должен рассматриваться в логической взаимосвязи с ними.

Федеральный закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» закрепил следующее определение информационных технологий: «процессы, методы поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления, распространения информации и способы осуществления таких процессов и методов».

В основе информационных технологий лежат, в том числе, методы передачи информации, которые тесно сопряжены с телекоммуникационными технологиями.

Цель информационной технологии заключается в производстве информации для анализа человеком и принятии на основе этого анализа какого-либо управленческого решения. При этом и предметом, и продуктом труда здесь является информация, а орудиями труда – средства вычислительной техники и связи [146].

Воздействие коммуникационных и информационных технологий на экономический рост постоянно увеличивается: существенные изменения в экономике, сопряженные с появлением Интернета и процессом развития электроники, привели к проникновению интернета во все сферы деятельности общества, возникновению новых цифровых платформ и услуг, новым способам обработки, анализа и хранения данных. ИКТ-технологии позволили быстро и эффективно использовать для обработки большие массивы данных (big data), что качественно повлияло на анализ данных, и, соответственно на принятие экономических решений. Создание новых цифровых моделей еще более ускорило рост автоматизации и роботизации всех видов деятельности.

Это привело к развитию концепции информационного общества и информационной экономики, что выразилось в появлении такого термина как цифровая экономика.

В случае с определением такого понятия как «цифровая экономика» среди исследователей этой сферы отсутствует единый подход к его трактовке. Этот термин часто заменяется следующими понятиями: «информационная экономика», «экономика знаний», «сетевая экономика», «Интернет-экономика», «электронная экономика».

Нам представляется наиболее верной концепция А.Б. Сулова, представленная в докладе «Цифровая экономика: что и как измерять?», где информационная экономика, экономика знаний и цифровая экономика представлены как разные этапы развития и проникновения ИКТ [84]. Ввиду этого мы будем рассматривать эти понятия как близкие, но качественно отличающиеся.

Термин «цифровая экономика» обязан своим появлением в научном и предпринимательском сообществе автору книги «Электронно-цифровое общество» (Digital Economy) Дону Тапскотту (Don Tapscott), которая вышла в 1994 г. , а также американскому ученому Николасу Негропonte (Nicholas Negroponte) из Массачусетского университета, который ввел его в широкое употребление в 1995 г. [153]

Дон Тапскотт определил цифровую экономику как совокупность двух взаимосвязанных типов экономических активностей: информационного (базирующегося на сетевых ресурсах) и коммуникационного (базирующегося на интернет-технологиях) [180].

Впоследствии это определение развивалось рядом исследователей с целью более точного выделения компонентов цифровой экономики (видов экономической активности, которые можно отнести к новому типу экономики).

Томас Л. Мезенбург (2001 год) выделил в цифровой экономике два значимых процесса: создание продукции ИКТ-инфраструктуры и использование ИКТ для экономической активности [105].

Однако с развитием технологий грань между «традиционной экономикой» и «цифровой экономикой» постепенно стиралась (ввиду

цифровизации все большего количества отраслей и компаний), что привело к формированию все более размытых определений понятия «цифровая экономика».

В большинстве случаев цифровая экономика стала рассматриваться упрощенно как экономика, основанная на цифровых технологиях. При этом в термин «цифровые технологии» – в зависимости от времени появления формулировки дефиниции – включаются все новые компоненты.

Примером такого определения является трактовка цифровой экономики Всемирным банком: новый экономический уклад, основанный на цифровых технологиях, включающих в себя мобильные телефоны и интернет, а также прочие средства сбора, хранения и передачи информации. Новый тип экономики формирует цифровые навыки и возможности у общества, организаций и государства. В докладе 2016 года «Цифровые дивиденды» говорится, что цифровые технологии благодаря снижению информационных затрат способствуют инновациям, повышению эффективности деятельности компаний [67].

Согласно Стратегии развития информационного общества РФ цифровая экономика представляет собой деятельность, в которой ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде [37]; обработка больших объемов этих данных и использование результатов их анализа позволяют повысить эффективность экономической деятельности [139].

Новая российская программа по развитию цифровой экономики описывает следующие три ее составляющие:

- все сферы и отрасли экономики, в которых происходит взаимодействие продавцов и покупателей;
- современные платформы и технологии, которые создают основу для развития рынков и отраслей;
- информационное пространство, в котором сформированы условия для совершения экономических процессов в различных сферах деятельности

экономики, т. е. разработаны правовые нормы, обеспечена информационная безопасность и создана информационная инфраструктура [41].

Таким образом, два нижних уровня цифровой экономики представляют собой основу для развития всех отраслей экономики, включая в себя информационно-коммуникационную инфраструктуру и ключевые институты.

Авторитетные ученые в сфере цифровой экономики Р. Бухт и Р. Хикс, предложили свой вариант определения цифровой экономики, представляя ее в виде трех взаимосвязанных уровней.

Первый уровень: цифровой сектор, включающий в себя телекоммуникации, программное обеспечение, ИТ-консалтинг, производство вычислительной техники.

Второй уровень: цифровая экономика, включающая в себя цифровой сектор, а также платформенные решения, цифровые услуги и др.

Третий уровень: цифровизированная экономика, включающая в себя цифровую экономику, а также сетевой бизнес, электронную торговлю [105].

Исследователи проводят границу между цифровой и цифровизированной экономикой, что позволяет выделять различные этапы в развитии цифровой экономики.

Таким образом, большинство исследователей сходятся во мнении, что цифровая экономика представляет собой некий новый экономический уклад, базисом которого выступает сектор ИКТ. Становление цифровой экономики происходило в несколько этапов, связанных с распространением различных цифровых технологий.

При этом на сегодняшний день развитие цифровых технологий достигло такого уровня, что все секторы экономики в той или иной степени цифровизированы. Так, О.И. Тимофеева говорит о том, что цифровая экономика на сегодняшний день проникла во все отрасли, в связи с чем нецелесообразно делить экономику на цифровую и нецифровую [102].

Резюмируя приведенные мнения и позиции, определимся с тем, что цифровая экономика как экономическая категория и феномен представляет

собой сложную структуру экономических отношений, которая включает в себя различные «измерения»: поставщиков и потребителей цифровых технологий, способы их взаимодействия, а также результаты применения этих технологий, выраженные в цифровых товарах и услугах.

Таким образом, телекоммуникационные услуги, предоставляемые компаниями-операторами, являются основой цифровой экономики, поскольку предоставляют инфраструктуру для обмена данными. Однако понятие «цифровая экономика» шире, чем просто информационно-коммуникационный сектор и шире, чем просто цифровизация бизнеса. Цифровая экономика представляет собой новый тип взаимодействия и построения бизнес-процессов, появлению которого способствовали ИКТ. Вместе с тем развитие цифровой экономики происходит в несколько волн. Если толчком к изменению экономических отношений послужило возникновение и распространение сотовой связи и Интернета, то теперь все большую роль приобретают другие технологии. Так, по прогнозам компании Microsoft ключевую роль в дальнейшем развитии мировой индустрии должно сыграть массовое внедрение технологических платформ [89]. Их основными элементами являются облачные вычисления, мобильность, интернет вещей, технологии больших данных, бизнес-аналитики и машинного обучения.

Все это не может не влиять на рынок услуг сотовой связи, заставляя операторов помимо традиционных услуг предлагать и цифровые услуги. Так, согласно ежегодным отчетам компании ПАО «Ростелеком» к цифровым услугам операторы относят следующие:

– M2M (от англ. Machine to Machine) или Интернет вещей — общее название технологий, которые позволяют различным устройствам обмениваться информацией друг с другом, или же передавать ее в одностороннем порядке. Это могут быть проводные и беспроводные системы мониторинга датчиков или каких-либо параметров устройств (температура, уровень запасов, местоположение);

– центры обработки данных. Это специализированное здание для размещения (хостинга) серверного и сетевого оборудования и подключения абонентов к каналам сети Интернет;

– облачные технологии – это технологии обработки данных, в которых компьютерные ресурсы предоставляются пользователю как сервис [89].

Представим описанный нами процесс проникновения телекоммуникаций в виде схемы на рисунке 1.1.



Источник: составлено автором.

Рисунок 1.1 – Трансформация рынка услуг сотовой связи как базиса развития цифровой экономики

Таким образом, развитие телекоммуникаций можно разделить на три этапа: развитие фиксированного доступа в Интернет и сотовой связи; распространение мобильного интернета; предоставление облачных сервисов и интернет вещей. Широкое распространение фиксированного, а затем мобильного Интернета в конвергенции с развитием информационных технологий привело к постепенной цифровизации экономики – распространению онлайн-торговли, развитию электронного правительства и онлайн социальных сервисов. Все большая цифровизация жизни общества и экономики позволила говорить о формировании нового экономического уклада – цифровой экономики, базисом которой выступают данные, платформенные решения и искусственный интеллект. Одновременно с этими процессами рынок услуг сотовой связи также начинает меняться, охватывая все большие направления цифровых технологий.

Рассмотренные выше дефиниции таких категорий, как «рынок», «телекоммуникационная услуга», «услуга сотовой связи», «информационные технологии», «цифровая экономика» позволяют сформулировать авторское определение понятия «рынок услуг сотовой связи», основанное на корректировке существующих определений. В нашем понимании этот рынок представляет собой систему экономических отношений, которая складывается в процессе оказания услуг по передаче информации оператором связи с целью удовлетворения платежеспособного спроса со стороны потребителей на основе как собственно беспроводных телекоммуникационных технологий, так и сопряженных с ними информационных технологий.

Рынок услуг сотовой связи в конвергенции с рынком информационных технологий должен восприниматься как одна из основных технологических составляющих цифровой экономики, которая представляет экономические отношения, связанные с производством, хранением, обработкой и, прежде всего, передачей информации и знаний в виде информационных продуктов и услуг посредством существующих телекоммуникационных технологий. В нашем понимании цифровая экономика включает в себя цифровизированную

экономику (онлайн-продажи, электронные государственные услуги), а также собственно цифровую экономику, основной которой выступают данные и их обработка.

В контексте нашего исследования рынок услуг сотовой связи будет рассматриваться во взаимодействии с секторами информационных технологий и проводных телекоммуникационных услуг, а также будет оцениваться вклад данной отрасли в экономическое развитие, в частности, с позиции оказываемого влияния на активизацию процессов цифровизации и датафикации.

Рынок услуг сотовой связи как объект статистического исследования характеризуется системой показателей, отражающих результаты основной деятельности телекоммуникационных и информационно-технологических компаний, объемы и уровня потребления телекоммуникационных услуг домохозяйствами, фирмами и государством, а также вклад данного сектора в развитие национальной и мировой экономики.

Таким образом, в данном параграфе нами были рассмотрены основные тенденции экономического развития последних лет, в частности, был сделан вывод, что в условиях глобализации мировой экономики в рамках пятого информационно-коммуникационного цикла Кондратьева ключевым фактором повышения конкурентоспособности стран стало развитие так называемой цифровой экономики. Базисом для таких инфраструктурных преобразований экономического пространства служит расширение использования телекоммуникационных технологий в конвергенции с информационными технологиями. Рассмотренные нами работы ученых и международных сообществ по заданной проблематике содержат в себе постулаты о значительном влиянии распространения услуг сотовой связи на развитие цифровой экономики и о наличии прямых и косвенных эффектов сектора ИКТ на экономический рост.

Рынок услуг сотовой связи как объект статистического исследования был изучен нами с нескольких позиций: как система экономических

взаимоотношений по оказанию услуг по передаче информации оператором связи, а также как технологическая основа нового уклада, экономическим выражением которого служит цифровая экономика. Было выявлено, что рынок услуг сотовой связи неотделим от сектора информационных технологий и должен рассматриваться во взаимосвязи с ним. Кроме того, проведенный анализ материалов по теме исследования позволил сделать вывод о постепенном расширении границ данной сферы ввиду насыщения рынка одними технологиями и возникновения других. На данный момент операторы связи не ограничиваются только предоставлением услуг сотовой связи, но и оказывают ряд дополнительных цифровых услуг.

Представленная на рисунке 1.1 нами схема развития телекоммуникаций и цифровой экономики может служить методическими контурами рынка услуг сотовой связи как объекта статистического изучения.

Для проверки предположения о взаимосвязи уровня проникновения телекоммуникационных услуг и экономического развития осуществим статистический обзор состояния рынка телекоммуникационных услуг как совокупности взаимосвязанных статистических показателей проникновения проводных и беспроводных телекоммуникаций – оценим его объем, структуру, динамику, а также степень влияния телекоммуникационных технологий на экономическую эффективность.

1.2 Статистический анализ состояния и динамики рынка услуг сотовой связи в зависимости от уровня экономического развития стран мира

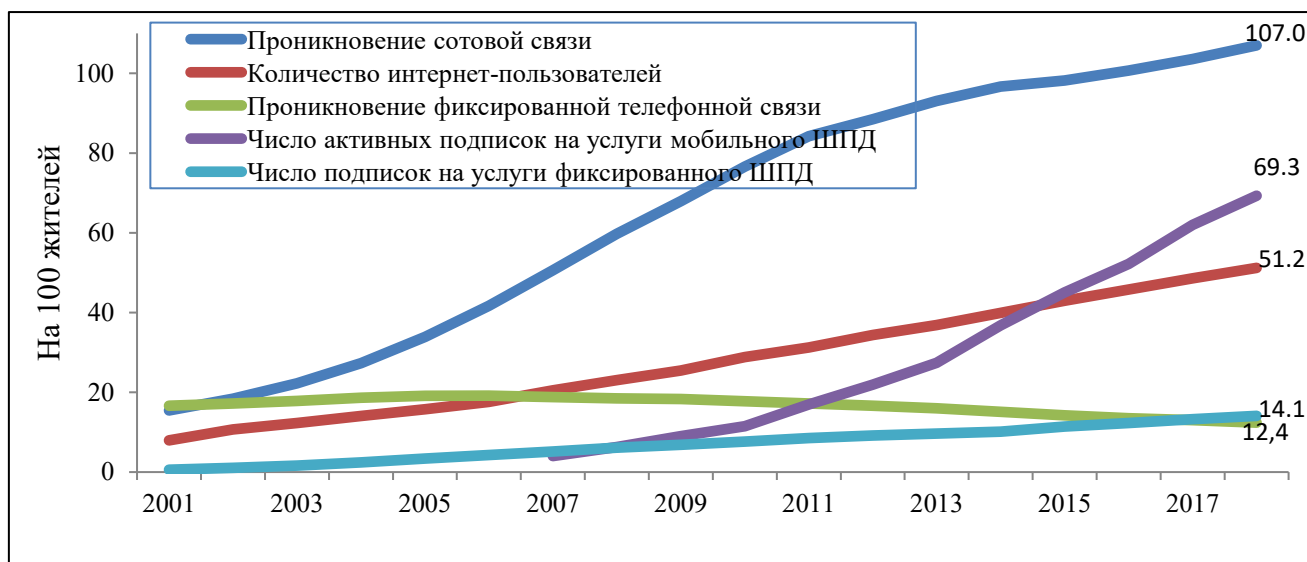
Создание комплексного представления об объекте научного исследования предполагает проведение всестороннего анализа его количественных характеристик и последующее за этим проникновение в природу изучаемых сложных массовых явлений и процессов, вскрытие их

неявных взаимосвязей и зависимостей. С этой целью на данном этапе нашего исследования мы предпримем попытку охарактеризовать особенности структуры и динамики мирового рынка телекоммуникационных услуг и сферы сотовой связи, а также наглядно продемонстрировать объективный факт влияния уровней проникновения телекоммуникационной инфраструктуры на экономический статус отдельной страны.

К фундаментальным характеристикам степени развитости сферы телекоммуникаций традиционно относятся показатели, публикуемые в ежегодных отчетах Международного союза электросвязи (International Telecommunication Union, ITU). Эти отчеты, именуемые как «Отчеты по измерению информационного общества», содержат ряд индикаторов оценки развития информационного общества, отражающих как объемы потребления телекоммуникационных услуг, так и уровень интенсивности этого потребления. К таким показателям относят, например, численность абонентов фиксированной (проводной) телефонной связи, численность абонентов мобильной (подвижной) телефонной связи, численность абонентов-пользователей широкополосным (высокоскоростным) доступом (далее – ШПД) в сеть Интернет, а также схожие с ними характеристики, но уже в расчете на каждые 100 человек населения обследуемой территории.

Определение границ объекта статистического исследования в нашем случае подразумевает масштабирование охвата тематических явлений и процессов как на глобальном (общемировом), так и на региональном (континентальном), и, конечно же, на национальном (межстрановом) уровнях.

Самое общее, начальное представление о развитии рынка телекоммуникаций в общемировом масштабе с начала текущего столетия может быть получено в результате проведения визуального анализа графиков динамики показателей статистики электросвязи на рисунке 1.2.



Источник: составлено автором по материалам [187].

Рисунок 1.2 – Динамика мирового рынка телекоммуникационных услуг в 2001-2018 гг.

Очевидно, что графики свидетельствуют о возможном наличии следующих ключевых трендов развития телекоммуникаций на общемировом уровне:

- все представленные тренды носят монотонный характер и отражают положительную динамику. Исключение составляет фиксированная телефонная связь в силу особенности ее инфраструктурных затрат;

- долгосрочный положительный тренд общей доступности телекоммуникационных услуг. Значения показателей проникновения голосовой сотовой связи близки к насыщению, что дополняется резким ростом использования мобильного интернета, который, однако, пока не достиг уровней доступности и использования мобильной связи;

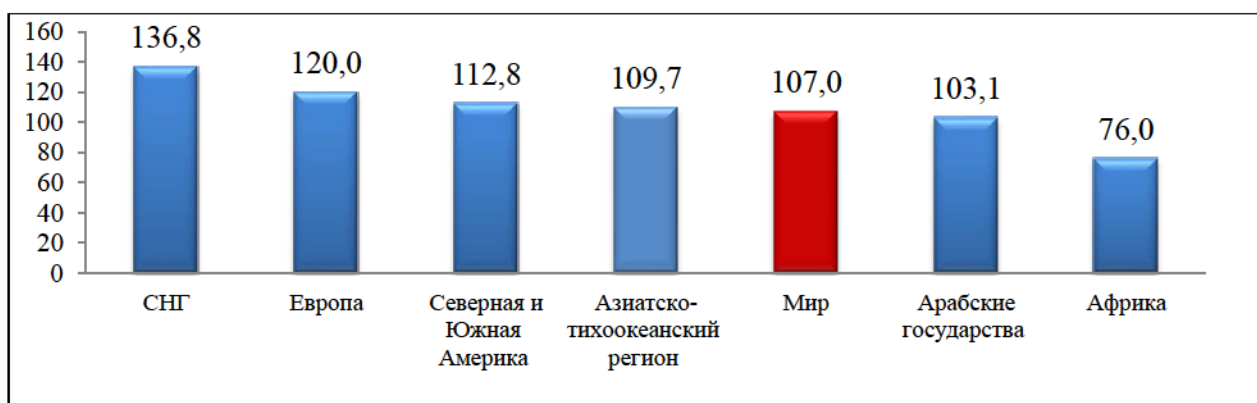
- уверенная тенденция роста широкополосного доступа в сеть Интернет. Интенсификация использования высокоскоростного и бесперебойного интернета позволяет создавать все более сложные платформы и технологии для дистанционного обмена данными;

- преобладание использования мобильных технологий над фиксированными – как в области голосовой телефонии, так и в сфере передачи

данных. Последнее актуально и для интернет-пользователей вообще, и для тех, кто имеет широкополосный доступ в сеть Интернет.

Действительно, статистика Международного союза электросвязи (далее – МСЭ) подтверждает факт «взрывного» характера процесса проникновения сотовой связи на глобальном уровне – в 2018 году на 100 человек населения приходилось 107 подключенных к сети мобильных устройств, что в 7 раз больше по сравнению с 2001 годом. В абсолютном выражении количество подключенных к сети абонентских устройств в 2018 году составило 8 160 млн единиц, таким образом, превысив численность населения планеты. Однако необходимо отметить постепенное сокращение темпов прироста показателей данного процесса: наиболее быстрыми темпами рынок сотовой связи рос в 2001-2008 гг., средний темп прироста составлял 21,3%; с 2009 года происходит постепенное сокращение темпов прироста, и средний уровень показателя в 2009-2018 гг. составляет 6,0%. В 2018 году относительно 2017 года темп прироста показателя проникновения сотовой связи составил 3,3%. Таким образом, данная тенденция свидетельствует о насыщении мирового рынка мобильной телефонной связи.

На следующем уровне детализации на рисунке 1.3 – уровне географических регионов – прослеживается явная территориальная дифференциация по значениям индикатора проникновения сотовой связи.



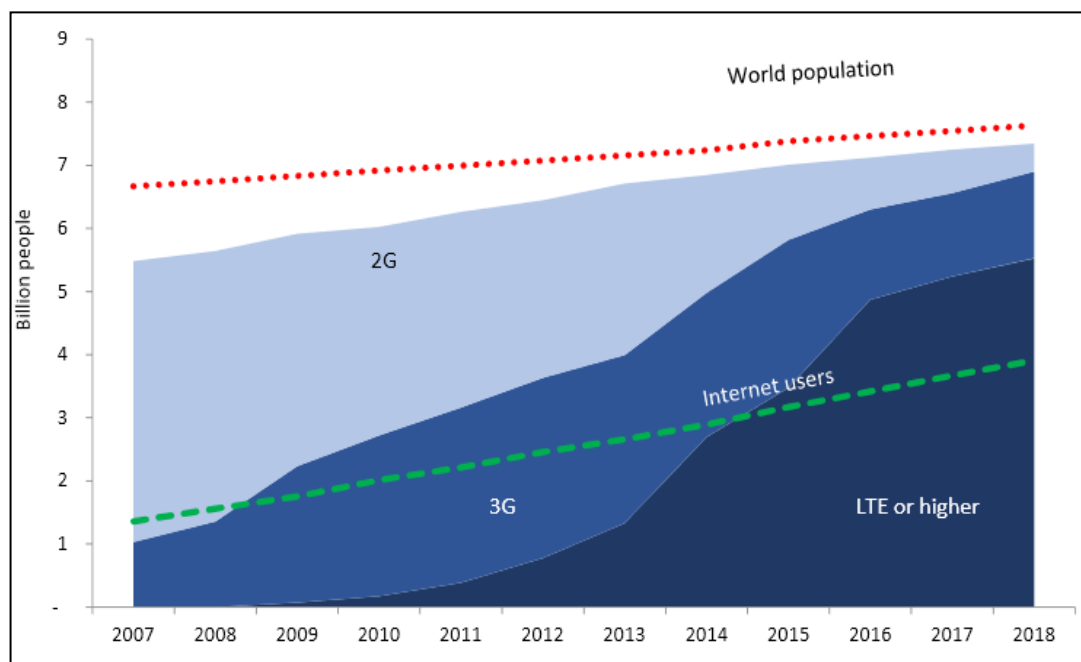
Источник: составлено автором по материалам [187].

Рисунок 1.3 – Уровни проникновения мобильной сотовой связи по регионам мира в 2018 году

Лидерами здесь являются страны Содружества независимых государств (СНГ) и страны Европы. Единственным регионом, страны которого не смогли преодолеть отметку в 100 абонентов на сотню жителей, оказалась Африка.

Вместе с тем, оценивая динамику глобального рынка мобильной связи в плане охвата населения на континентальном уровне, можно отметить, что в 2018 году более 80% числа «мобильных» абонентов приходилось на развивающиеся страны, тогда как еще в 2000 году эта цифра составляла лишь 35%. Из этого следует вывод о том, что наблюдаемый интенсивный рост абонентской базы на общемировом уровне за анализируемый период (2001-2018 гг.) обеспечивался во многом за счет усиления проникновения услуг сотовой связи на развивающихся рынках.

Важным направлением анализа глобального телекоммуникационного рынка является оценка структуры абонентов мобильной связи по типу сети. Трансформация структуры использования странами мира существующих стандартов в этой области демонстрируется на рисунке 1.4.



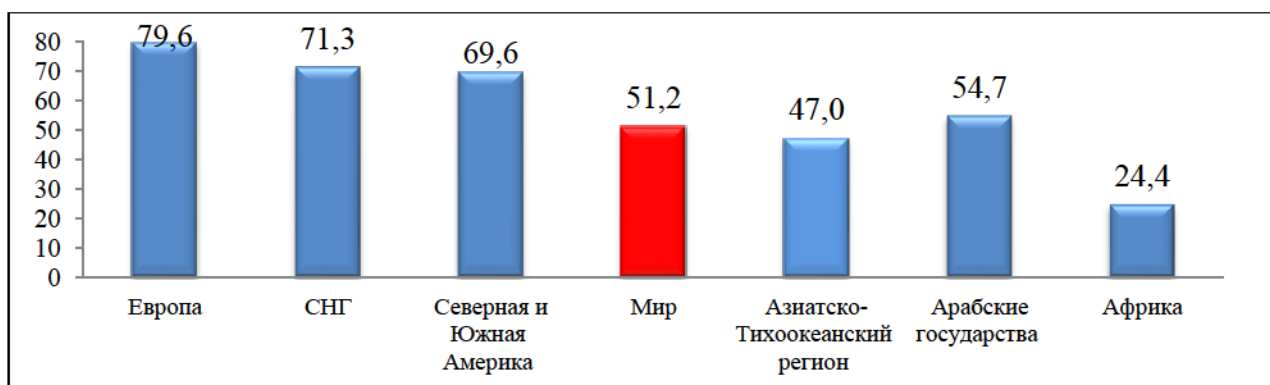
Источник: составлено автором по материалам [67].

Рисунок 1.4 – Охват населения мира по поколениям мобильной телефонии, 2007-2018 годы

Здесь явно прослеживается серьезный «технологический» сдвиг – если на рубеже веков подавляющее число абонентских подписок приходилось на стандарт 2G, то к 2018 году наибольшая доля пользователей мобильной связью имела доступ к технологиям Long Term Evolution (далее – LTE), т.е. технологиям долговременного развития, что означает стандарт 4G и выше.

Поскольку современные телекоммуникационные сети оказывают также услуги по передаче данных, то будет логично проанализировать этот сегмент рынка. Рисунок 1.4 однозначно свидетельствует о следующем факте – скорость роста числа интернет-пользователей превышает аналогичную характеристику численности населения нашей планеты. При этом все больший процент интернет-пользователей имеет доступ к высоко скоростному мобильному интернету.

Охват населения доступом к сети Интернет традиционно характеризуется количеством пользователей на каждую сотню граждан страны. Как следует из рисунка 1.5, в 2018 году 51,2% мирового населения (3 896 миллиона человек) являлось пользователями интернета. И здесь отмечается значительное региональное различие – почти 80 пользователей на 100 граждан в Европе против 24,4 – в Африке. Однако, отметим, что начиная с 2013 года наблюдается замедление роста данного показателя в общемировом масштабе: постепенное снижение темпов прироста с 12-16% в 2001-2012 гг. до 5,4% в 2018 году.

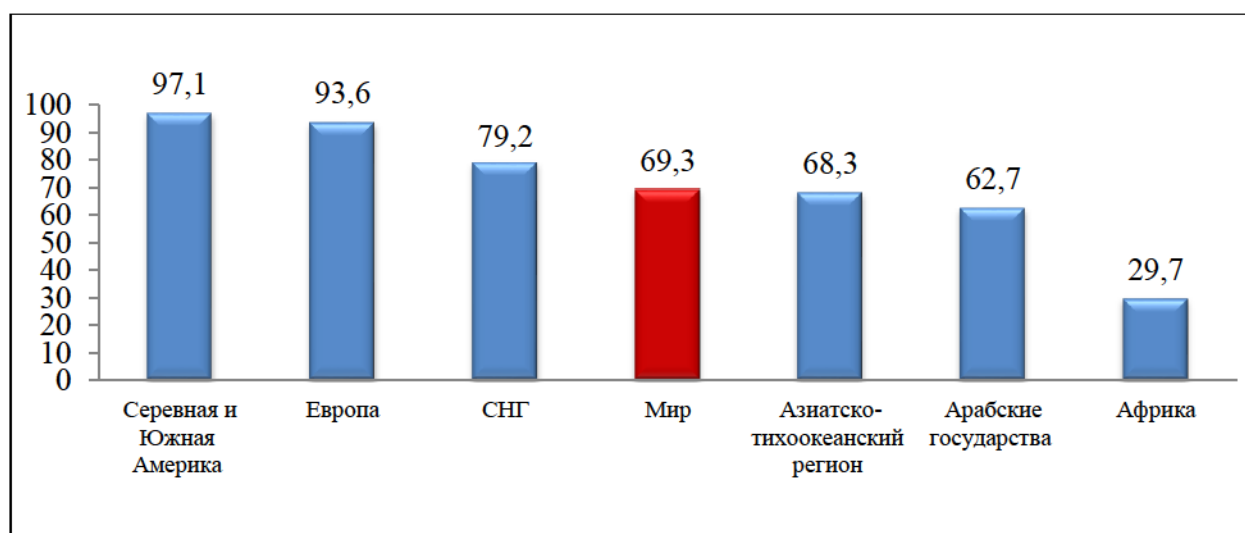


Источник: составлено автором по материалам [187].

Рисунок 1.5 – Уровни интернет-проникновения по регионам мира в 2018 году

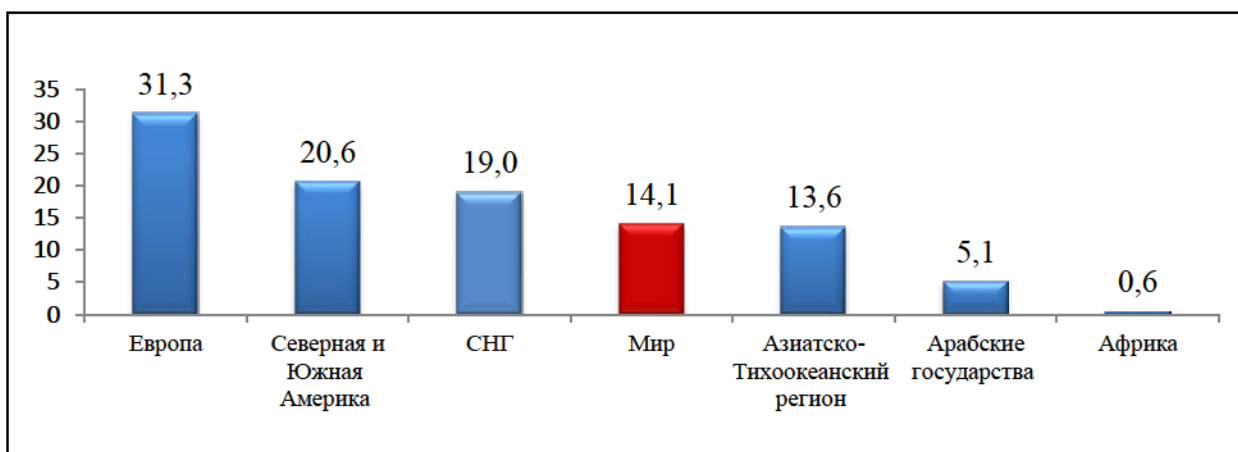
Помимо показателя, отражающего собственно охват населения доступом к сети Интернет, в статистике рынка телекоммуникаций существует важный индикатор, характеризующий ШПД. Отличительным признаком здесь является скорость передачи данных – к такому виду сервиса относятся все услуги со скоростью 256 кбит/с и выше. Приведенное значение показателя весьма условно может характеризовать оказание интернет-услуг как скоростное на национальном уровнях – в наиболее развитых странах интернет-соединение давно уже имеет как минимум мегабитные значения скорости приема-передачи данных.

Как и в голосовой телефонии, в секторе передачи данных существует дифференциация по уровню проникновения ШПД в разрезе фиксированной и мобильной сетей, что показано на рисунке 1.6 и рисунке 1.7. Среднемировое значение уровня «мобильного» ШПД превышает аналогичный «фиксированный» показатель примерно в 5 раз – соответственно, 69,3 пользователя против 14,1 на каждую сотню граждан. Явно просматривается и географический разрыв в значениях уровней вышеуказанных индикаторов (и в мобильной, и в проводной сетях).



Источник: составлено автором по материалам [187].

Рисунок 1.6 – Уровни мобильного ШПД в сеть Интернет по регионам мира в 2018 году



Источник: составлено автором по материалам [187].

Рисунок 1.7 – Уровни фиксированного ШПД в сеть Интернет по регионам мира в 2018 году

Представляется необходимым рассмотреть динамику проникновения услуг по подключению различных устройств и датчиков к Интернету для обмена необходимой информацией (подключение M2M симкарт). На рисунке 1.8 представлена динамика числа M2M симкарт на 100 человек населения в странах ОЭСР в 2009-2018 гг.



Источник: составлено автором по материалам [53].

Рисунок 1.8 – Динамика проникновения M2M симкарт (на 100 человек населения) в странах ОЭСР

Как мы видим, технология «Интернет вещей» бурно развивается на протяжении последних 10 лет среди наиболее развитых стран. Среднегодовой темп прироста уровня проникновения технологии составляет более 50%.

Логическим продолжением осуществленного выше статистического анализа структуры и динамики выбранных индикаторов состояния рынка телекоммуникационных услуг будет являться проверка неоднородности значений этих показателей в разрезе стран мира, характеризующихся разными уровнями экономического развития. Для решения этой задачи следует, прежде всего, исчислить и проанализировать значения статистических индикаторов, после чего подвергнуть статистическому оцениванию такие полученные характеристики, как средние уровни этих индикаторов, на предмет существенности их различия.

В состав изучаемой совокупности не все официально признаваемые страны мира, а лишь те из них, что являются наиболее типичными представителями категорий экономик мира, выделив, соответственно, три типологические группы: «развитые», «развивающиеся» и «наименее развитые». Для соблюдения объективности результатов группировки решение принималось как на основе экспертной оценки отнесения конкретной страны в состав той или иной экономической группы, так и исходя из значения среднедушевого национального дохода в данной стране за последний отчетный год.

В процессе проведения предварительного дескриптивного анализа отобранной совокупности стран мира нами был осуществлен подсчет ряда статистических показателей, характеризующих границы значений и типичные размеры признаков, степень вариации этих значений, а также особенности их распределения (предполагая подчиненность этих распределений нормальному закону), что нашло отражение в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Показатели уровня проникновения телекоммуникационных услуг по их основным видам

Показатели	Группы стран	Дескриптивные статистики						
		Минимум	Максимум	Среднее	Медиана	Коефф-нт вариации	Асимметрия	Экссес
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Число абонентов фиксированной (проводной) телефонной связи на 100 человек населения, абонентов	A	1,6	59,4	32,0	35,0	45,7	-0,2	-0,7
	B	2,0	57,2	22,0	18,0	64,6	1,1	0,8
	C	0,1	6,0	1,0	1,0	128,0	2,8	9,8
Число абонентов мобильной (сотовой) телефонной связи на 100 человек населения, абонентов	A	86,9	164,3	121,0	121,0	12,7	0,1	0,9
	B	87,0	259,4	131,0	124,0	26,4	1,7	4,8
	C	27,7	150,0	87,0	89,0	41,6	0,2	-0,1
Число абонентов с широкополосным доступом в сеть Интернет на 100 человек населения, абонентов	A	1,3	46,3	33,0	33,0	25,3	-1,4	4,5
	B	1,0	41,6	18,0	16,0	366,6	5,7	31,9
	C	0,0	6,0	1,0	0,0	182,4	3,3	12,5

Источник: составлено автором по материалам [187].

Результаты проведенного анализа свидетельствуют о том, что по каждому из выбранных показателей отмечается явное различие их значений между экономическими группами (здесь «развитой», «развивающейся» и «наименее развитой» типам групп были поставлены в соответствие литеры А, В и С). При этом, как правило, ранг анализируемого «телекоммуникационного» показателя совпал с рангом «экономической» группировки. Исключение составил показатель услуг мобильной связи – здесь уровень проникновения в среднем выше у развивающихся стран, что имеет весьма простое объяснение – бурное развитие ИКТ в этих странах пришлось на эпоху становления мобильной связи, более «экономной» с позиций затрат на развертывание соответствующей инфраструктуры. Это позволило развивающимся странам фактически «перешагнуть» этап проводной телефонной связи.

Переходя от анализа средних значений к изучению степени колеблемости индивидуальных значений признака, необходимо отметить, что, по крайней мере, по двум индикаторам из трех (в случаях проникновения проводной телефонной связи и широкополосного интернет-доступа) отмечается достаточно высокая внутригрупповая вариация (если судить об этом по фактическим значениям коэффициента вариации, превышающим «пороговый» уровень в 33%). Подобное обстоятельство может означать существенную степень неоднородности анализируемых групп – иными словами, отдельные единицы совокупности, видимо, существенно отличаются между собой по свойственным им значениям признака.

В возникшей ситуации достаточный по надежности с позиций математической статистики ответ о существенности различия выделенных нами экономических групп по свойственным им средним значениям индикаторов телекоммуникационного рынка способен дать дисперсионный анализ. Этот широко известный в статистической практике метод представляет собой мощный инструмент, позволяющий, в самом простом (однофакторном) его случае оценить существенность влияния какого-либо группирующего фактора (как правило, это категориальный признак) на различие внутригрупповых средних результативного признака путем вычисления и сопоставления ряда показателей его вариации. Для этого реализуется определенный алгоритм, включающий в себя такие шаги, как выбор факторного и результативного признаков, расчет показателей общей дисперсии, а также значений межгрупповой и средней из внутригрупповых дисперсий, получение соотношения этих показателей в виде так называемого отношений Фишера и сравнение последнего с табличным (критическим) значением для осуществления статистического оценивания существенности различий. Если группирующих факторов выбирается более одного, то речь идет уже о двухфакторном, трехфакторном анализе (как правило, большее число факторов не привлекается). При этом оцениваются эффекты воздействия этих факторов как в отдельности, так и их комбинаций.

Корректность результатов дисперсионного анализа подразумевает соблюдение ряда предварительных условий его проведения. Например, сравниваемые группы должны иметь нормальное распределение (или близкое к нормальному). Кроме того, эти распределения в группах должны быть независимы друг от друга. В нашей ситуации складывается весьма неопределенная ситуация, когда показатели сдвига (асимметрии) и эксцесса (островершинности) распределения наших показателей, косвенно характеризующие нормальность распределения, в ряде случаев имеют весьма противоречивые значения по отдельным выделенным нами группам. Однако, разведочный характер настоящего этапа нашего исследования, на котором мы стараемся получить лишь самые общие характеристики объекта, позволяет нам снизить жесткость первого из названных критериев, тем более что второе условие (о независимости) нами явно выполнено.

В проводимом нами однофакторном дисперсионном анализе группирующим категориальным показателем является статус экономической развитости (т.е. принадлежность к одной из трех выделенных нами групп), а результативным – тот или иной индикатор уровня проникновения телекоммуникационных услуг. Нами выдвигается рабочая гипотеза о том, что хотя бы одна из трех экономических групп отличается от остальных двух средним значением результативного показателя. Наша гипотеза является альтернативной по отношению к изначальной или «нулевой» гипотезе о равенстве средних значений. Основным критерием принятия нашей гипотезы является значение p -value – вероятность того, что мы получим для наблюдаемой случайной величины (в нашем случае – это F-тест или критерий Фишера) такое же или более экстремальное значение при условии, что нулевая гипотеза верна. В качестве критического или «порогового» уровня значимости, на котором мы принимаем или отвергаем одну гипотезу в пользу другой, в нашем анализе традиционно принимается значение в 0,05. Соответственно, если наш фактический уровень значимости не превышает критический, то принимается альтернативная гипотеза, и наоборот.

С понятием критического уровня значимости в рамках осуществления дисперсионного анализа, как известно, связана проблема эффекта множественных сравнений (чем больше испытаний (или групп), тем ниже должен быть по значению критический уровень p -value). Способом устранения этого эффекта является применение вариантов так называемой поправки на множественную проверку гипотез (например, поправка Бонферрони или критерий Дж. Тьюки). Но, как выяснится ниже, фактические уровни полученных значений снимают актуальность этой проблемы.

Результаты проведенного анализа представлены графически в приложении А и демонстрируют существование статистически значимых различий между средними, типичными для различных экономических групп размерами анализируемых индикаторов рынка телекоммуникаций.

Приведенные графические изображения содержат информацию о фактических значениях критерия Фишера с указанием соответствующих степеней свободы, а также фактические значения p -value, не отличимые от нулевого значения более чем на одну десятитысячную. Наглядным подтверждением отличия групп являются изображенные на графиках вертикальные отрезки, представляющие собой 95-процентные доверительные интервалы. Они, как известно, используются для интервальной оценки статистических параметров и в нашем случае с вероятностью 0,95 демонстрируют пределы значений, в которых может оказаться среднее значение, взятое из генеральной совокупности.

Очевидно, что в данных случаях все три группы существенно отличны друг от друга по показателям уровня проникновения фиксированной телефонной связи и широкополосного интернет-доступа. Что же касается показателя проникновения мобильной телефонной связи, то доверительные интервалы свидетельствуют о несущественности различия значений у «развитой» и «развивающей» групп, но заметном отличии «наименее развитой» экономической группы.

Таким образом, проведенный предварительный статистический обзор объекта исследования позволил сделать следующие выводы об его структуре и характере происходящих изменений:

- на протяжении последних десятилетий имел место существенный постоянный рост всех показателей использования телекоммуникационных услуг (за исключением фиксированной телефонии), что свидетельствует о вступлении мира в новую парадигму экономических отношений, где существенная роль принадлежит процессам передачи информации;

- основной рост рынка телекоммуникаций происходит за счет развития мобильных технологий и роста сферы сотовой связи, при этом, если показатели проникновения голосовой сотовой связи достигли насыщения, то показатели мобильного интернета сохраняют резерв для роста;

- дескриптивный статистический анализ характеристик рынка телекоммуникационных услуг в динамике и в разрезе по странам, а также проведение дискриминантного анализа, подтверждают предпосылку исследования о влиянии рынка услуг сотовой связи на развитие цифровой экономики.

Результаты анализа позволили статистически подтвердить актуальность исследования, а также создать общее представление о структуре и динамике телекоммуникационного рынка и сферы сотовой связи на глобальном и межстрановом уровнях, подтвердить теоретические предположения о наличии существенной связи, имеющей прямую направленность, между состоянием рынка телекоммуникационных услуг и уровнем развития экономики. Такой предварительный обзор позволит качественно оценить существующие методические основы статистического анализа сектора ИКТ и цифровой экономики, а также предложить способы их совершенствования.

1.3 Обзор существующих теоретико-методических подходов к статистическому исследованию рынка услуг сотовой связи, информационно-коммуникационного сектора и цифровой экономики

Рынок услуг сотовой связи как объект статистического исследования рассматривается статистическими агентствами и отдельными учеными в качестве одного из разделов статистики сферы ИКТ или статистики цифровой экономики. Поэтому обзор методик статистического анализа рынка услуг сотовой связи должен включать в себя аналитику всех действующих подходов к оценке телекоммуникаций, ИКТ, информационного общества и цифровой экономики.

На сегодняшний день регулярная оценка развития сферы ИКТ, а также связанных с ней понятий информационного общества и цифровой экономики является важным условием успешной реализации государственных программ, направленных на развитие страны в рамках текущего технологического уклада.

Для решения этой задачи различными международными организациями, а также национальными статистическими органами, отдельными учеными и исследовательскими организациями осуществляется ряд исследований, направленных на:

- создание индикаторов и системы показателей, отражающих развитие сферы ИКТ, которые могут быть использованы для межстранового сравнения с целью определения сильных и слабых сторон каждого государства на пути к построению информационного общества или цифровой экономики;
- разработка индикаторов, отражающих состояние инфраструктуры сектора ИКТ, доступности и использования данных технологий, для оценки конкретной страны и входящих в ее состав территорий с учетом национальных особенностей системы;
- использование различных статистических методов для оценки динамики развития и структуры рынка телекоммуникационных услуг, а также

для выявления характера и степени зависимости между ростом экономических показателей и развитием телекоммуникаций.

Для достижения цели нашего исследования, заключающейся в совершенствовании методики статистического анализа рынка услуг сотовой связи, необходимо изучить и систематизировать основные методические подходы статистического анализа в рамках обозначенных направлений.

Представляется логичным сначала рассмотреть международные статистические стандарты, ориентированные на построение сопоставимых оценок уровня развития ИКТ для разных стран, а также носящие рекомендательный характер для национальных статистических органов, а затем перейти на уровень статистических агентств конкретных стран и исследований отдельных ученых.

Наибольший интерес среди множества международных организаций, занимающихся в той или иной степени изучением вопросов информатизации общества, для нас представляют те из них, профиль деятельности которых связан с телекоммуникациями и информационными технологиями.

Такой организацией является, к примеру, МСЭ – международная организация, специализированное учреждение Организации Объединенных Наций, занимается разработкой рекомендаций в области телекоммуникаций и радио. МСЭ регулярно публикует множество материалов по теме ИКТ, имеющих как методический, так и информационный характер [146]. К ним относятся, например, такие как ежегодный отчет Измерение информационного общества (Measuring the Information Society report), содержащий подробную профильную статистику по большинству стран нашей планеты. Особый интерес в этих изданиях традиционно вызывают исчисляемые Международным союзом электросвязи интегральные индикаторы «Индекс развития ИКТ» (ICT Development Index, далее – IDI) и «Корзина цен на услуги ИКТ» (ICT Price Basket).

Индекс IDI включает в себя расчет трех субиндексов: ИКТ-доступ, ИКТ-использование, ИКТ-навыки. Лидирует, согласно этому индексу, Южная

Корея с баллом 8,93, тогда как Россия занимает только 44 место с баллом 6,91 [176].

Этот показатель отражает общее положение инфраструктуры телекоммуникационного рынка, но при этом при расчете его субиндексов не используются показатели использования ИКТ государством и бизнесом.

Корзина цен ИКТ состоит из следующих субкорзин: субкорзина фиксированной телефонной связи, субкорзина мобильной связи, субкорзина цен на доступ в Интернет [176]. Данные индекс призван отражать ценовую ситуацию на телекоммуникационном рынке, то есть служит отображением ценовой доступности услуг.

Организация экономического сотрудничества и развития (Organization for Economic Cooperation and Development, OECD) – международная экономическая организация, объединяющая в своих рядах наиболее развитые страны с целью регламентации их экономической деятельности в границах единых правил, протоколов и стандартов. К тематическим «информационно-коммуникационным» публикациям ОЭСР можно отнести следующие публикации.

Очерк информационной экономики (OECD Information Technology Outlook) – здесь традиционно затрагиваются темы наиболее актуальных глобальных тенденций развития ИКТ. Каждый из выпусков очерка обзревает наиболее злободневные вопросы в жизни мирового общества в контексте развитости ИКТ: выход глобальной экономики из очередного кризиса, развитие так называемых «зеленых» технологий, зависимость занятости населения в экономике от его навыков работы с информационными технологиями, влияние ШПД (высокоскоростного интернет-доступа) на развитие бизнеса. В 2017 году вышел очередной тематический очерк – он посвящен проблематике цифровой экономики (OECD Digital Economy Outlook 2017).

Руководство по измерению информационного общества (OECD Guide to Measuring the Information Society) впервые было опубликовано в 2005 году и

теперь периодически переиздается в дополненной и пересмотренной редакции. В данном руководстве обсуждаются разнообразные методические проблемы проведения статистических обследований по вопросам ИКТ среди домашних хозяйств и организаций: здесь с позиций ИКТ определяются понятия товаров и услуг на данном рынке, обсуждаются методические подходы к измерению спроса и предложения.

Конференция Организации объединенных наций по торговле и развитию (United Nations Conference on Trade and Development, UNCTAD; далее – ЮНКТАД) – орган в сфере торговли и развития, собирающий тематические данные и публикующий доклады о цифровой экономике.

Доклад об информационной экономике (UNCTAD Information Economy Report) издается ежегодно с 2005 года и посвящается наиболее актуальной теме на пересечении области ИКТ и проблематики социально-экономической направленности (к примеру, «ИКТ, предприятия и снижение уровня бедности», «ИКТ как инструмент реализации развития частного сектора»).

Доклад о цифровой экономике 2019 года ЮНКТАД «Создание стоимости и получение выгод: последствия для развивающихся стран» обращает внимание на наличие драйверов роста цифровой экономики. К числу таких драйверов относятся цифровые данные: к 2022 году объем глобального трафика будет составлять более 150 000 Гб в секунду. Еще одним немаловажным фактором развития выступают цифровые платформы, представляющие собой онлайн инфраструктуру, бизнес-модель которой построена на данных.

К проблемам цифровой экономики, согласно Докладу, относят наличие цифрового разрыва, неравенство в распределении созданной стоимости как между различными странами, так и между работниками с разным уровнем владения цифровых навыков.

Особое внимание в Докладе уделено проблемам сложности оценки стоимости, создаваемой в цифровой экономике. Во-первых, нет общепринятого определения цифровой экономики. Во-вторых, не хватает

достоверных статистических данных о её ключевых компонентах и аспектах, в особенности в развивающихся странах.

Несмотря на отсутствие конкретных методических рекомендаций по проведению исследований, этот доклад акцентирует внимание на наиболее важных аспектах развития цифровой экономики, что, как следствие, акцентирует внимание ученых на наиболее актуальных предметах исследований.

Руководство по осуществлению статистического измерения информационной экономики (Manual for the Production of Statistics on the Information Economy) публикуется в качестве рекомендаций для использования национальными статистическими службами и посвящено вопросам организации обследования предприятий (в том числе по видам экономической деятельности) на предмет использования в их работе достижений ИКТ.

Руководство по осуществлению статистического измерения информационной экономики ЮНКТАД представляет собой комплексный документ, охватывающий вопросы сбора статистических данных по вопросам измерения информационного общества, в частности, содержит перечень конкретных показателей и примеров их измерения, а также программы обследования предприятий. Кроме того, данное руководство охватывает также институциональные вопросы, например, взаимодействие со всеми заинтересованными сторонами в национальной статистической системе.

Руководство не предоставляет конкретного индекса для измерения цифровой экономики, однако фиксирует, что она может быть определена и измерена с помощью элементов, представляющих спрос и предложение на информационно-коммуникационную инфраструктуру, а также на информационно-коммуникационные продукты. На базе статистического анализа этих категорий можно получить оценки социального и экономического влияния ИКТ.

К показателям спроса относятся показатели использования технологий юридическими лицами, например: доля предприятий, имеющих доступ в Интернет, доля предприятий, осуществляющих банковские операции через Интернет, доля предприятий, предоставляющих услуги клиентам через Интернет, доля предприятий, осуществляющих профессиональную подготовку сотрудников через Интернет, доля предприятий, принимающих заказы по мобильному телефону. Всего рекомендуется рассчитывать порядка 46 показателей.

Измерение предложения включает в себя расчет двух показателей: доля рабочей силы производственного сектора, занятой в ИКТ; доля сектора ИКТ в валовой добавленной стоимости (далее – ВДС).

Также предусматривается расчет показателей торговли, которые представлены показателями экспорта и импорта ИКТ.

В контексте нашего исследования также представляет интерес деятельность Европейской комиссии, которая ежегодно оценивает состояние цифровизации стран ЕС по индексу цифровой экономики и общества (далее – DESI), методология расчета которого официально закреплена. Данный индекс включает в себя оценку инфраструктуры ИКТ посредством оценки распространения высокоскоростного фиксированного и мобильного ШПД, навыки пользования Интернетом, активность населения в Интернете, развитость электронной торговли, объем государственных услуг в электронной форме. Данный индекс в большей степени способен оценить степень цифровизации для различных стран.

Рассмотрение данных методических основ проведения исследований в области рынка телекоммуникационных услуг, информационных технологий, а также цифровой экономики, позволяет сделать следующие выводы о присущих им недостатках:

– деятельность международных организаций в сфере ИКТ направлена, в первую очередь, на формирование единых методических принципов проведения статистических исследований и агрегацию данных, а не на

выявление зависимостей и причинно-следственных связей между показателями;

– несмотря на регулярную редакцию международными сообществами рекомендаций по измерению информационного общества, многие актуальные показатели не находят в них своего отражения. Сюда можно отнести, например, показатели использования облачных технологий организациями, показатели скорости передачи данных или количества передаваемых по сетям данных. Более того, в современных условиях некоторые из показателей (например, плотность голосовой сотовой связи) для ряда развитых и развивающихся стран не отражают изменений в цифровой инфраструктуре экономики, так как на протяжении последних лет превышают отметку в 100%;

– использование показателя «Доля сектора ИКТ в ВДС государства» не позволяет, по нашему мнению, оценивать вклад сектора в развитие экономики, поскольку распространение ИКТ сопряжено со значительными косвенными эффектами, которые и оказывают ключевое воздействие на экономический рост;

– индикаторы развития цифровой экономики или информационного общества не полностью отражают происходящие в экономиках стран изменения, поскольку учитывают только часть значимых технологий. Кроме того, рассмотренные индексы в большей степени призваны характеризовать уровень развития информационно-коммуникационного сектора, который выступает базисом развития цифровой экономики, но не идентичен этому понятию.

Таким образом, международные организации задают определенные методологические рамки для исследования, которые должны применяться национальными статистическими агентствами.

На национальном уровне в РФ вопросами выработки государственной политики в сфере ИКТ занимается Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации (далее – Минкомсвязь),

вопросами развития методологии статистического учета - Федеральная служба государственной статистики.

На официальном сайте Федеральной службы государственной статистики (далее – Росстат) в разделе «Информационное общество» опубликованы две методики по сбору и расчету представленных в данном отчете показателей: методика наблюдения за использованием ИКТ в организациях и методика наблюдения за использованием ИКТ населением. Данные программы обследования гармонизированы с уже рассмотренными нами международными статистическими стандартами и методиками.

Рассмотрим более подробно каждую из методик. Так, программа наблюдения за использованием ИКТ в организациях позволяет получить информацию, характеризующую:

- использование информационных и коммуникационных технологий (персональные компьютеры, локальные вычислительные сети, программные средства и т.п.) организациями;
- направления использования облачных сервисов и веб-сайта организациями;
- наличие специальных программных средств;
- использование средств защиты информации;
- направления использования сети Интернет;
- численность и уровень квалификации работников организаций [65].

Программа обследования населения по уровню использования ИКТ позволяет получить официальные статистические данные, характеризующие использование населением современных информационных технологий и информационно-телекоммуникационных сетей:

- наличие и использование в частных домашних хозяйствах информационных технологий и информационно-телекоммуникационных сетей;
- использование населением мобильных телефонов/смартфонов, персональных компьютеров;

- использование населением сети Интернет;
- использование населением сети Интернет для заказа товаров;
- получение государственных и муниципальных услуг в электронной форме [65].

Методологические разработки Росстата по проведению исследований в области телекоммуникаций и информационного общества заключаются в определении объектов наблюдения, способов сбора информации по этим объектам, а также в закреплении основных используемых понятий.

Статистика телекоммуникаций представляется в качестве агрегированных в целом по стране или по отдельным регионам показателей, которые впоследствии не анализируются статистическими органами на предмет наличия взаимозависимостей между ними или для построения прогнозов.

В отличие от Росстата, который выполняет только функции по сбору и агрегации данных, главный статистический орган Великобритании – Office for national statistics – публикует как необработанные данные, так и полноценные аналитические отчеты по каждой из тем. Так, например, один из отчетов, выпущенных в 2019 году, носит название «Исследование цифрового разрыва в Великобритании», где исследуется использование интернета различными группами населения и территориями, а также обозначаются основные препятствия в преодолении этого разрыва [168].

Такой подход позволяет учитывать потребности всех заинтересованных сторон по проведению статистических исследований, а регулярное представление аналитической информации статистическими органами способствует принятию стратегически верных управленческих решений, а, как следствие, ведет к достижению государством целей устойчивого развития [139].

Для преодоления обозначенных недостатков в работе Росстата в сентябре 2019 года был утвержден программный документ «Стратегия

развития Росстата и системы государственной статистики Российской Федерации до 2024 года» (далее – Стратегия).

В Стратегии зафиксировано, что на сегодняшний день сохраняется проблема недоучета новых явлений и связанных с ними структурных сдвигов, что чревато стратегическим разрывом в осознании и системном описании возникающих трендов и их эффектов, в виду чего необходима реализация следующих направлений работы [139]:

- обеспечение доступности обезличенных первичных статистических данных для проведения научных исследований и создания приложений для работы с открытыми данными (по принципу «data-first»);
- установление партнерских связей с операторами больших данных;
- разработка методологических подходов к использованию больших данных в государственной статистике;
- развитие статистической методологии и методов оценки информации;
- внедрение передовых методов статистической оценки экономических процессов в рамках цифровой экономики [39].

Таким образом, на государственном уровне отмечается возросший спрос на статистические данные, который не может быть удовлетворен агрегированными таблицами в различных разрезах, но требует перехода к измерению параметров развития и качества изменений в рамках новой методологии.

Помимо официальной статистической методологии Росстата по исследованию информационного общества существует ряд индикаторов, разработанных для оценки цифровой экономики в РФ группами различными исследовательскими организациями. В контексте нашего исследования представляется важным изучить некоторые из предлагаемых к расчету индексов.

Так, Центр финансовых инноваций и безналичной экономики Московской школы управления «Сколково» предложил методику расчета индекса «Цифровая Россия». Данная методика полностью описана, базируется

на международных стандартах и ставит своей целью не простую количественную оценку, а также проведение анализа и выявление качественных закономерностей.

Данный индекс включает в себя следующие субиндексы:

- нормативное регулирование и административные показатели цифровизации;
- специализированные кадры и учебные программы;
- наличие и формирование исследовательских компетенций и технологических заделов, включая уровень научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;
- информационная инфраструктура;
- информационная безопасность;
- экономические показатели цифровизации;
- социальный эффект от внедрения цифровизации [71].

При этом расчет указанных индексов происходит на основе публикаций в открытых источниках, ранжированных с точки зрения их достоверности. Такой подход призван компенсировать недостаток информации, публикуемой Росстатом. Поиск публикаций происходит по определенным в методологии ключевым словам. Оценка ведется на основе экспертного метода с учетом весовой значимости каждого параметра.

Несомненными достоинствами данной методики являются использование наиболее актуальных данных и параметров для расчета уровня развития цифровой экономики, а также охват индикатором всех аспектов цифровизации.

Однако корректность расчета данного индекса зависит не только от того насколько правильно выбраны факторы для расчета субиндексов, но и также от того, насколько корректно подобраны ключевые слова для поиска информации для их оценки. На рейтинг в конечном счете влияет не столько количество реальных инициатив в области цифровизации в регионе, сколько качество освещения цифровизации на официальных порталах и в СМИ. Также

экспертный способ оценки каждого сообщения требует значительных затрат временных и трудовых ресурсов.

Институтом развития информационного общества в 2005-2014 гг. публиковался Индекс готовности регионов России к информационному обществу. Индекс представляет собой измеритель степени подготовленности регионов к широкомасштабному использованию ИКТ для социально-экономического развития. Он рассчитывается на основе показателей, характеризующих факторы развития информационного общества (человеческий капитал, экономическую среду и ИКТ-инфраструктуру), а также использование ИКТ в шести областях (государственное и муниципальное управление, образование, здравоохранение, бизнес, культура, домохозяйства) [6]. Для расчета Индекса и его составляющих используются 77 показателей, в число которых входят основные показатели доступа и использования ИКТ, рекомендуемые международными организациями. Индекс позволяет измерить различия между субъектами Российской Федерации по интегральным показателям информационного развития.

К недостаткам данного индекса можно отнести отсутствие описания статистических методов, которые были применены с целью отбора показателей для расчета индекса, а также включение в его расчет показателей, не связанных с уровнем развития информационного общества. Кроме того, отсутствуют наиболее актуальные для нас значения этого индекса за последние годы.

В 2018 году исследователями из ВШЭ был предложен индекс, который мог бы заменить функции Индекса готовности регионов к информационному обществу. М.Ю. Архипова, В.П. Сиротин, Н.А. Сухарева предложили методику построения Индекса доступности к ИКТ. На основе 8 показателей, характеризующих плотность проникновения телекоммуникационных технологий, а также использование Интернета домашними хозяйствами, посредством применения метода главных компонент и факторного анализа были выделены два субиндекса – «Доступность к базовым ИКТ»,

«Доступность к услугам проводной связи». Было статистически доказано, что первый субиндекс должен входить в итоговый индекс с весом 0,6, тогда как второй – с весом 0,4 [95]. Интересен подход авторов к способу нормирования показателей: вместо классического способа нормирования на основе максимального и минимального значений во всем ряду данных за год по всем субъектам, для каждого показателя определялся максимальный достигнутый или максимально возможный для достижения уровень. По мнению авторов, такой подход к нормированию делает результаты рейтинга более сопоставимыми.

К плюсам такого подхода можно отнести проработанную статистическую методику расчета индекса. Предложенный авторами подход позволяет перейти от экспертных оценок по включению тех или иных показателей в итоговый индикатор к статистически доказанным оценкам.

По нашему мнению, существенным недостатком указанной методики является исключение из нее показателей охвата организаций информационно-коммуникационными технологиями, а также использование показателей проникновения фиксированной телефонии, которые не отражают современного состояния инфраструктуры ИКТ.

Рассмотренные нами примеры сводных показателей развития рынка телекоммуникационных услуг и цифровой экономики позволяют сделать вывод о том, что задача разработки методики по оценке цифрового неравенства в регионах РФ остается по-прежнему актуальной.

Статистическими исследованиями рынка телекоммуникационных услуг занимаются как зарубежные, так и отечественные специалисты, которые, как правило, изучают взаимосвязь таких категорий, как охват населения и организаций ИКТ, ВВП, ВВП на душу населения.

В статье «Мобильные телекоммуникационные услуги и экономический рост: на основе данных Китая» исследователями Микаэль Р. М. Вард (Michael R. M. Ward), Шилин Жэнг (Shilin Zheng) был сделан вывод о том, что увеличение проникновения сотовой связи за 2000-2010 гг. дало вклад в 2% в

рост ВВП Китая за этот же период (всего ВВП вырос на 11%) [186]. И делается прогноз о снижении этого влияния и росте влияния интернет-технологий.

При этом исследователями используется обобщенный метод моментов для оценки панельных данных с целью избегания проблем, связанных с эндогенностью. Также для решения этой проблемы используется метод инструментальных переменных: в случае, если регрессоры коррелируют с ошибкой, их значения моделируются с помощью других переменных. Авторы указанной статьи принимают количество подписок на телекоммуникационные услуги эндогенными росту, поэтому используют вместо них уровень конкуренции, который влияет на цены на услуги, а, как следствие, на уровень их распространения. Для оценки уровня конкуренции использовался индекс Херфиндаля-Хиршмана.

Кроме того, в качестве экзогенных переменных использовались показатели роста ВВП на душу населения за предыдущие периоды, что приводит к проблеме автокорреляции остатков.

Такой подход не лишен своих преимуществ, однако заметим, что выбор инструментальных переменных зачастую является сложной и неоднозначной задачей, поскольку бывает трудно подобрать сильные экзогенные инструменты (показывающие большие значения коэффициента детерминации).

Мариана Канева (Mariana Kaneva) в статье «Телекоммуникационная инфраструктура и ВВП/ Кривая Джиппа» в числе методологических проблем исследования рынка телекоммуникационных услуг путем построения кривой Джиппа выделяет следующие пункты:

– построение кривой Джиппа на основе агрегированных оценок, базирующихся на данных 43 индустриальных стран, различных по своему уровню развития телекоммуникационной инфраструктуры, географическому положению. По мнению автора, такая кривая должна строиться на основе данных каждой отдельно взятой страны;

– в качестве переменных, отражающих телекоммуникационную инфраструктуру, должен использоваться не только уровень проникновения фиксированной связи, поскольку данная технология уже не отражает современного состояния телекоммуникационной отрасли;

– методом оценки зависимостей выступают временные ряды [169].

Исследователь выделяет две группы показателей: показатели, характеризующие телекоммуникационную инфраструктуру, и показатели, характеризующие экономическую активность.

К первой группе показателей относятся: количество подписчиков на услуги фиксированной телефонии, количество подписчиков на услуги сотовой связи, количество интернет-пользователей, совокупные ежегодные инвестиции в телекоммуникационную инфраструктуру. Ко второй группе относят ВВП и ВВП на душу населения.

Для исследования зависимостей между двумя группами показателей была выбрана векторная модель авторегрессии, которая позволяет не делить переменные на эндогенные и экзогенные и заключается в построении системы уравнений, где каждая переменная представлена зависимостью от всех лаговых переменных, участвующих в модели.

На основе теста причинности Грейнджера делается вывод о том, что для большинства стран между телекоммуникациями и ВВП существует причинная связь (доступность телекоммуникационных услуг выступает причиной), на основе чего делается вывод, что со временем государства получают возврат от тех инвестиций, которые были сделаны в телекоммуникационную инфраструктуру.

Однако причинность по Грейнджеру является необходимым, но не достаточным условием для обнаружения причинно-следственной связи. Часто современными исследователями для преодоления недостатков теста Грейнджера используется тест Тода-Ямамото.

Рауль Катц (Raul Katz) описывает методологический подход к оценке эффектов влияния рынка телекоммуникационных услуг на цифровую

экономику, который заключается в построении четырех уравнений: уравнение валового внутреннего продукта, который поставлен в зависимость от таких факторов, как труд, капитал и проникновение мобильных технологий; функции спроса и предложения на рынке телекоммуникационных услуг, где регрессорами выступают уровень цен, индекс Херфиндаля-Хиршмана, а также валовый внутренний продукт в расчете на одного жителя (т.е. уровень доходов); проникновение мобильных технологий в зависимости от уровня доходов в отрасли [171].

Таким образом, в работах иностранных исследователей по заданной проблематике преобладает подход эконометрического моделирования существующей зависимости между телекоммуникациями и экономическим ростом.

В числе отечественных исследователей, занимающихся моделированием зависимостей между сектором ИКТ и уровнем дохода страны, следует отметить Е.Н. Ключкову. Е.Н. Ключкова в своей работе «Инструментарий оценки информационного общества в условиях глобализации: методические подходы и причины дифференциации» предлагает следующий подход к исследованию информационно-коммуникационного сектора экономики и оценки его влияния на ВВП [19]. На первом этапе были сформулированы методологические принципы формирования системы статистических показателей развития информационного общества – рассмотрены основные подходы международных организаций к формированию системы таких показателей. Сделан вывод о необходимости построения системы таких показателей на основе международных рекомендаций.

Далее была закреплена и апробирована методология статистического исследования дифференциации стран по уровню развития информационного общества – использовался, в частности, иерархический анализ (критерий Варда), а также на основе сделанных выводов о числе качественно разнородных совокупностей регионов использовался кластерный анализ с заранее известным числом совокупностей.

На третьем этапе был осуществлен структурный анализ состояния отрасли, а также анализ тенденций и построение прогнозов (методом временных рядов). Был предложен методический подход к прогнозированию основных показателей сферы ИКТ, позволивший получить прогнозные оценки ВДС сектора ИКТ (уравнением линейного тренда). Это позволило сформулировать методологические основы статистического исследования показателей информационного общества в России.

Такой комплексный подход позволяет проводить качественную оценку происходящих в данном сегменте изменений, однако не позволяет оценивать причинно-следственные связи и выявлять более точные закономерности.

Рассмотренный нами перечень методик и подходов к статистическому исследованию, естественно, не является исчерпывающим, однако позволяет делать выводы о текущем состоянии статистики сферы телекоммуникаций. Все проанализированные нами подходы кратко описаны в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Характеристика теоретико-методических подходов к статистическому анализу телекоммуникаций как основы развития цифровой экономики по уровням проводимых исследований

Уровень	Направления деятельности	Выводы
Международные рекомендации	Методики расчета индексов для сопоставления стран (н-р, IDI, Корзина цен ИКТ, DESI)	Закрепляют подход к выбору статистических показателей и расчету индикаторов, но не устанавливают рекомендуемую методику стат. анализа полученных данных
	Подготовка аналитических материалов по уровню развития ИКТ в разных странах	Требуют расширения перечня собираемых показателей
	Рекомендации национальным статистическим агентствам по собираемым показателям сектора ИКТ	Нет общего закрепленного понятия цифровой экономики

Продолжение таблицы 1.2

Национальная статистика – методика Росстата	Методики наблюдения за поведением организаций и домашних хозяйств в сфере ИКТ Агрегация данных и их представление в форме разработочных таблиц	Отсутствие методических подходов к анализу больших данных Нет закрепленной методики по расчету индекса цифрового разрыва между регионами Не проводится аналитическая работа, что ведет к отсутствию методики статистического анализа выявления закономерностей и тенденций в сфере ИКТ
Исследования отдельных институтов и ученых	Основное внимание уделяется разработке авторских подходов к определению уровня развития сферы ИКТ, а также применению методов статистического анализа для выявления закономерностей и построения прогнозов	Среди рассмотренных исследований отсутствует методика анализа рынка телекоммуникационных услуг на всех уровнях: микро-, мезо-, макро- Необходима доработка существующих подходов к анализу путем добавления в расчеты показателей и/или применения других методов стат. анализа

Источник: составлено автором.

Таким образом, обзор существующих теоретико-методических подходов к статистическому исследованию сферы телекоммуникаций и рынка услуг сотовой связи подтверждает актуальность выбранной темы исследования: на сегодняшний день как на мировом уровне, так и в РФ назрела необходимость совершенствования методики статистического анализа телекоммуникационной отрасли как базиса развития цифровой экономики.

Во-первых, был выявлен тот факт, что ряд международных организаций, публикующих отчеты в данной сфере, задает определенные методологические контуры для исследования, которые должны применяться национальными статистическими агентствами для гармонизации общей статистики. Однако было установлено, что рекомендуемый перечень собираемых показателей является неполным и не может в достаточной мере отразить происходящие из-за цифровизации структурные сдвиги.

Во-вторых, анализ национальной статистической системы показал, что на государственном уровне назрела необходимость перехода от простого предоставления агрегированных данных к измерению параметров развития и качества изменений как с помощью методов традиционного статистического анализа, так и с помощью методов интеллектуального анализа больших данных.

В-третьих, проведенный анализ методов статистического анализа рынка услуг сотовой связи, ИКТ сектора, цифровой экономики позволил выявить основные направления исследований в этой сфере: расчет комплексных индикаторов, позволяющих оценить уровень цифрового разрыва между территориями, а также эконометрическое моделирование процессов цифровизации и датафикации.

Перечисленные выводы будут использоваться нами при формулировании предложений по совершенствованию методики статистического анализа данных рынка услуг сотовой связи как базиса развития цифровой экономики.

Сформулированные нами в первой главе определения основных используемых в контексте исследования понятий, в частности, объекта исследования – рынка услуг сотовой связи – позволят в дальнейшем обозначить методологические границы и принципы статистического анализа. Проведенный статистический анализ состояния и динамики рынка телекоммуникаций в зависимости от уровня экономического развития стран мира позволил подтвердить выдвинутое предположение о наличии взаимосвязи между развитием коммуникационных технологий и ростом экономики. Разбор существующих подходов к анализу позволит сформулировать комплексную методику статистического анализа рассматриваемых явлений на различных уровнях.

Глава 2 Классификация и отбор методических подходов к анализу основных аспектов рынка услуг сотовой связи как технологической компоненты цифровой экономики

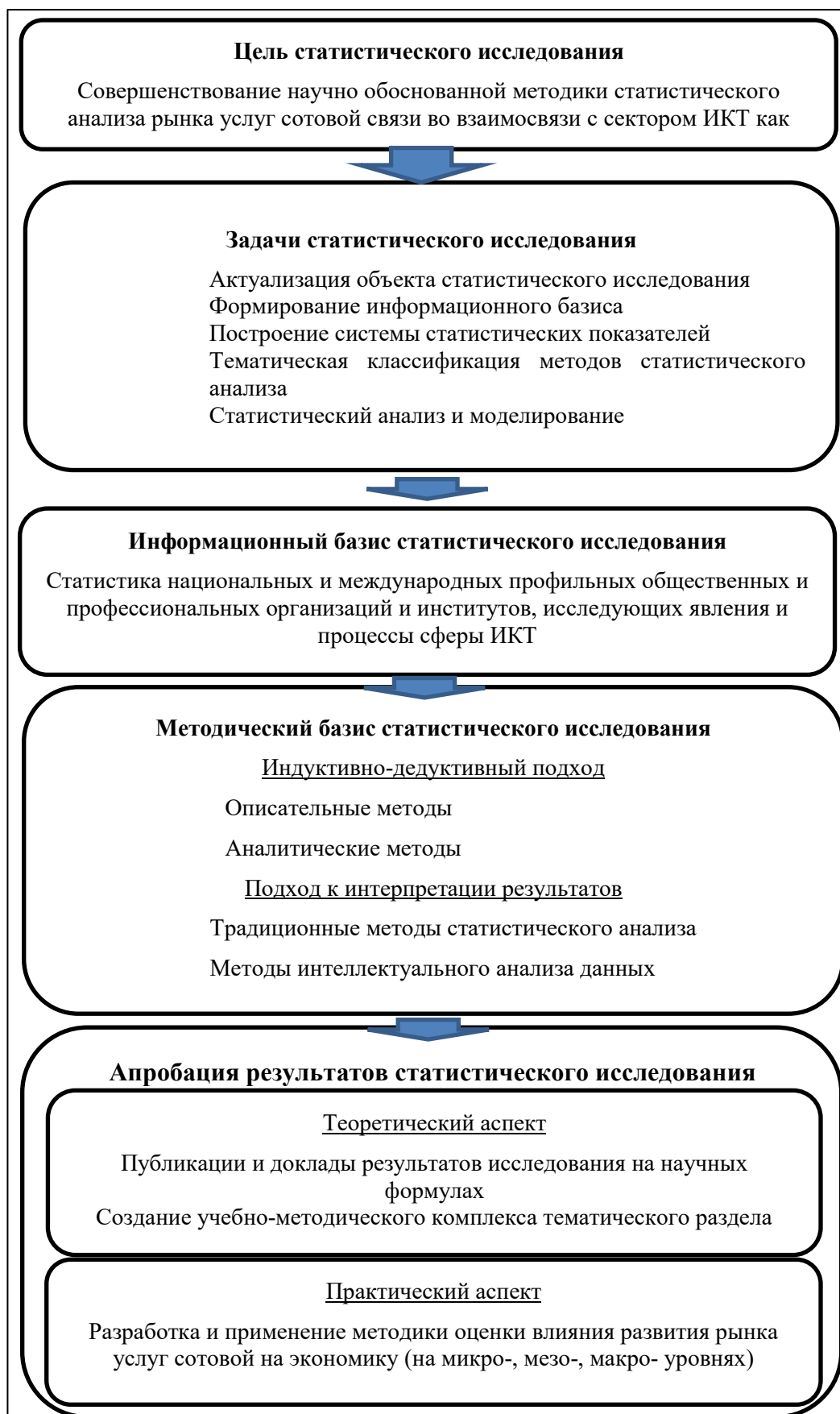
2.1 Формирование концепции и информационного базиса статистического исследования

Целью нашего исследования является совершенствование методики статистического анализа рынка услуг сотовой связи во взаимосвязи с сектором ИКТ в целом в качестве базовой технологической компоненты цифровой экономики. Как и любое другое статистическое исследование, оно должно представлять собой планомерный процесс сбора данных, их классификации и анализа полученной на основе этих данных информации, результатом чего становится получение новых знаний – как теоретического, так и практического плана – имеющих объективный характер и не вызывающих сомнений в их достоверности и адекватности существующей реальности.

Для достижения этого результата этапы проведения исследования должны включать в себя формулировку плана, целей и задач исследования, сбор статистической информации, отбор методов для проведения статистического анализа, проведение анализа и обобщение результатов в виде выводов и предложений.

Наше исследование направлено на развитие методики статистического анализа, представляющей собой совокупность научных способов изучения количественных характеристик объекта исследования в неразрывной связи с его качественными характеристиками с целью выделения границ, масштабов, структуры, закономерностей развития исследуемого объекта.

Руководствуясь этим подходом, представим структуру и перечислим этапы нашего исследования, используя для этого схему на рисунке 2.1.



Источник: составлено автором.

Рисунок 2.1 – Этапы статистического исследования рынка телекоммуникационных услуг как базиса развития цифровой экономики

Рассмотрим более подробно концептуальную схему нашего исследования. Его цель заключается в совершенствовании текущей методики статистического анализа рынка услуг сотовой связи как базиса развития цифровой экономики в Российской Федерации и в последующей апробации данной методики на основе собранных статистических данных.

Для достижения поставленной цели предполагается решить ряд задач. Традиционно, исходной задачей является актуализация объекта статистического исследования: на основе имеющихся статистических данных доказать истинность выдвигаемых фундаментальных теоретических предположений о существенном влиянии телекоммуникационного рынка на экономику, а также показать несовершенство текущих методических подходов к оценке этого влияния.

Цель и задачи определяют информационный базис статистического исследования. Он формируется из совокупности существующих информационных источников – национальных и международных профильных общественных и профессиональных организаций, и институтов, исследующих аспекты сферы ИКТ. Информационные источники должны быть способны обеспечить исследователя достаточным набором данных, позволяющих осуществить полноценный количественный анализ выбранной области.

На основе этого базиса строится система статистических показателей, то есть производится отбор и структурирование широкого спектра разнообразных профильных индикаторов, характеризующих все основные аспекты объекта исследования – рынка услуг сотовой связи, с выделением блоков факторных (телекоммуникационных) и результативных (экономических) показателей.

Перечисленные выше, по сути своей предварительные (подготовительные) задачи являются фундаментом для решения задач более высокого порядка, непосредственно влияющих на степень достижения цели исследования. Вкратце их можно охарактеризовать так: во-первых, тематическая классификация статистических методов анализа – выявление

наиболее релевантных, актуальных, важных и эффективных методов статистики с позиции достижения поставленной цели исследования и решения соответствующих задач; во-вторых, статистический анализ и моделирование – использование выбранных методов применительно к объекту исследования на микро- и макроэкономическом уровнях в контексте поставленной цели.

Методический аспект статистического исследования представляет тот инструментарий, при помощи которого будет достигнута цель и решены задачи исследования. В этой связи нами выделены два подхода к отбору методов. Во-первых, это индуктивно-дедуктивный подход, делящий методы на дескриптивные или описательные (согласно индуктивному умозаключению, ведущие от частного к общему) и аналитические (дедуктивные – от общего к частному). Во-вторых, исходя из особенностей объяснения полученных результатов, решено выделить традиционные статистические методы, базирующиеся на понимании вероятностной природы анализируемых процессов и ее явном оценивании, а также методы интеллектуального анализа данных (методы машинного и глубокого обучения), где главными ориентирами являются оптимизация целевой функции и минимизации выбранной (например, в зависимости от того, что мы осуществляем – классификацию или регрессию) функции ошибки.

Финальным этапом исследования должна стать апробация проделанной теоретико-методической работы – применение отобранных статистических методов для анализа построенной системы статистических показателей рынка услуг сотовой связи в контексте процесса цифровизации экономики. В практическом разрезе результатом здесь должны стать методика анализа экономической эффективности основной деятельности компании-оператора связи, а также оценка влияния телекоммуникаций на цифровизацию экономики. Теоретический аспект подтверждения полученных результатов будет заключаться в возможности формирования на базе исследования тематического учебно-методического комплекса как профильного раздела в структуре дисциплины «Статистика».

Таким образом, на данный момент нами были сформулированы цель и задачи исследования, а также проведена актуализация объекта исследования: сформулировано его понятие, проведен статистический обзор с целью подтверждения сформулированной гипотезы, а также выявлены недостатки текущей статистической методики его анализа.

Следующим важным этапом является формирование информационного базиса исследования и построение системы статистических показателей, которые впоследствии будут подвергнуты анализу отобранными нами методами.

Источники статистической информации уже были частично нами охарактеризованы на этапе рассмотрения существующих методик исследования секторов телекоммуникаций и информационных технологий, а также цифровой экономики и информационного общества. Классифицируем все рассмотренные источники с точки зрения следующих двух аспектов классификации.

Во-первых, использование статистических методов сбора и обработки первичной информации определяет степень достоверности информации и надежности ее источника. В этом плане более приоритетными представляются международные статистические организации с открытыми для ознакомления методологическими подходами и принципами получения информации. К такого рода службам и организациям мы относим Статистический отдел Организации Объединенных Наций (United Nations Statistics Division, UNSD), Статистическую службу Европейского союза (далее – Евростат), статистику, предоставляемую Всемирным банком. Официальная статистика, опубликованная на сайте Росстата, также соответствует данному критерию классификации.

Во-вторых, профиль деятельности организации, занятой сбором данных, существенно влияет на степень ее способности отразить реальное состояние вещей в анализируемой предметной области. Исходя из этого момента информационная база нашего исследования будет, главным образом,

формироваться на методических разработках и статистических данных следующих международных организаций: МСЭ, ОЭСР (ежегодные доклады по теме информационного общества), ЮНКТАД. К специализированным национальным органам и институтам следует отнести Минкомсвязи, Институт экономики знаний НИУ ВШЭ (ежегодные публикации сборников и отчетов по тематике информационного общества).

Все определенные нами источники информации содержат количественные характеристики объекта исследования, то есть статистические показатели. Нашей задачей является формирование на их основе системы показателей, позволяющей получить комплексное представление о рынке телекоммуникационных услуг – его структуре, динамике, взаимосвязи с окружающей реальностью. В нашем случае такой системой должен стать набор статистических показателей и индикаторов, всесторонне характеризующих явления и процессы, что имеют место в секторе ИКТ, с позиций выявления их влияния на социально-экономическую жизнь, в частности, на ее «цифровой» аспект.

Серьезной проблемой формирования вышеуказанной системы показателей является тот факт, что в последнее десятилетие монотонно сокращается число публикаций, содержащих статистические данные о видах экономической деятельности в области связи. Этому негативному обстоятельству есть несколько объяснений.

Прежде всего, развитие научно-технического прогресса и появление информационного общества привело к обособлению отрасли связи и разрыву привычного в СССР, а затем и в РФ «тандема» с транспортной отраслью. В результате традиционный для отечественных статистических сборников раздел «Транспорт и связь» утратил свою актуальность – последний выпуск «Транспорт и связь России» был издан Росстатом в 2016 году.

Далее, реорганизация отрасли связи также, по-видимому, оказала отрицательное влияние на сбор, формирование и представление

специализированной статистической информации. В 2010 году Росстатом был завершён выпуск статистического сборника «Связь в России».

Наконец, значительное влияние имело и появление негосударственных телекоммуникационных компаний, данные которых являются коммерческой тайной и вследствие этого раскрывавших минимум информации о результатах основной деятельности.

Согласно цели настоящего исследования, система статистических показателей должна вобрать в себя не только индикаторы развития телекоммуникаций, но и ряд показателей, характеризующих состояние экономики, при этом акцент ожидаемо будет приходиться на аспект ее цифровизации. К сожалению, в настоящее время отсутствует разграничение общих экономических характеристик с теми из них, что однозначно описывают особенности состояния и развития явлений и процессов цифровой экономики. В этой ситуации логично будет использовать те индикаторы, что сочетают в себе обе области – телекоммуникации и экономику (с явно выраженной социальной компонентой). К таким показателям можно, например, отнести удельный вес организаций, размещающих или получающих заказы на товары онлайн, или же долю домохозяйств, получающих государственные услуги в электронной форме.

Основываясь на имеющихся представлениях относительно двух вышеназванных предметных областей и на признании факта существования их взаимодействия, мы имеем возможность описать соответствующую систему статистических показателей: очертить границы, изучить структуру, проинспектировать каждый ее компонент с целью оценки степени его актуальности, используя следующую схему декомпозиции, представленную на рисунке 2.2.



Источник: составлено автором.

Рисунок 2.2 – Декомпозиция иерархической системы статистических показателей рынка телекоммуникационных услуг в контексте цифровизации экономики

Представленная структура может быть с полным правом названа сложной системой, поскольку включает в свой состав ряд систем статистических показателей, каждая из которых имеет свою, не схожую с остальными методику. Налицо иерархический характер данной системы – здесь явно прослеживаются уровни по принципу индуктивного анализа, т.е. «от частного к общему»: от микроэкономического уровня компании-оператора связи через макроэкономический уровень суверенной территории до межстрановых сравнений и итоговых оценок в глобальном масштабе.

Вариант корпоративной системы статистических показателей, представленный в приложении Б и отражающий основные аспекты анализа телекоммуникационной компании, в своей основе содержит характеристики из отчетности ОАО «Связьинвест». Ценной стороной этой системы является наличие в ее составе показателей технического плана, что дает возможность более объективно (по сравнению со стоимостными показателями, значения которых подвержены влиянию инфляционного фактора) оценивать производственный потенциал компании. При этом исходные данные содержат как абсолютные, так и относительные показатели, что дает возможность сравнивать как объемы анализируемых явлений и процессов, так и интенсивность их развития. Важным достоинством блока экономических показателей можно считать группировку доходов компании-оператора связи по видам предоставляемой связи. Здесь помимо относительных, мы наблюдаем и средние показатели – доходы на одного работника и на одну линию.

В настоящее время данная статистика, к сожалению, труднодоступна и остается лишь придать ей характер справочной информации, при этом обратив внимание на иные системы статистических показателей, используемые на микроэкономическом уровне. Однако, в этом плане серьезным препятствием является значительное разнообразие существующих вариантов – каждая корпорация, как правило, использует свой набор метрик.

Следует отметить, что согласно открытым годовым отчетам компании «Ростелеком» на сегодняшний день компаниями-операторами отслеживается значительно большее число показателей, как ввиду расширения спектра предоставляемых услуг и усложнения инфраструктурных компонент, используемых для их оказания, так и в силу перехода на другую бизнес-модель [87]. В частности, в качестве результативных показателей на уровне компании рассматриваются такие показатели как NPS (показатель лояльности клиентов) и ARPU (показатель среднего дохода на одного клиента). Более подробно состав и характеристики показателей развития оператора сотовой связи будут рассмотрены нами в третьей главе при осуществлении анализа его деятельности.

На уровне анализа рынка телекоммуникационных услуг как вида экономической деятельности в целом по стране, который представлен в приложении Б, можно заметить, что состав представленных характеристик во многом совпадает с особенностями структуры показателей на уровне отдельного оператора связи, что обусловлено логикой агрегирования первичных данных.

В большей степени нас будут интересовать показатели проникновения и распространения телекоммуникационных услуг из первого блока, которые позволяют оценить степень проникновения ИКТ в общество и экономику, например: число подписок на услуги мобильного ШПД на 100 человек населения, доля домашних хозяйств, имеющих доступ к сети интернет, скорость передачи информации по сетям связи и так далее.

Отдельно следует сказать о необходимости включения в состав данной группы показателей таких характеристик, как ценовая доступность телекоммуникационных услуг и географическая доступность качественных телекоммуникационных услуг. Такие характеристики позволят в полной степени оценить величину цифрового разрыва между отдельными территориями и группами населения.

На международном уровне сопоставления достижений отдельных стран в области развития рынка телекоммуникационных услуг осуществляется путем сравнения исчисляемых для каждой страны соответствующих показателей, к которым, прежде всего, относятся так называемая «Корзина цен на услуги ИКТ» (ICT Price Basket) и целое семейство Индексов, позволяющих получать комплексную интегральную характеристику состояния ИКТ. Указанные индикаторы были рассмотрены нами ранее, однако имеет смысл рассмотреть их состав и характеристики более подробно ввиду включения индексов в состав предлагаемой для анализа статистики, а также для решения задачи разработки собственного Индекса.

Вышеназванная Корзина является обобщающим показателем стоимости услуг в области ИКТ и включает в свой состав три частные корзины (субкорзины), которые отражают уровень цен какой-либо подобласти рынка телекоммуникационных услуг (фиксированной и мобильной телефонии, а также ШПД в сеть Интернет). Отметим, что размер этих корзин измеряется как в абсолютных величинах – долларах США (в том числе, в пересчете на основе паритета покупательной способности доллара), так и в относительном выражении – как процентная величина по сравнению с размером среднедушевого валового национального дохода.

Если «Корзина цен на услуги ИКТ» характеризует исключительно стоимостной аспект доступности услуг телекоммуникационного рынка, то вышеупомянутые Индексы демонстрируют различные стороны процесса информатизации (прежде всего) общества. Необходимость в их построении была осознана мировым профессиональным сообществом еще в конце 20 века как попытка оценить масштабы и скорость распространения ИКТ.

В 2006 году дискуссии в области статистической оценки ИКТ привели к решению о начале разработки методики расчета единого индекса – Индекса развития ИКТ (The ITU ICT Development Index, IDI). Статистика по этому Индексу ежегодно публикуется по настоящее время. Название индекса четко

отражает основную цель – отслеживать прогресс в развитии ИКТ на уровне стран мира и измерять величину «цифрового разрыва».

Индекс развития ИКТ, разумеется, является центральным и наиболее обобщающим показателем состояния телекоммуникационного рынка в нашей системе индикаторов. Но помимо этого индекса исчисляются и другие весьма информативные сводные показатели, с некоторыми из них определенно следует ознакомиться.

Глобальный индекс кибербезопасности (The Global Cybersecurity Index, GCI) представляет собой интегральный индикатор уровня информационной безопасности страны. Методика его исчисления, авторство которой принадлежит так же МСЭ, использует данные о развитии правовых, технических и организационных мероприятий в области информационной безопасности, существование образовательных и научных учреждений, стандартов и механизмов наращивания эффективности мероприятий в области обеспечения защиты информации.

Индекс развития электронного правительства (The E-government Development Index, EGDI) призван характеризовать степень готовности стран мира к реализации и использованию услуг, оказываемых государством и местными органами власти в рамках так называемого «электронного правительства». Данный индекс разрабатывается Департаментом экономического и социального развития Организации объединенных наций.

Международный индекс цифровой экономики и общества (The International Digital Economy and Society Index, I-DESI) исчисляется Генеральным директором коммуникационных сетей, контента и технологии Европейской Комиссии (European Commission Directorate General for Communications Networks, Content and Technology) по совокупности стран, в которой помимо стран ЕС фигурируют и 17 стран, не входящих в Европейский Союз. В составе индекса находят отражение следующие компоненты: связность, человеческий капитал, использование сети Интернет, интеграция цифровых технологий и цифровые государственные услуги. Таким образом,

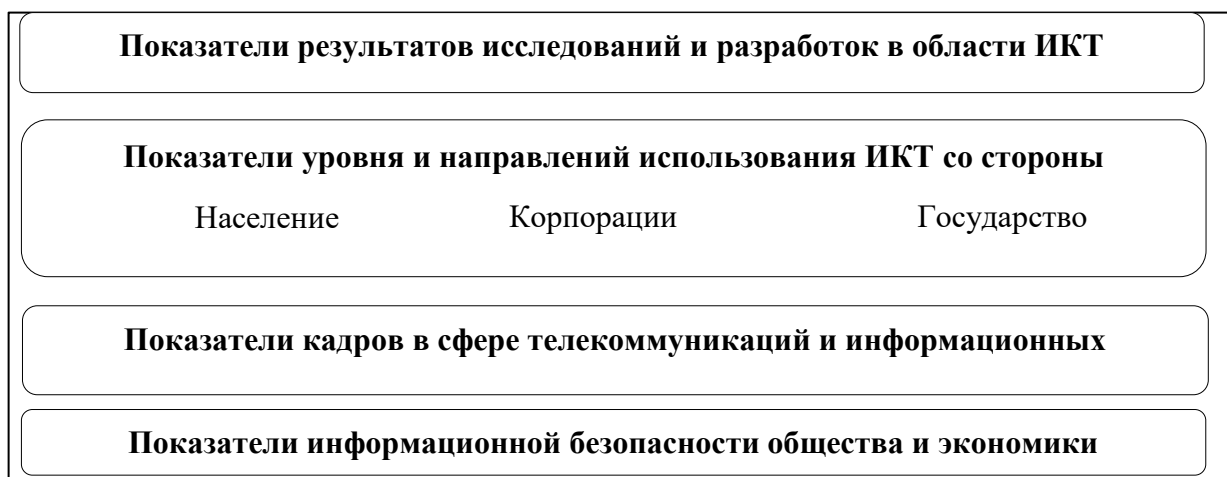
данный индекс является более «широкой» характеристикой, чем Индекс развития ИКТ, но вместе с тем, его состав, в отличие от IDI неоднороден – наряду с четко выраженными индикаторами состояния сферы ИКТ здесь присутствуют явные социально-экономические характеристики. В этой связи, руководствуясь фактом двойственной природы данного интегрального показателя, его смело можно отнести как группе факторных, так и результативных характеристик телекоммуникационного рынка в контексте цифровизации экономики.

Результативная подсистема должна включать в свой состав две группы индикаторов, качественно отличных друг от друга по признаку масштаба охвата характеризующих ими социально-экономических процессов.

В первую группу, как это уже было показано на соответствующей схеме на рисунке 2.1, следует включить такие индикаторы, что являются показателями основных аспектов положения и развития экономики и общества на макро-, мезо- и микроуровнях в границах изучаемой территории или даже в разрезе межстрановых сопоставлений. К этим характеристикам возможно отнести традиционные общеэкономические показатели: на микроуровне – показатели основной деятельности организации и связанные с ней показатели качества и лояльности абонентской базы; на мезоуровне, соответствующем субъектам РФ – показатели валового регионального продукта (далее – ВРП) на душу населения и структуры ВДС региона; макроуровне – показатели доходов населения в расчете по паритету покупательной способности (далее – ППС) с целью обеспечения сравнимости.

Во второй группе целесообразно собрать специальные статистические показатели, дающие возможность оценить уровень проникновения телекоммуникационных и информационных технологий в сферу экономики и общества, и степень успешности их применения. Ими могут стать индикаторы цифровизации экономики, характеризующие различные аспекты использования информационных и коммуникационных технологий со стороны организаций и домохозяйств. Схема, приведенная на рисунке 2.3,

демонстрирует основные тематические блоки группы специальных показателей.



Источник: составлено автором.

Рисунок 2.3 – Группировка результативной подсистемы специальных показателей цифровизации экономики

Эти блоки содержат индикаторы по основным, на наш взгляд, направлениям исследования сферы ИКТ. Прежде всего, это профильная научная область – двигатель развития новых технологий. Далее, поскольку для практической реализации научных достижений требуются специалисты, в подсистему включен блок показателей, характеризующих кадровый аспект. Широкий спектр направлений социально-экономического использования существующих информационных и коммуникационных технологий со стороны населения, бизнеса и государства, также находит свою позицию в этой группе. Наконец по мере того, как эти технологии все более входят в жизнь общества, нарастает степень критичности вопроса о безопасности применения этих технологий – для рассмотрения подобной проблематики здесь существует соответствующий блок показателей. Такая статистика может быть использована на следующих этапах нашего исследования для верификации разрабатываемой методики анализа рынка услуг сотовой связи.

Таким образом, вся совокупность имеющихся показателей и индикаторов по статистике телекоммуникаций, информационного общества и

цифровой экономики для целей статистического анализа должна быть разделена на группу факторных и группу результативных показателей, исходя из предпосылки о влиянии уровня развития рынка телекоммуникационных услуг на экономическую эффективность. Факторные показатели на каждом уровне должны быть представлены технологическими и экономическими показателями, учитывающими современные направления развития ИКТ. Результативные показатели должны включать в себя как специальные показатели и индикаторы, характеризующие интенсивность использования цифровых технологий в обществе, так и общеэкономические показатели.

Рассмотренные нами показатели и индикаторы, представленные в отечественной и международной статистике, позволяют в таблице 2.1 привести пример практической реализации описанных положений по составлению системы показателей.

Таблица 2.1 – Система показателей, характеризующая проникновение и распространение услуг сотовой связи в конвергенции с сектором ИКТ как базиса развития цифровой экономики

Номер блока	Группа индикаторов	Подгруппа индикаторов	Показатели
1	2	3	4
1	Доступность	Ценовая, в процентах к среднему доходу	- Стоимость услуг фиксированного Интернета - Стоимость услуг мобильного Интернета - Стоимость пакета услуг сотовой связи
		Географическая, в процентах от общего числа жителей	- Процент активных пользователей Интернета среди жителей сельских территорий
		Сетевая (проникновение сети), на 100 чел. населения	- Проникновение голосовой сотовой связи - Проникновение фиксированного ШПД - Проникновение мобильного ШПД - Проникновение сети 3G - Проникновение сети 4G
2	Пропускная способность сети		- Скорость соединения, Кбит/с - Доля Интернет-соединений со скоростью более 2 Мб/с, %
3	Использование Интернета, Гб/активный пользователь		- Средний объем передаваемых данных по мобильному Интернету - Средний объем передаваемых данных по фиксированному Интернету
4	Инвестиции в телекоммуникационную инфраструктуру, % ВВП		Капитальные вложения в телекоммуникационные сети и оборудование

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4
5	Цифровизация общества, бизнеса, государства, в процентах от общего числа		<ul style="list-style-type: none"> - Доля населения, покупающего товары онлайн - Доля организаций, покупающих и продающих товары онлайн - Доля организаций, имеющих вебсайт - Доля организаций, имеющих доступ к информационным базам данных - Доля организаций, обучающих сотрудников онлайн - Доля населения, получающего государственные услуги в электронной форме - Доля органов государственной и муниципальной власти, использовавших в отчётном году специальные программные средства для предоставления доступа к базам данных организации через глобальные информационные сети, включая Интернет - Доля населения, обладающего цифровыми навыками
6	Проникновение цифровых технологий в экономику, в процентах от общего числа		<ul style="list-style-type: none"> - Число М2М симкарт на 100 человек населения - Доля организаций, использующих облачные решения - Доля организаций, имеющих мобильные приложения - Доля организаций, использующих в работе технологии BigData - Доля работников в общем числе занятых, осуществляющих деятельность в области цифровизации
7	Расходы на НИОКР		<ul style="list-style-type: none"> - Доля внутренних затрат на НИОКР, в % к ВВП - Доля внутренних затрат на научные исследования и разработки сектора ИКТ, в общем объеме внутренних затрат на НИОКР
8	Показатели кадровой обеспеченности сферы ИКТ		<ul style="list-style-type: none"> - Численность выпускников образовательных программ в сфере ИКТ, на 100 чел населения - Процент занятых в сфере ИКТ в общем объеме занятых, %
9	Информационная безопасность, в процентах от общего числа		<ul style="list-style-type: none"> - Доля организаций, использовавших средства защиты информации, передаваемой по глобальным сетям, в общем числе обследованных организаций - Доля населения, использовавшего средства защиты информации
10	Общеэкономические показатели		<ul style="list-style-type: none"> - ВВП, денежных единиц - ВВП на душу населения, денежных единиц - Доля различных секторов экономики в ВДС, %

Источник: составлено автором.

Таким образом, концепция статистического исследования рынка услуг сотовой связи как базиса развития цифровой экономики представляет собой последовательные и взаимосвязанные этапы изучения объекта исследования, путем установления целей, задач, формулирования информационного базиса исследования, классификации и отбора методов статистического анализа, их апробации и формулирования выводов и рекомендаций.

Проведенный в первой главе всесторонний анализ объекта нашего исследования позволил не только конкретизировать цели и задачи исследования, но также обозначить методические контуры для проведения статистического анализа, статистически подтвердить выдвинутое нами ранее предположение о взаимосвязи телекоммуникаций и экономической эффективности, а также обозначить основные достоинства и недостатки текущей методики. Все вышеперечисленное позволило заложить основу для формирования информационного и методического базиса исследования.

Информационный базис исследования заключается в отборе достоверных и согласованных между собой источников данных для статистического анализа, а также в формировании подходов к отбору наиболее значимых для анализа показателей. В нашем случае в качестве источников данных были выбраны данные неспециализированных статистических органов (Росстат, Евростат, статистика Всемирного банка), а также данные специализированных в области статистики ИКТ органов и институтов (МСЭ, Институт экономики знаний НИУ ВШЭ, отчеты по статистике информационного общества ЮНКТАД и ОЭСР).

Изучение представленных в них данных позволило разделить всю совокупность показателей и индикаторов на две группы: факторная подсистема, включающая в себя статистику рынка услуг сотовой связи в конвергенции с ИКТ сектором в целом, а также результативную подсистему, состоящую из специализированных показателей и индикаторов, которые измеряют уровень цифровизации и датафикации экономики, а также подсистему общеэкономических показателей, направленную на оценку общего уровня развития экономики и ее структуры. В таблице 2.1 конкретизирована предлагаемая нами для сбора и анализа система показателей, внедрение которой в практику отечественной статистики позволит более полно и комплексно оценивать происходящие в цифровой экономике изменения и обосновывать структурные сдвиги.

Предложенный подход к составлению системы показателей и индикаторов будет использован на следующих этапах нашего исследования для верификации разрабатываемой нами методики анализа рынка услуг сотовой связи как базиса цифровизации экономики.

Следующий этап статистического исследования включает в себя систематизацию и описание методов статистического анализа данных, направленных на выделение границ, масштабов, структуры, закономерностей развития исследуемого объекта.

2.2 Методика анализа показателей и индикаторов рынка услуг сотовой связи на базе традиционных статистических методов

Ранее нами уже было продемонстрировано, что текущие методические подходы к анализу процессов, происходящих в ИКТ секторе и в экономике, обладают рядом недостатков и результаты их применения не всегда ведут к формированию цельной картины об объекте исследования. Между тем, развитие телекоммуникаций сопряжено с уровнем цифровизации экономики, что делает актуальным формирование комплексной методики его статистического анализа.

Так, В.Н. Салин, М.В. Мельник отмечают, что одной из предпосылок эффективного развития цифровой экономики является совершенствование информационного обеспечения управления процессами цифровизации [133]. При этом важной компонентой информационного обеспечения выступает статистический учет и анализ, развитие которых позволит более полно и качественно оценивать происходящие изменения.

По нашему мнению, для удовлетворения интересов всех заинтересованных сторон статистическим органам государства, а также аналитическим отделам телекоммуникационных компаний необходимо не просто агрегировать имеющуюся в их распоряжении информацию, но также

проводить ее качественный статистический анализ, что предполагает наличие определенной методики, которая позволит получать объективные и точные результаты.

Под методикой в широком смысле обычно понимается совокупность способов и правил целесообразного выполнения какой-либо работы. В рамках текущего исследования под методикой мы будем понимать совокупность статистических методов изучения количественных характеристик объекта исследования в неразрывной связи с его качественными характеристиками. Применение этих методов должно служить достижению поставленной в рамках исследования цели, при этом для решения каждой из поставленных для достижения цели задач должна использоваться определенная группа методов.

Кроме того, необходимо акцентировать внимание на том факте, что применение статистических методов должно следовать за определенной теоретической проработкой объекта исследования, формулированием исследуемой проблемы, целей, задач, гипотезы, выбора показателей и индикаторов, к которым будет применяться описываемая методика.

К настоящему моменту нами уже проведен программный (подготовительный) этап исследования: осуществлены постановка проблемы, обоснование актуальности выбранной темы, формулирование цели и задач исследования.

На следующем, информационно-аналитическом этапе, уже определившись с информационным базисом и создав основу системы статистических показателей, логично перейти непосредственно к разработке научной методики – рассмотрению существующих статистических методов, их классификации и проверке на соответствие поставленным целям со стороны нашего исследования. Вполне понятно, что подобная методика не должна касаться круга вопросов сбора и первичной обработки статистических данных, а обратить свое внимание на последующие этапы проведения такого рода исследований – анализ собранной информации через расчет

обобщающих показателей, выявление тенденций развития явлений и процессов и прогнозирование их уровней.

На логически обоснованной системе показателей основываются алгоритмы обработки данных в рамках моделей и задач, разрабатываемых цифровой экономикой.

В итоге полученный методический результат даст возможность успешно перейти к практическому, заключительному этапу исследования, реализация которого будет представлена в третьей главе. В финале данной работы путем практической апробации результатов исследования и обоснованием заключительных выводов, предложений и рекомендаций будет верифицирована предлагаемая методика и продемонстрировано внедрение полученных научных результатов в теорию и практику статистики.

Согласно схеме декомпозиции нашего исследования, приведенной в параграфе 2.1, все множество методов количественного анализа условно разделено нами – по признаку интерпретации получаемого результата – на две типологические группы. Перевод метода из одной группы в другую, по логике вещей, невозможен, поскольку меняет природу метода, преобразует его внутренний механизм действия и, как следствие, понимание итогов.

Состав этих групп весьма однороден. Во-первых, это традиционные статистические методы, основанные на достижениях математической статистики и нашедшие приложение в сфере обработки данных. Во-вторых, методы так называемого интеллектуального анализа, возникшие в процессе разработки такой области научного знания как искусственный интеллект. Здесь нами, прежде всего, будет обсужден состав первой из этих групп.

Согласно признаку дедуктивно-индуктивного подхода статистические методы – все их множество, составляющее первую группу, может быть подразделено на описательные (дескриптивные) и аналитические методы. Как правило, применение первых осуществляется на начальном этапе анализа, когда требуется получить представление о структуре совокупности, центрах распределения и степени рассеяния ее единиц. После чего задействуются

вторые – для выявления скрытых закономерностей и взаимосвязей путем построения моделей и осуществления прогнозов.

Таким образом, целью применения методов статистического анализа является выделение границ, масштабов, структуры, закономерностей развития исследуемого объекта. Для решения каждой из обозначенных целей используется определенная совокупность методов.

Представим в виде таблицы 2.2 указанные этапы и соответствующие им традиционные методы статистического анализа.

Таблица 2.2 – Группировка традиционных методов статистического анализа в зависимости от этапа исследования

Этап исследования	Статистические методы исследования
Предварительный анализ объекта исследования с целью выявления основных тенденций развития, закономерностей рынка услуг сотовой связи и формулирования гипотез о влиянии его компонент на развитие цифровой экономики	Методы анализа динамики и структуры: абсолютные и относительные показатели динамики, относительные показатели структуры и структурных сдвигов
Выявление характера распределения изучаемой совокупности с целью обоснования выбора статистических инструментов анализа, а также получения выводов об однородности развития сектора ИКТ	Дескриптивные статистические методы: выявление аномальных наблюдений, расчет средних величин, ассиметрии, эксцесса, показателей вариации и разброса признаков
Классификация и группировка различных территорий по совокупности признаков, характеризующих развитость телекоммуникаций Отбор признаков по степени их важности с целью формирования адекватных интегральных показателей	Аналитические методы поиска структуры: дискриминантный анализ, кластерный анализ, иерархические методы поиска структуры
Уменьшение числа описывающих объект исследования признаков с целью упрощения представления об его природе, а также формирования независимых друг от друга признаков с целью включения их в модель	Аналитические методы снижения размерности признакового пространства: метод главных компонент, факторный анализ, многомерное шкалирование
Выявление взаимосвязей между сформированными признаками, выявление характера их взаимного влияния	Методы корреляционного и регрессионного анализа: корреляционная матрица, уравнение регрессии, система регрессионных уравнений

Источник: составлено автором.

Методы анализа динамики и структуры, а также дескриптивные статистические методы были использованы нами ранее на предварительном этапе нашего исследования. Эти методы являются достаточно понятными и простыми в использовании, в связи с чем представляется логичным рассмотреть их использование на примере наиболее важных индикаторов, разносторонне отражающих процессы телекоммуникационного рынка в контексте становления цифровой экономики. К таким показателям (их можно смело называть интегральными индикаторами), руководствуясь результатами формирования системы показателей, отнесем такие показатели как «Корзина цен ИКТ» и «Индекс развития ИКТ», базовые особенности построения которых продемонстрированы в приложении В.

Следует заметить, что изначально показатель «Корзина цен ИКТ» исчислялся как средняя арифметическая простая из соответствующих частных корзин (отдельно рассчитанных для фиксированной и мобильной телефонии, а также для широкополосного интернет-соединения), значения которых соотнесены с показателем среднедушевого валового национального дохода (их значения выражены в долларах США). Но позже, вследствие того, что структура телекоммуникационных услуг претерпела значительные трансформации – мобильная связь в силу своей относительно недорогой инфраструктуры и скорости ее развертывания стала преобладать над проводной связью – сменилась и «линейка» частных корзин, составляющих общую Корзину. Поэтому с 2017 года и по настоящее время МСЭ публикует информацию по трем подобным показателям – корзинам: цен фиксированного ШПД, мобильной связи и мобильного ШПД (с подразделением по скорости интернет-соединения). Как и прежде, размеры корзин публикуются, помимо вышеуказанного соотношения с ВНД на душу населения, также и в абсолютных показателях (те же доллары США – как номинально, так и по паритету покупательной способности).

Если Корзина цен ИКТ отражает стоимостной аспект состояния рынка сотовой связи, то следующий интегральный индикатор – Индекс развития

ИКТ (ICT Development Index, IDI) – характеризует предмет нашего исследования более широко. В его состав входят три частных индекса (субиндекса), каждый из которых ответственен за определенное частное направление проникновения телекоммуникаций в среду населения: готовность соответствующей инфраструктуры, ее использование и наличие навыков работы с технологиями. Каждый из субиндексов, а далее и сам Индекс исчисляются как средняя арифметическая взвешенная из более частных профильных показателей.

Оценим значения, дифференциацию и динамику Индекса развития ИКТ за десятилетний период в 2008 году и 2017 году с помощью описательных статистических показателей, приведенных в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Deskриптивная статистика показателя «Индекс развития ИКТ»

Показатели, баллов	Годы	
	2008	2017
Количество стран, включенных в Индекс, ед.	152	176
Минимальное значение	0,790	0,960
Максимальное значение	7,800	8,980
Размах вариации	7,010	8,020
Среднее значение	3,617	5,110
Медиана	3,120	5,145
Первый (нижний) квартиль	1,930	3,065
Третий (верхний) квартиль	5,315	7,100
Межквартильный размах	3,385	4,035
Асимметрия, ед.	0,464	-0,069
Эксцесс, ед.	-0,972	-1,216
Среднеквадратическое отклонение	1,954	2,224
Коэффициент вариации, процентов	54,0	43,5

Источник: составлено автором по материалам [176].

Прежде всего, обращает на себя внимание тот факт, что значительно возросло число стран мира, вошедших в анализируемую совокупность. Минимальное и максимальное значения несколько увеличили свои уровни, как и размах вариации. Среднее значение Индекса так же продемонстрировало положительную динамику – с 3,617 до 5,110 баллов. Исходя из медианных значений, если в 2008 году половина стран мира характеризовалась значениями Индекса не более 3,120 баллов, то в 2017 году – уже не менее 5,145. Примечательно, что в обоих годовых периодах показатели асимметрии и эксцесса принимали значения, не превышающие экстремального порога в три единицы. Вместе с тем степень вариации Индекса – как в 2008 году, так и в 2017 году – была весьма значительна (коэффициент вариации, соответственно, составлял 54,0% и 43,5%), хотя и имела тенденцию к снижению.

Значение данного показателя для России составляет 7,23, что свидетельствует о том, что ИКТ достаточно хорошо развиты в РФ и обеспечивают нашему государству попадание в третий квартиль по данному показателю. Однако отставание от стран лидеров по-прежнему остается существенным.

Следует отметить, что на первом и втором этапах исследования наряду с расчетом показателей и характеристик распределения активно применяются графические методы анализа, включающие в себя гистограммы, полигоны распределения, «ящики с усами» и другие. Графический анализ позволяет не только сделать вывод о характере распределения показателей, но и на раннем этапе анализа отвергнуть или подтвердить определенные гипотезы.

Рассмотрев вкратце принципиальные моменты методики исчисления обобщающих характеристик состояния рынка услуг сотовой связи, являющегося органичной частью процесса информатизации общества и фактором цифровизации экономики, оставим методы дескриптивные и обратим теперь свое внимание на состав группы аналитических методов. В этой группе, по нашему мнению, следует выделить три подгруппы – это

методы, используемые для решения таких задач, как 1) кластеризация совокупности; 2) понижение размерности пространства признаков; 3) вскрытие внутренних закономерностей и характеристика взаимосвязей и зависимостей между явлениями и процессами предметной области.

В подавляющей своей массе это методы многомерного статистического анализа, то есть методы, используемые для решения специфических задач и предполагающие существование у объекта исследования множества признаков, как правило, имеющих несхожую методику расчета и непосредственно несопоставимых между собой вследствие различной природы характеризующих ими сторон этого объекта.

Проинспектируем эти методы. В первую очередь это методы, применяемые для классификации объектов на основе измерения расстояния между ними в многомерном пространстве переменных, представленные в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Применение аналитических методов поиска структуры с целью классификации и типологии

Задачи	Методы
Типологизация единиц совокупности на основе обучающей выборки	Дискриминантный анализ
Выделение заранее определенного количества обособленных групп	Кластерный анализ методом k-средних
Последовательное объединение по степени близости объектов	Иерархические (агломеративные) методы кластерного анализа

Источник: составлено автором.

Применение данных методов позволяет обойти необходимость построения простых интегральных показателей, например, таких, как вышерассмотренные Корзина цен ИКТ и Индекс развития ИКТ. В нашей работе эти методы будут применены для решения нескольких задач: во-первых, классификации типов рынков, компаний и услуг по признакам их экономической эффективности на основе уже имеющихся «исторических

данных» (дискриминантный анализ); во-вторых, решения подобной задачи при условии отсутствия таких данных (кластерный анализ методом k-средних); в-третьих, при отборе признаков по степени их важности для использования методов из последующих аналитических подгрупп (агломеративный вариант иерархического метода кластерного анализа).

Следующая подгруппа включает в свой состав статистические методы, упрощающие представление о природе анализируемого объекта путем уменьшения числа описывающих его исходных признаков. Эти методы приведены в таблице 2.5 в порядке роста простоты их интерпретации.

Таблица 2.5 – Применение аналитических методов снижения размерности признакового пространства

Задачи	Методы
Замена групп тесно коррелирующих переменных в многомерном пространстве их главными компонентами	Метод главных компонент
Оценка влияния интерпретируемых общих факторов на корреляцию измеряемых переменных	Факторный анализ
Визуализация объектов в пространстве небольшой размерности на основе выявленных латентных факторов	Многомерное шкалирование

Источник: составлено автором.

Метод основных компонент выделяет абстрактные общности (те самые компоненты) в результате перехода от более многомерного пространства к менее многомерному и далеко не всегда предоставляет возможность объяснить смысл выделенных компонент. Метод факторного статистического анализа, используя метод главных компонент для вычисления так называемых «факторных нагрузок», обладает уже большей конкретикой. Многомерное шкалирование же и вовсе позволяет визуализировать результаты в новой вполне определенной системе координат меньшей по сравнению с исходной признаковой размерностью и давать им достаточно четкие объяснения. Эти

методы найдут свое применение при построении системы укрупненных статистических показателей и оценки величины и приоритета их влияния на рынок услуг сотовой связи на микро-, мезо- и макроуровнях. Возможно также их применение к показателям результативной подсистемы.

Наконец, последняя из выделенных подгрупп включает параметрические и непараметрические методы оценки и анализа статистических зависимостей в предположении существования причинно-следственных связей между явлениями и процессами в сфере телекоммуникаций и экономикой (главным образом, ее цифровым аспектом). Эти методы позволяют количественно измерить степень тесноты и направленность таких связей (корреляционный анализ), а также форму зависимостей в условиях влияния на результативный признак множества факторных признаков (регрессионный анализ). Указанные методы представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Применение аналитических методов оценки тесноты связей и выявления зависимостей

Задачи	Методы
Измерение тесноты и направленности парных и множественных связей между переменными	Корреляционный анализ
Объяснение изменений результативной переменной под воздействием одной или нескольких факторных переменных	Регрессионный анализ

Источник: составлено автором.

Рассмотрим более подробно каждый из представленных методов и их виды.

Корреляционный анализ представляет собой способ изучения взаимосвязи между случайными величинами – показателями и индикаторами, характеризующими объект статистического наблюдения. Суть данного метода заключается в расчете коэффициентов корреляции: для количественных

переменных используются линейные коэффициенты корреляции или индексы корреляции для нелинейных взаимосвязей, тогда как для оценки переменных, измеренных в порядковой шкале, используются непараметрические ранговые коэффициенты корреляции.

Методика корреляционного анализа предполагает, не просто расчет коэффициентов корреляции, но и проверку их значимости, в основе которой лежит принцип проверки статистических гипотез, построение интервальных оценок коэффициентов корреляции.

Очень часто взаимосвязь между двумя признаками искажается вследствие того, что оба признака подвержены влиянию других факторов. Поэтому на практике для получения более точных взаимосвязей между двумя переменными исключают влияние на них третьей переменной. Это можно сделать с помощью частного коэффициента корреляции.

Регрессионный анализ очень тесно связан с корреляционным анализом. В корреляционном анализе исследуется направление и теснота связи между количественными переменными. В регрессионном анализе исследуется форма зависимости между количественными переменными. То есть фактически оба метода изучают одну и ту же взаимосвязь, но с разных сторон, и дополняют друг друга. На практике корреляционный анализ выполняется перед регрессионным анализом. После доказательства наличия взаимосвязи методом корреляционного анализа можно выразить форму этой связи с помощью регрессионного анализа.

Регрессионный анализ предполагает построение уравнений регрессии, которые могут быть линейной или нелинейной формы.

В случае, если зависимая переменная является категориальной, а признаки – номинальными величинами, следует использовать логистическую регрессию.

При построении уравнения регрессии необходимо не только учитывать форму взаимосвязи между переменными, но и учитывать тот факт, что факторы, включаемые в модель, не должны быть взаимно коррелированы.

Например, показатели проникновения Интернета и количество активных интернет-пользователей являются взаимосвязанными показателями. В этой связи либо один из показателей должен быть исключен из модели, либо необходимо перейти от исходных переменных к их линейным комбинациям.

Для расчета влияния на результирующую переменную каждого отдельного фактора могут быть использованы частные коэффициенты корреляции для линейных связей или частные индексы детерминации для нелинейных.

Для описания взаимосвязи различных результирующих и факторных переменных будут использоваться системы взаимосвязанных уравнений. Каждое уравнение системы может быть независимым от других, рекурсивным или эти уравнения могут быть взаимосвязаны (совместны).

Для описания процессов, происходящих при цифровизации экономики, как правило, используются системы совместных уравнений, представляющих собой уравнение спроса на телекоммуникационные услуги, уравнение предложения телекоммуникационных услуг, уравнение плотности проникновения телекоммуникаций и уравнение зависимости ВВП от телекоммуникаций. Этот подход может быть использован и для описания зависимостей между различными компонентами рынка телекоммуникационных услуг.

Как правило, значения статистических показателей и индикаторов публикуются через равные промежутки времени, тем самым, образуя временные ряды. Для описания зависимости текущих значений показателей рынка услуг сотовой связи от значений этого и других показателей в предыдущие периоды используются системы уравнений авторегрессии, в частности, получили широкое распространение модели векторной авторегрессии (для стационарных рядов) и модели с учетом коинтеграции временных рядов для нестационарных рядов.

Отметим тот факт, что приведенный нами перечень традиционных статистических методов не является исчерпывающим, однако характеризует

наиболее значимые статистические инструменты и позволяет провести полный цикл анализа.

Таким образом, проведенная нами ревизия множества существующих методов дескриптивной и аналитической статистики позволила произвести их классификацию в разрезе их релевантности относительно поставленной цели исследования – формирования методики статистического анализа рынка услуг сотовой связи в контексте процесса развития цифровой экономики. Статистические методы были объединены в группы согласно этапам и задачам исследования, а также описаны возможности их будущего применения в рамках предлагаемой методики.

Было установлено, что на каждом этапе статистического исследования применяются различные совокупности аналитических инструментов. Так, в частности, нами уже были использованы такие методы описательной статистики, как графические методы, расчет темпов прироста, графический и статистический анализ характера распределения различных признаков. Указанные методы позволили сделать выводы об основных тенденциях развития и структуре объекта исследования. При проверке гипотезы о взаимосвязи рынка услуг сотовой связи и уровня экономического развития использовался дискриминантный анализ, позволяющий подтвердить зависимость между номинальной и категориальной переменными.

В дальнейшем нами будут использоваться методы поиска структуры, которые позволят сгруппировать наиболее близкие по степени цифровизации территории в кластеры или выделить наиболее значимые признаки из всей совокупности показателей. Методы понижения размерности будут использоваться для целей сокращения числа исследуемых признаков при сохранении тех из них, что отвечают за наибольшую долю вариации в данных. И, наконец, методы оценки тесноты связи позволят найти и оценить взаимосвязи между факторными и результативными показателями из нашей системы.

Данные методы не являются единственно пригодными для реализации нашей цели. Наряду с этими методами важно придать детальному изучению новый, в чем-то альтернативный им спектр количественных методов – так называемые методы интеллектуального анализа данных.

2.3 Оценка возможности приложения методов машинного обучения к анализу рынка услуг сотовой связи

Современные ученые-статистики в своих научных исследованиях часто не ограничиваются применением только традиционного статистического инструментария и активно используют широкий спектр методов обработки и анализа данных, принципы действия которых основаны на достижениях в такой научно-прикладной области, как искусственный интеллект (ИИ, artificial intelligence, AI). Под последним обычно принято понимать одновременно и науку, и технологию создания интеллектуальных машин, способных выполнять творческие функции, считающиеся прерогативой человека.

Не секрет, что с момента возникновения и по настоящее время в среде профессионалов-теоретиков данной области серьезные дискуссии вызывают не только проблема единообразия в понимании феномена ИИ, но и сам факт существования подобного рода интеллекта. В этой связи как рациональное зерно из всей науки об искусственном интеллекте специалистами-практиками обычно принято выделять прикладной аспект, получивший название «машинное обучение» (machine learning, ML).

В зависимости от подхода к обучению возможно выделить два варианта. Первый, дедуктивный, заключается в том, что на основе мнения экспертов составляется набор логических правил (формируется определенная «база знаний»), которыми и предлагается руководствоваться «носителю искусственного интеллекта» при решении поставленных перед ним задач (сразу же отметим, что, как показала практика, данный подход не

продемонстрировал своей практической ценности). Второй вариант, индуктивный, именуемый собственно «машинным обучением», предполагает, что качество метода, применяемого для решения задачи, возрастает по мере накопления им опыта в процессе решения множества сходных задач, т.е. самообучение метода несет в себе залог успеха его функциональности.

На основе самообучающегося метода базируется определенная модель, призванная решать ту или иную прикладную задачу. В зависимости от наличия априорной информации о моделируемом процессе все многообразие методов машинного обучения делят на методы «обучения с учителем», когда обучение осуществляется по так называемым «историческим данным»; методы «обучения без учителя» (обучающих данных нет); методы «обучения с подкреплением» – метод накапливает опыт, получая поощрения в результате удачных действий и штрафы, если действия были неудачны. Данная классификация представлена на рисунке 2.4.



Источник: составлено автором по материалам [161].
Рисунок 2.4 – Классификация методов машинного обучения

Отметим, что методы машинного обучения широко применяются при проведении анализа и моделировании деятельности различных аспектов информационно-технологических компаний, компаний-операторов связи и прочих компаний с позиций оценки эффективности их основной деятельности.

Подобно традиционным методам статистического анализа методы машинного обучения выполняют схожие для аналитического инструментария функции: группа методов обучения с учителем – задачи классификации и регрессии, без учителя – кластеризации и понижения размерности. Как следует из приведенной группировки (здесь перечислены наиболее часто используемые методы машинного обучения), большинство методов нацелено на анализ категориальных переменных и, следовательно, на решение задач классификации – осуществляемых как по альтернативному признаку (в области машинного обучения ее принято называемой «бинарной классификацией»), так по варьирующему признаку. Большинство из этих методов все еще редко применяются в широкой статистической практике [139]. В таблице 2.7 представлены группы методов машинного обучения.

Таблица 2.7 – Группы методов машинного обучения по видам и задачам

Задачи	Методы
Обучение с учителем	
Классификация	Метод k ближайших соседей Наивный байесовский классификатор Метод опорных векторов Логистическая регрессия Дерево решений
Регрессия	Линейная регрессия Полиномиальная регрессия Регрессия на основе дерева решений и случайного леса
Обучение без учителя	
Кластеризация	Метод k-средних Смеси Гауссовых распределений
Снижение размерности	Метод главных компонент

Источник: составлено автором по материалам [24].

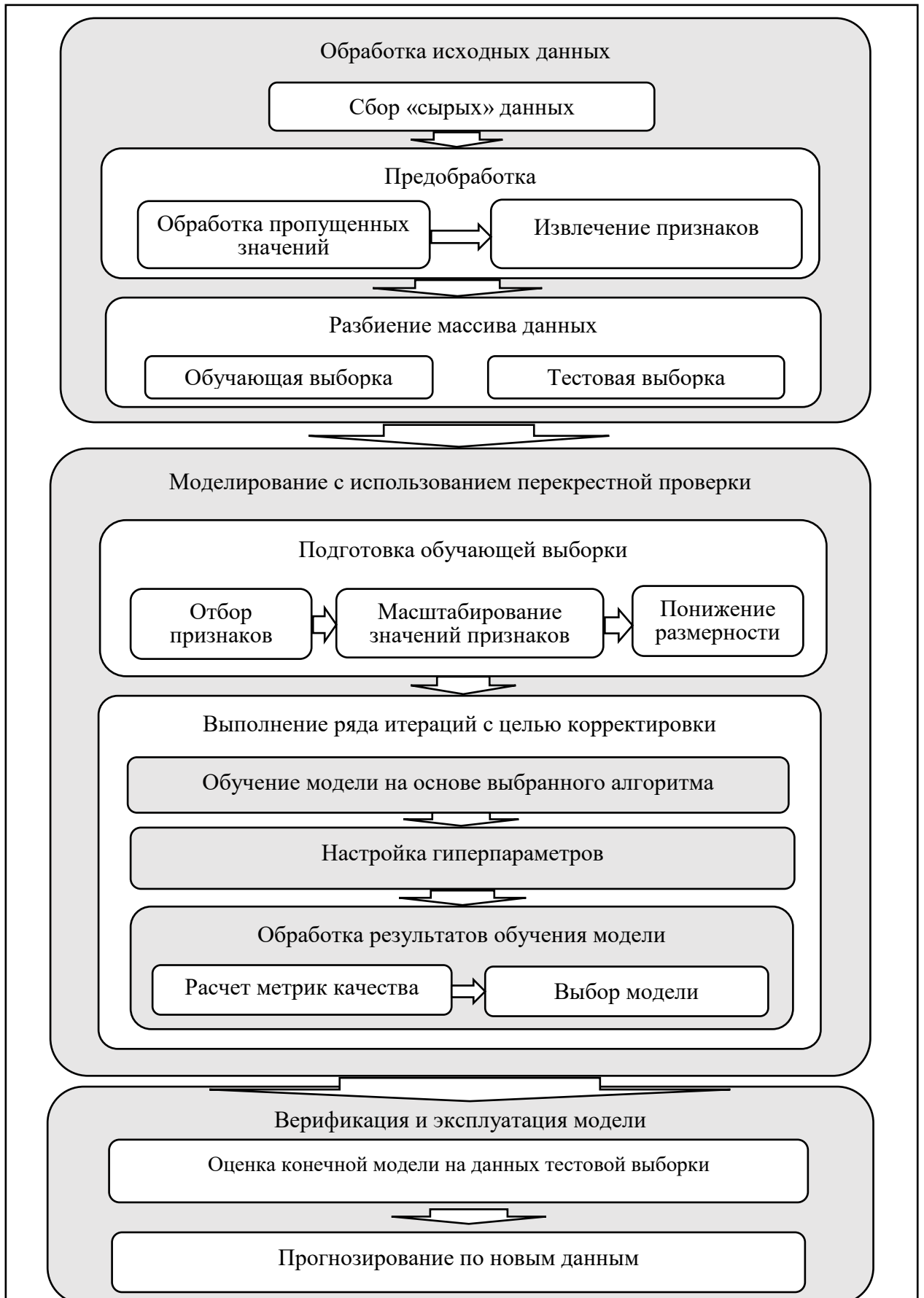
Схожесть задач, решаемых методами статистического анализа и машинного обучения, приводит к возникновению вполне логичного вопроса: насколько оправдано такое расширение спектра аналитического инструментария и, в частности, не являются ли методы машинного обучения здесь излишним, чужеродным дополнением, применение которого не вполне обязательно? Но чтобы ответить на этот вопрос, следует рассмотреть принципиальные отличия этих методов от традиционных.

Особенности методов машинного обучения проистекают из того факта, что они применяются в условиях наличия большого массива данных, и это обстоятельство, в свою очередь, приводит к возникновению у них некоторых преимуществ перед статистическими методами. Первой особенностью, и, возможно, преимуществом, является то, что использование методов машинного обучения не требует подчиненности изучаемой совокупности нормальному распределению по значению анализируемого признака (а ведь для статистических методов, в зависимости от поставленной задачи, это условие является принципиальным в силу ограниченности, порой даже критической, имеющихся эмпирических данных). Далее, или во-вторых, использование методов машинного обучения совершенно не требует знания и понимания особенностей природы изучаемого процесса. Последний воспринимается как некий «черный ящик», механизм действия которого неизвестен, и совершенно необязательно знать принцип его действия для того, чтобы спрогнозировать по входным данным его выходные характеристики. Этот подход позволяет моделировать объекты любой сложности, не пытаясь проанализировать сущность и глубинные закономерности, а исключительно прогнозируя их реакцию на внешние обстоятельства. Наконец, третий из характерных моментов заключается в том, что оценка полученных результатов не требует расчета каких-либо параметрических показателей, как это принято в статистической науке (например, статистики Стьюдента, Фишера и пр.) – в машинном обучении достаточно так называемых метрик качества модели.

Вышеуказанные особенности методов машинного обучения позволят нам в дальнейшем осуществить анализ и моделирование процессов, характерных для рынка телекоммуникационных услуг на его микроэкономическом уровне, а именно выбрать и обучить алгоритмы оценки бизнес-процессов основной деятельности компании-оператора связи с позиций ее экономической эффективности.

Само понятие машинного обучения предполагает, что применяемый исследователем метод должен быть обучен, скорректирован, подстроен под специфику анализируемого объекта. Здесь мы будем говорить о методах обучения с учителем. Принцип их реализации достаточно прост: исходные данные разбиваются на обучающую и тренировочную выборки, после чего обучающая выборка делится на входные данные (факторы) и результативные (например, метки классов, которым принадлежат те или иные наблюдения, входящие в состав обучающей выборки). Далее проводится обучение – метод постепенно, шаг за шагом, так настраивает свои параметры, чтобы факторные значения наилучшим образом описывали результативные метки. После чего, используя обученный метод для обработки и анализа данных тестовой выборки, получают расчетные значения результативных показателей и оценивают их совпадение с фактическими результатами из тестовой выборки [139].

Декомпозиция этого процесса на рисунке 2.5 включает три обобщенных этапа: предварительную обработку массива данных – их подготовку к обучению; собственно, сам процесс обучения – он носит итерационный характер в силу того, что пошагово решает задачу оптимизации целевой функции; верификацию и эксплуатацию – отбор из множества моделей наиболее приемлемого варианта, проверку качества и использование этой модели в реальном режиме работы телекоммуникационной компании.



Источник: составлено автором по материалам [161].

Рисунок 2.5 – Этапы моделирования с применением методов машинного обучения

Формализация этого процесса может быть представлена так. Допустим, что в распоряжении исследователя имеется массив данных, который подразделен на пространство объектов (обозначим их как \mathbf{X}) и пространство ответов (\mathbf{Y}). В пространстве объектов выделены признаковое пространство x и обучающая выборка X , где: $x = (x^1, \dots, x^d)$ и $X = (x_i, y_i)_{i=1}^l$.

С целью моделирования процесса преобразования входных данных в выходные отбирается ряд методов (или, как часто говорят, специалисты по машинному обучению, «алгоритмов»), потенциально способных описать такое преобразование. В случае с решением задачи регрессии целью обучения каждого из выбранных алгоритмов будет являться минимизация функционала формулой (1)

$$a(x) = \arg \min_{a \in A} Q(a, X), \quad (1)$$

где $a(x)$ – алгоритм, выбранный из семейства алгоритмов;

A - семейство алгоритмов;

$Q(a, X)$ – функционал ошибки алгоритма a на выборке X .

Оценкой качества алгоритма восстановления регрессии, как правило, служит среднеквадратичная ошибка, поскольку она дифференцируема, рассчитываемая по формуле (2)

$$Q(a, X) = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l (a(x_i) - y_i)^2. \quad (2)$$

При решении задачи классификации (здесь возьмем простейший случай – бинарной классификации) пространство ответов преобразуется в множество из двух меток, отображающих принадлежность к двум противоположным

классам: $\mathbf{Y} = \{-1, +1\}$. Иначе говоря, в этой ситуации интерес для исследователя представляет только знаки полученных результатов.

Алгоритм-линейный классификатор, в соответствии с таким подходом, может быть выражен формулой (3)

$$a(x) = \text{sign} \sum_{j=1}^{d+1} w_j x^j = \text{sign} \langle w, x \rangle. \quad (3)$$

В отличие от алгоритма регрессии, оценка качества алгоритма классификации зависит от доли неправильных ответов. Это негладкая функция, отражающая некоторое пороговое значение по формуле (4)

$$Q(a, X) = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l [a(x_i) \neq y_i]. \quad (4)$$

Аналитический способ нахождения параметров функционала (в d -мерном пространстве признаков) хорошо известен (это, в самом базисном случае, метод наименьших квадратов) и требует такой операции, как обращение матрицы размерностью $d \times d$. Это обстоятельство, в свою очередь, предполагает сложность исчисления порядка d^3 , что мало приемлемо с практических позиций, даже учитывая возможности современной вычислительной техники, если вычисления необходимо осуществлять достаточно оперативно. Поэтому для достижения хорошей степени реализуемости выбранного алгоритма в машинном обучении используют другой подход – так называемый «градиентный спуск», основанный на вычислении вектора из частных производных, указывающий направление наискорейшего роста исследуемой функции, то есть, собственно, градиента.

Поиск оптимальной настройки алгоритма (или минимума функции ошибки) реализуется так: в абстрактном d -мерном пространстве (порядок определяется числом входящих признаков) выбирается некая точка со случайными координатами (чаще их называют весами) w_0 . Алгоритм,

используя эти веса, исчисляет результаты, которые сравниваются с фактическими и дают исходное значение функции ошибки. Далее, с целью поиска минимума функции, запускается некоторый цикл, для каждой итерации которого вычисляются новые веса на основе вычисления градиента (∇) и определяемого эвристически размера шага η , направленного в противоположную (происходит поиск минимума) от градиента сторону по формуле (5)

$$w^t = w^{t-1} - \eta_t \nabla Q(w^{t-1}, X). \quad (5)$$

В результате этот цикл, при выполнении некоторого поставленного условия, например, такого что $\|w^t - w^{t-1}\| < \varepsilon$ (где ε достаточно малая величина), приводит алгоритм к точке минимума – алгоритм формально (до проверки его качества на тестовой выборке) считается обученным.

В условиях большого числа признаков обычный метод градиентного спуска весьма неэффективен с позиций сложности вычислений, поскольку требует вычисления градиента по всему набору данных. Для решения этой проблемы используется «облегченный» вариант метода, получивший название стохастического градиентного спуска, предполагающего вычисление производных не по всему набору, а лишь по его части (или даже одному наблюдению), при этом выбор осуществляется случайным способом (выбирается случайный объект x_i из X) по формуле (6)

$$w^t = w^{t-1} - \eta_t \nabla Q(w^{t-1}, \{x_i\}). \quad (6)$$

Системной, теоретически неустранимой проблемой при осуществлении оптимизации методом градиентного спуска является вероятность того, что в процессе обучения выбранный алгоритм достигнет локального, а не глобального минимума в изучаемом d -мерном пространстве, и, соответственно, лучшее решение может быть не найдено. Частичный выход из

этой ситуации заключается в выборе размера шага обучения, что является в значительной степени творческим процессом: при чрезмерно большом шаге алгоритм может «перешагнуть» через искомый минимум, а при слишком малом – существенно, даже критически снизить скорость процесса обучения.

Таким образом, решение задачи машинного обучения направлено на минимизацию функции потерь. Применение метода наименьших квадратов затруднено, поскольку связано с использованием достаточно большого объема вычислительных мощностей. В связи с этим используются методы градиентного спуска. Градиент представляет собой направление наискорейшего роста функции, а антиградиент – направление наискорейшего убывания функции. Метод градиентного спуска заключается в выборе произвольной точки на плоскости, расчете антиградиента, смещении в новые рассчитанные значения, повторном расчете антиградиента и так далее. Необходимым условием минимума функции является равенство градиента нулю. Ключевой проблемой данного подхода является нахождение локального, а не глобального минимума.

Для оценки качества полученной модели, на ее основе по данным выборки исчисляются расчетные значения результативных показателей и сравниваются с фактическими значениями. В случае с решением задачи классификации результаты совпадений и несовпадений фактических и предсказанных меток у отдельных наблюдений анализируемого массива данных сводятся в определенную матрицу, представленную на рисунке 2.6.

Сочетания классов		Фактические результаты (классы)	
		1	0
Спрогнозированные результаты (классы)	1	Истинно положительные (True Positive, <i>TP</i>)	Ложно положительные (False Positive, <i>FP</i>)
	0	Ложно отрицательные (False Negative, <i>FN</i>)	Истинно отрицательные (True Negative, <i>TN</i>)

Источник: составлено автором.

Рисунок 2.6 – Матрица частот результатов классификации

Информация, содержащаяся в этой матрице, служит для исчисления метрик качества полученной в процессе обучения модели классификатора.

Верность (правильность) (Accuracy, ACC) – доля правильных результатов от общего числа всех результатов рассчитывается по формуле (7)

$$ACC = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}. \quad (7)$$

Точность (precision, PRE) – доля объектов, действительно относящихся к данному классу, в общем числе объектов, отнесенных классификатором к данному классу, что отражено в формуле (8)

$$PRE = \frac{TP}{TP + FP}. \quad (8)$$

Полнота (recall, RE) – доля найденных классификатором объектов, принадлежащих классу, относительно всех объектов этого класса, как показано в формуле (9)

$$TPR = \frac{TP}{TP + FN}, \quad (9)$$

F-мера (F-measure, F-score, F_1) – метрика, позволяющая дать оценку результатам классификации одновременно с позиций их точности и полноты. Исчисляется как гармоническое среднее показателей точности и полноты по формуле (10)

$$F = 2 \times \frac{precision \cdot recall}{precision + recall}. \quad (10)$$

Таким образом, методы машинного обучения представляют собой группу методов искусственного интеллекта, в основе которой лежит подход по восстановлению зависимостей из эмпирических данных: на основе выборочных данных делаются выводы об общих взаимосвязях. Алгоритмы

машинного обучения используются для решения задачи на размеченных и неразмеченных данных, при этом особенно широкое применение на практике получили методы обучения с учителем (обучения на размеченных данных). Основными этапами обучения является конкретизация задачи, которую необходимо решить, и выбор соответствующих ей методов, подготовка признакового пространства для создания модели, выбор метрик качества для оценки алгоритма и его оптимизация (оптимизация функции потерь). Методы машинного обучения в отличие от традиционных статистических методов требуют соблюдения меньшего количества допущений относительно данных, ориентированы на извлечение ценности из больших объемов данных, обобщение результатов происходит в большей степени на основе эвристических методов, чем расчета значений статистических тестов. Указанные обстоятельства делают актуальным применение указанных методических подходов к анализу данных не только на уровне отдельных компаний, но и на государственном уровне посредством создания открытой платформы больших данных. Это приведет как к росту обоснованности принимаемых управленческих решений, так и к аккумуляции научного потенциала.

Глава 3 Анализ и моделирование индикаторов цифровой экономики в контексте развития информационно-коммуникационного сектора

3.1 Классификация и регрессия экономических показателей основной деятельности компании-оператора связи

Обзор теоретических положений социально-экономических аспектов развития сферы ИКТ и рассмотрение методических основ количественного анализа массовых данных, осуществленные нами на предыдущих этапах исследования, создают необходимый и достаточный базис для достижения цели данной работы – практической реализации методики статистического анализа рынка услуг сотовой связи и телекоммуникаций с позиций их влияния на процесс становления цифровой экономики. Согласно логике исследования, сначала анализу будет подвергнут микроэкономический уровень предметной области – основная деятельность типичной компании-оператора связи, выполняющего функции провайдера информационно-технологических услуг. Далее мы осуществим переход на мезоэкономический уровень и на примере совокупности субъектов Российской Федерации проанализируем региональные особенности влияния телекоммуникационного рынка на цифровизацию отечественной экономики, после чего в общемировом масштабе проведем подобный анализ в разрезе межстрановых сравнений по наиболее актуальным из имеющихся в открытом доступе статистическим данным.

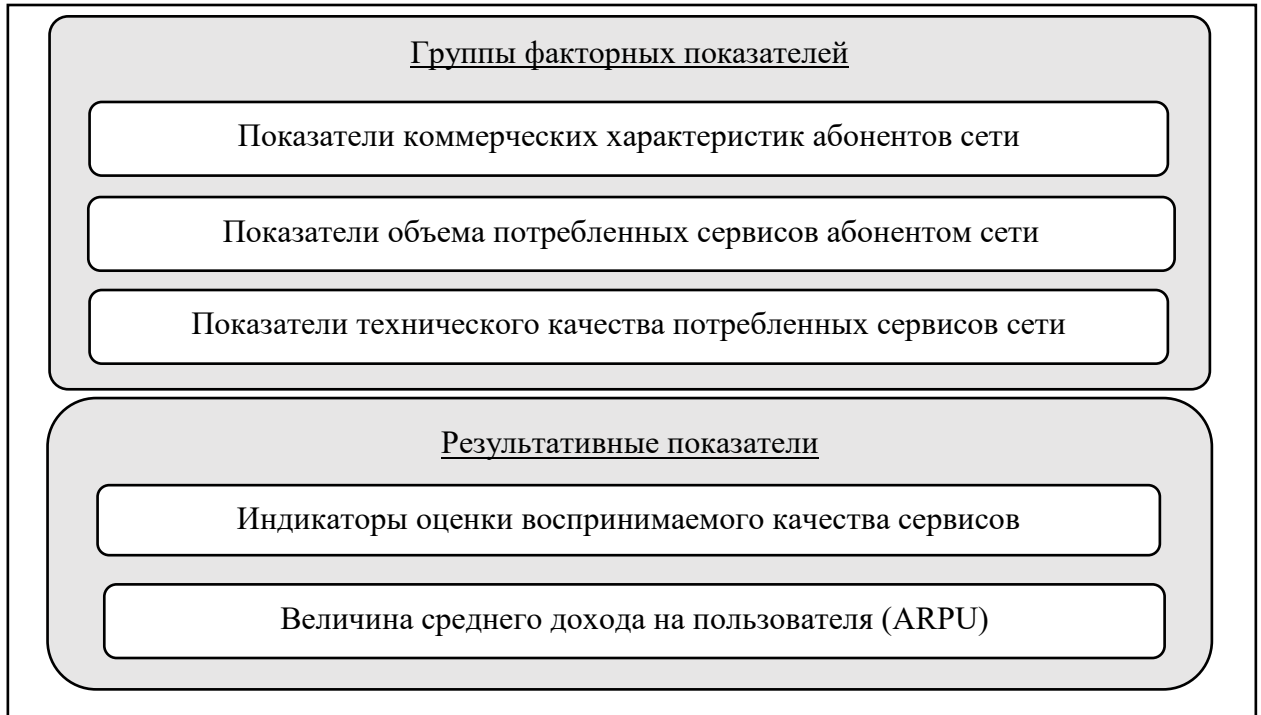
Итак, основная деятельность телекоммуникационной компании представляет собой бизнес-процесс, в ходе которого на основе применения ИКТ создается новая экономическая стоимость. Этот факт фиксируется компанией-оператором связи с помощью специального программного обеспечения, широко известного под аббревиатурой OSS/BSS – система поддержки операций / система поддержки бизнеса (Operation Support System /

Business Support System, далее – OSS/BSS). OSS/BSS – это целый класс подчас достаточно разнородных программных продуктов, используемых компаниями-операторами связи в частности и любыми компаниями вообще, которые регулярно и персонально взаимодействуют со своими клиентами: ведут их персональные учетные записи (аккаунты), отслеживают объемы и номенклатуру потребленных услуг и на основе этого регулярно представляют своим абонентам счета для оплаты. При этом затрагиваются две стороны деятельности телекоммуникационной компании: во-первых, управление инфраструктурой и ресурсами, и, во-вторых, взаимодействие с абонентами. В комплексе этот подход обеспечивает надежное и бесперебойное предоставление и учет услуг связи.

Сфера ответственности OSS охватывает сетевую инфраструктуру и оборудование, а за взаимодействие с абонентами (учет предоставленных услуг по тарифам, контроль состояния счета, выставление счетов и т.д.) отвечает BSS. Ее основой является биллинговая система, в рамках которой осуществляются все финансовые взаиморасчеты с абонентами. Сложность структуры этой системы может варьироваться, включая в свой состав те или иные подсистемы. К последним, например, обычно относят систему CRM (Customer Relationship Management), отвечающую за отношения с клиентами и хранящую различные данные по каждому с целью их использования для маркетинговых целей. Также, в BSS может входить система ERP (Enterprise Resource Planning), используемая компанией для управления своими ресурсами, ведения финансового и управленческого учета.

Схематично процесс сбора данных о работе сети укладывается в следующую цепь событий (процессов и операций): каждая базовая станция осуществляет передачу сигнала (с или на устройство абонента); далее через контроллер базовыми станциями и коммутатор данные поступают, во-первых, к OSS, которая управляет сетью и хранит актуальную информацию о ней, а во-вторых, в BSS, где начисляется плата за оказанные услуги связи (осуществляется так называемый биллинг). В итоге данные поступают в базу,

где централизованно собирается и хранится вся соответствующая статистика. Состав собираемых данных показан на рисунке 3.1.



Источник: составлено автором по материалам [57].

Рисунок 3.1 – Декомпозиция системы технико-экономических характеристик основной деятельности компании-оператора мобильной связи

Состав собранной информации, в контексте цели нашего исследования, может быть представлен следующим образом: блок технико-экономических характеристик основной деятельности компании-оператора связи, а также ряд индикаторов, отражающих результаты этой работы. Очевидно, что в блок факторных характеристик включены группы показателей, имеющие, в основном, технический и лишь после этого экономический профиль. В силу данного обстоятельства эти индикаторы ранее не были полноценно рассмотрены нами на этапе формирования системы статистических показателей телекоммуникационного рынка. Тем не менее, каждая из групп факторного блока несет в себе ряд важных количественных характеристик в области предоставления услуг связи.

В перечне показателей коммерческих характеристик абонентов сети к наиболее важным, помимо традиционных – себестоимости и выручки, относятся величина дохода в среднем на одного пользователя (Average Return Per User, далее – ARPU); расходы на интерконнект – систему, определяющую условия и размер взаимозачетов между операторами за предоставляемый ими трафик; расходы на оказание дополнительных услуг (Value Added Services, далее – VAS). Вполне ясно, что данная группа имеет наиболее явный экономический характер. Данная группа представлена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Показатели коммерческих характеристик абонентов сети

x_{Ai}	Показатели
x_{A1}	Активность абонента
x_{A2}	Группа по ARPU абонента
x_{A3}	Тип устройства
x_{A4}	Технология ПД устройства (2G/3G/4G)
x_{A5}	Выручка, рублей без НДС
x_{A6}	Расходы на интерконнект, рублей без НДС
x_{A7}	Расходы на VAS, рублей без НДС
x_{A8}	Расходы на аренду каналов, рублей без НДС
x_{A9}	Расходы на роуминг, рублей без НДС
x_{A10}	Себестоимость, рублей без НДС

Источник: составлено автором по материалам [57].

Группа показателей объема потребленных сервисов абонентом сети содержит техническую информацию по каждому абоненту, обслуживаемому телекоммуникационной компанией, с подразделением и последующей агрегацией для каждой соты каждой базовой станции сети (с указанием уникальных идентификаторов как соты, так и абонента). Здесь аккумулируются данные о потребленных объемах как голосового трафика (в минутах за каждый час), так и трафика, связанного с передачей данных (измеряемого в количестве мегабайт за час) по абонентам сети, что показано в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Показатели объема потребленных сервисов абонентом сети

x_{Bi}	Показатели
x_{B1}	Уникальный идентификатор абонента
x_{B2}	Уникальный идентификатор соты
x_{B3}	Суммарный голосовой трафик этого абонента на этой соте
x_{B4}	Суммарный трафик data-трафик этого абонента на этой соте
x_{B5}	Суммарная продолжительность data-сессий этого абонента на этой соте
x_{B6}	Количество потребленного голосового трафика за час (минуты)
x_{B7}	Количество потребленного data-трафика за час (Мб)

Источник: составлено автором по материалам [57].

Возможности сети зависят от поколения и стандарта связи, развернутых на конкретной соте. Поэтому оценка технического качества потребленных абонентами сервисов осуществляется на основе соответствующих индикаторов инженерного характера, например, доступности определенной технологии, успешности голосового соединения и установления пакетных сессий, скоростью передачи данных на загрузку и выгрузку. Технические показатели представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Показатели технического качества потребленных сервисов сети (в разрезе технологий 2G/3G/4G)

x_{Ci}	Показатели
x_{C1}	Доступность технологии
x_{C2}	Успешность голосового соединения
x_{C3}	Успешность установления пакетных сессий
x_{C4}	Объемы трафика передачи данных на загрузку/выгрузку
x_{C5}	Среднее количество пользователей на соте
x_{C6}	Среднее значение скорости передачи данных на соту / на пользователя
x_{C7}	Количество одновременных высокоскоростных пользователей на соте на загрузку/выгрузку
x_{C8}	Среднее количество используемых ресурсных блоков на соте на загрузку/выгрузку

Источник: составлено автором по материалам [57].

На данном этапе работы мы построим модели процессов классификации и регрессии наиболее важных показателей основной деятельности типичной телекоммуникационной компании, для чего используем очерченный нами ранее спектр методов машинного обучения. Первая из задач (классификация) будет заключаться в осуществлении дифференциации абонентов по альтернативному признаку толерантности к своей компании-оператору связи – иными словами, на основе технико-экономических данных о клиенте необходимо определить, откажется ли он в ближайшее время от услуг этого оператора или же нет. Решением второй (регрессионной) задачи станет прогнозирование значений показателя величины дохода, получаемого телекоммуникационной компанией в среднем от каждого своего клиента, в результате потребленных им услуг связи.

Реализация поставленной задачи классификации предполагает построение ряда моделей по принципу «от простого к сложному», причем каждая последующая модель будет базироваться на конструкции предыдущей. Всего выделим четыре типа моделей, вариативных в плане используемых алгоритмов машинного обучения. Заметим здесь, что в первых трех моделях используются отдельные методы из сформированного набора алгоритмов машинного обучения, а четвертая модель оперирует уже ансамблями алгоритмов. Вкратце охарактеризуем эти модели:

– «наивная» модель (модель 0). Обучается на основе исходных данных без настроек гиперпараметров и создания ансамблей моделей. Но реализуется в нескольких вариантах по признакам: а) кросс-валидации (без применения и с применением различного числа перекрестных выборок вплоть до предельного варианта, когда объем каждой выборки состоит лишь из одного наблюдения) и б) типу метода градиентного спуска (представляется логичным сопоставить здесь общий и различные варианты стохастического спуска);

– модель «с предобработкой» (модель 1). Варианты предыдущей модели с алгоритмами машинного обучения, показавшими наилучшие результаты с позиций значений метрик качества, дополняются этапом предобработки

исходных данных (их нормализацией и стандартизацией) и «конструированием» производных признаков на основе исходного признакового пространства (feature engineering);

– модель «с тонкой настройкой» (модель 2). Наиболее приемлемые, с позиций исчисленных метрик качества, варианты модели 1 подвергаются, настройке гиперпараметров (параметров, которые определяются не самой моделью, а ее создателем; к таким параметрам, например, относится шаг обучения, начальные значения весовых коэффициентов, число уровней разбиения у дерева решений и т.д.);

– «ансамблевая» модель (модель 3). Здесь осуществляется переход от использования в моделировании классификаторов на основе отдельных алгоритмов к применению целых алгоритмических ансамблей, что позволяет существенно повысить качество модели.

В качестве данных для построения вышеуказанных моделей мы используем материал одного открытых чемпионатов по машинному обучению, регулярно организуемых и проводимых таким известным игроком отечественного рынка информационных технологий, как компания Mail.Ru Group. Это соревнование, проведенное в 2018 году вышеуказанной компанией на созданной ею же платформе ML Boot Camp (она объединяет в единое сообщество всех приверженцев применения методов машинного обучения для анализа данных), носило название «Telecom Data Cup – CSI Analyze» и соответственно этому (CSI – Customer Satisfaction Index) заключалось прогнозировании оценки лояльности клиентов одной из компаний, входящих в состав «Большой тройки», к качеству предоставляемых этой компанией услуг. Сами организаторы соревнования сформулировали его задачу таким образом: «Результатом опроса является индекс удовлетворенности для каждого абонента, выраженный нулем (0 - доволен) и единицей (1 - недоволен). Необходимо с максимально возможной точностью выявить и предсказать недовольных клиентов».

Для реализации описанных выше моделей нами будет использована значительная часть этого массива данных, редуцированного путем отбора наиболее важных признаков (в исходном варианте фигурирует 130 признаков) с последующим переформатированием некоторых из них (например, количественных – в категориальные). Особенности методов обработки и обучения данных на каждом из этапов построения модели перечислены в таблице 3.4 в порядке возникновения в них потребности и продиктованы поиском наиболее рационального ее решения.

Таблица 3.4 – Характеристики основных аспектов процесса обучения (с учителем) моделей классификатора

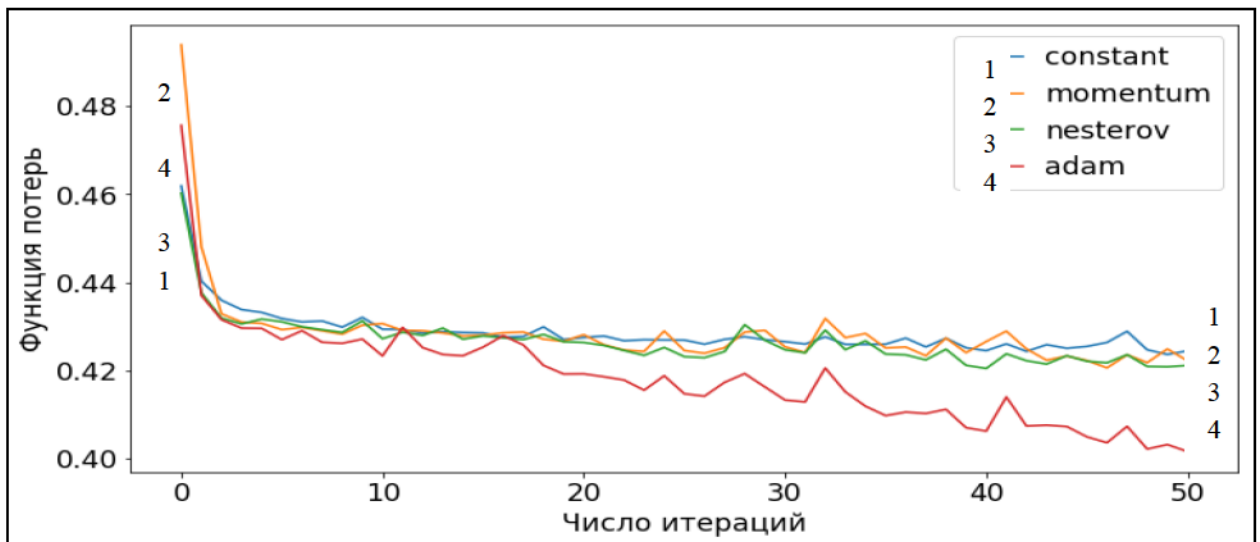
Операция / алгоритм / индикатор	Описание / значение
Кросс-валидация	На отложенных данных По группам объектов По отдельным объектам
Градиентный спуск	Полный Пакетный Стохастический
Предобработка исходных данных	Очистка исходных данных Конструирование признаков
Настройка гиперпараметров	Поиск по сетке параметров
Базисные алгоритмы	Метод к ближайших соседей Логистическая регрессия Метод опорных векторов Дерево принятия решений
Ансамбли алгоритмов	Бэггинг Стэкинг Бустинг
Целевая функция (функция потерь)	Пороговая Логистическая Экспоненциальная Кусочно-линейная

Источник: составлено автором.

Начало отсчета процесса построения классификатора – это базисная, или, по-другому, «наивная» модель, обучаемая на «сырых», необработанных

исходных данных и характеризуемая двумя принципиальными моментами. Во-первых, это оптимизация функции ошибки (сразу же отметим, что на основе экспертных мнений приоритет был отдан рассмотрению вариантов метода стохастического градиентного спуска). Во-вторых, формирование обучающих выборок на основе кросс-валидации.

Стохастический градиентный спуск, являясь аппроксимацией обычного градиентного спуска, как правило, достигает сходимости намного быстрее из-за более частых обновлений весов (поскольку здесь каждый градиент рассчитывается на одном-единственном примере, а не по всему набору данных). Следствием этого является и другое преимущество стохастического градиентного спуска – он с большей готовностью может выходить из мелких локальных минимумов и, значит, приводить к более оптимальным решениям. На рисунке 3.2 представлены наиболее известных вариантов для оптимизации функции потерь наивной модели и в результате этого выбор был сделан в пользу адаптивного градиентного спуска.



Источник: составлено автором на основе данных [57].

Рисунок 3.2 – Графики результатов оптимизации функции потерь различными вариантами метода стохастического градиентного спуска

Не вдаваясь в детали, отметим, что Adam (Adaptive moment estimation) представляет собой основанный на методе моментов (иными словами,

учитывающий инерцию движения спуска) оптимизационный алгоритм, использующий накопленную историю градиентов как для вычисления их текущих значений, так и для настройки скорости обучения. В силу этого данный метод, по возможности, будет использоваться нами в дальнейшем.

Решая вопрос об обучающих выборках (их числе и составе), напомним, что кросс-валидация (cross-validation, перекрестная проверка) – это метод оценки модели, при котором данные разбиваются на k частей и затем на $k-1$ частях производится обучение, а оставшаяся часть данных используется для тестирования (это повторяется k раз, и каждая из k частей единожды выступает в роли тестовой), что дает оценку эффективности выбранной модели с наиболее равномерным использованием имеющихся данных.

Моделирование привело к весьма интересным результатам. Вопреки интуитивно верному правилу о том, что «чем больше информации, тем точнее результат», проведенные расчеты в приложении Г показали, что между количеством перекрестных выборок и значением метрики качества обученной модели нет какой-либо заметной связи. Этот же вывод следует и из анализа графиков, представленных в приложении Г (в силу масштаба здесь может создаться ложное впечатление о высокой степени вариации значений метрики).

Из четырех примененных здесь алгоритмов три продемонстрировали примерно равные результаты качества обученной модели (в среднем около 0,845) и один (наивный байесовский классификатор) дал оценку, уровень которой лишь ненамного превысил итоги обычного случайного гадания.

Вполне ясно, что результаты моделирования не в последнюю очередь зависят от качества получаемой информации, поэтому усложним нашу базовую «наивную» модель тем, что осуществим предобработку данных, подаваемых ей на вход. Данный процесс подразумевает совершение значительного числа разнообразных операций, таких, как, например, преобразование признаков из одного формата в другой, создание производных признаков на базе исходных, ранжирование признаков по степени их

значимости с позиций вариации результативной характеристики и прочее. Кроме того, следует не оставить без внимания ряд многомерных методов статистического анализа, позволяющих понизить размерность признакового пространства и тем самым выделить новые обобщенные факторные показатели, обладающие более высокой смысловой нагрузкой.

Прежде всего, обработке подверглись некоторые категориальные показатели – в частности, отражающие тип коммуникационного устройства, которым пользуется клиент, активность самого абонента, а также группу, к которой он отнесен по индикатору среднего дохода (ARPU). Эти характеристики были ожидаемо трансформированы в фиктивные переменные (что формально увеличило число факторов в системе отобранных для анализа показателей) с целью приведения к виду, позволяющему корректно использовать их в создании классификатора методами машинного обучения.

Посредством использования метода Random Forest (случайный лес) было осуществлено ранжирование ограниченного круга наиболее значимых (этот отбор осуществлялся экспертным путем) количественных факторов по степени их важности для решения поставленной задачи классификации, что представлено в таблице 3.5.

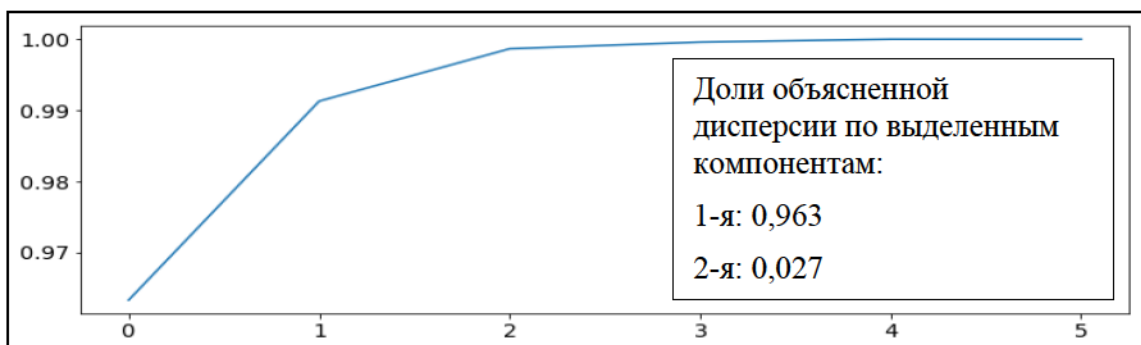
Таблица 3.5 – Ранжирование факторов лояльности клиентов по степени важности с использованием алгоритма Random Forest

Рейтинг	Наименование показателей	Уровень важности
1	Выручка от оказания услуг	0,451
2	Расходы на аренду каналов	0,169
3	Расходы на интерконнект	0,167
4	Расходы на дополнительные сервисы	0,137
5	Размах вариации доходных групп абонента	0,062
6	Расходы на роуминг	0,013

Источник: составлено автором на основе данных [57].

Все представленные в таблице 3.5 характеристики основной деятельности компании-оператора связи, в силу своей экономической природы, имеют стоимостное выражение, преимуществом которого является универсальность и сопоставимость. Они более понятны по сравнению с техническими индикаторами, что позволяет анализировать эффективность производственных процессов без глубокого знания их особенностей.

Упорядочение факторов позволяет осмысленнее подходить к их отбору в модель (что должно положительно влиять на степень ее качества), но не создает при этом какие-либо производные объекты, обладающие более сложной структурой и, соответственно, большей степенью их обобщения. В этой связи предобработка исходных данных не была ограничена лишь уровнем отдельных признаков; были предприняты попытки редуцирования их числа и выделения обобщающих, агрегированных факторов в пространствах разной степени размерности – от самого простого «двумерного» варианта и вплоть до случая, когда размерности исходного и редуцированного пространств будут совпадать. Формальным подходом к определению оптимальной степени размерности пространства в статистике является построение графика «каменной осыпи» – его вариант на рисунке 3.3, реализованный в виде линии накопленных относительных частот, определяет число главных компонент, которые объясняют подавляющую долю совместной дисперсии признаков исходной факторной системы.



Источник: составлено автором.

Рисунок 3.3 – Кумулята объясненной дисперсии выделенными главными компонентами редуцированного признакового пространства

Проведенная предобработка факторов ожидаемо улучшила результаты моделирования, что показано в таблице 3.6, – значения уже используемой нами ранее метрики качества *accuracy* модели «с предобработкой» превысили отметку в 0,9 (ранее они колебались от 0,842 до 0,845).

Таблица 3.6 – Оценка качества результатов обучения вариантных моделей бинарного классификатора метриками для несбалансированных выборок

Алгоритм классификации	Метрика качества		
	precision	recall	F-мера
Метод k ближайших соседей (0,87)			
лояльные клиенты	0,87	1,00	0,93
нелояльные клиенты	0,94	0,16	0,27
Логистическая регрессия (0,91)			
лояльные клиенты	0,90	1,00	0,95
нелояльные клиенты	1,00	0,38	0,55
Дерево принятия решений (0,91)			
лояльные клиенты	0,91	1,00	0,95
нелояльные клиенты	0,97	0,42	0,59
Примечание – В скобках справочно приведено значение метрики качества <i>accuracy</i>			

Источник: составлено автором.

Отметим, что хотя метрика *accuracy* традиционно и является самой применяемой у специалистов машинного обучения, но обладает одним явным недостатком. Дело в том, что в условиях так называемой «несбалансированной» выборки – когда доли единиц с положительным и отрицательным значениями результативного признака не равны между собой – применение *accuracy* не вполне корректно (при преобладании в совокупности единиц интересующего нас класса она дает завышенные значения, и наоборот).

С целью нивелирования указанного недостатка можно осуществить вычисление целого ряда других метрик качества (их обсуждение уже было представлено в параграфе 2.3) – это *precision*, *recall* и *F-мера*. Вкратце

напомним, что метрика *precision* характеризует долю объектов, названных классификатором положительными и при этом действительно являющихся таковыми, а *recall* – какую долю объектов положительного класса из всех объектов такого класса нашел алгоритм. Агрегирующей характеристикой этих двух метрик выступает *F-мера* – их средняя гармоническая.

Эти метрики могут быть рассчитаны для каждого из классов, на которые подразделена совокупность. В нашем случае, как видно из таблицы 3.6, осуществлена именно такая реализация – указаны значения метрик для каждого из классов: лояльных (0) и нелояльных (1) клиентов.

Налицо существенная дифференциация значений метрик качества в разрезе классов, что свидетельствует о расхождении частных оценок: классификаторы более успешно справились с идентификацией лояльных клиентов, чем нелояльных. Это неудивительно, поскольку доля первых существенно превышает долю вторых – с позиций бизнеса обратная ситуация свидетельствовала бы о крайне негативном состоянии вещей (в нашем случае – уровне лояльности клиентов к качеству услуг оператора связи).

Предобработка исходных данных позволяет перейти к следующему этапу моделирования – с целью повышения качества конкретной модели проводится «тонкая» настройка ее наиболее важных гиперпараметров – тех характеристик, что задаются и регулируются самим исследователем. Нами уже так или иначе производились подобные операции, являющиеся общими для всех алгоритмов – речь идет о выборе метода градиентного спуска и определении числа перекрестных подвыборок из обучающей выборки. Однако наряду с общими существуют и специальные, характерные только для определенных методов машинного обучения особенности. Здесь нами будет рассмотрено два алгоритма, зарекомендовавших себя наиболее хорошо: логистическая регрессия и дерево принятия решений.

Что является формальной целью оптимизации гиперпараметров? Ответ лежит на поверхности: получение модели с наилучшими предсказательными свойствами. Однако дело осложняется тем, что выбор такой «оптимальной

модели» состоит в поиске наилучшего компромисса между двумя антагонистическими величинами: систематической ошибкой (в англоязычной практике, *bias*) и дисперсией (*variance*). Если модель излишне проста, характеризуется плохой аппроксимацией, говорят, что она «недообучена», то есть ее гибкость недостаточна для удовлетворительного учета всех признаков в данных. Иными словами, у этой модели имеется значительная систематическая ошибка. Такие модели будут плохо предсказывать как данные обучающей последовательности, так и любые ранее не виденные данные (модель плохо запоминает «виденное» и не способна к обобщению). Модель, обладающая чрезмерно точно «подгонкой» под фактические данные («переобученная» модель), настолько гибка, что она в итоге учитывает не только исходное распределение данных, но и случайные ошибки в них. Другими словами, у этой модели высокая дисперсия. Подобные модели будут очень хорошо предсказывать данные обучающей последовательности, но на любых ранее не виденных данных работать очень плохо (хорошо «запоминают», но некачественно экстраполируют это на новые данные).

В этом контексте настройка свойств данного алгоритму гиперпараметров и представляет собой поиск такого состояния модели, которое обеспечивало бы требуемый уровень компромисса между значениями ее системной ошибки (недообучением) и дисперсии (переобучением).

Обозначенный выше компромисс зависит как от сложности модели, так и от размера обучающей последовательности. И поскольку на практике у моделей, как правило, больше одного параметра, это обстоятельство осложняет не только поиск оптимальных значений, но и просто графическое отображение этого процесса: графики так называемых «кривых проверки» и «кривых обучения» превращаются из двумерных линий в многомерные поверхности. Поэтому здесь нами будет представлена визуализация не этих кривых, а графики зависимости качества моделируемого классификатора от настройки какого-либо частного гиперпараметра на рисунке Г.2 и рисунке Г.3 того или иного выбранного алгоритма.

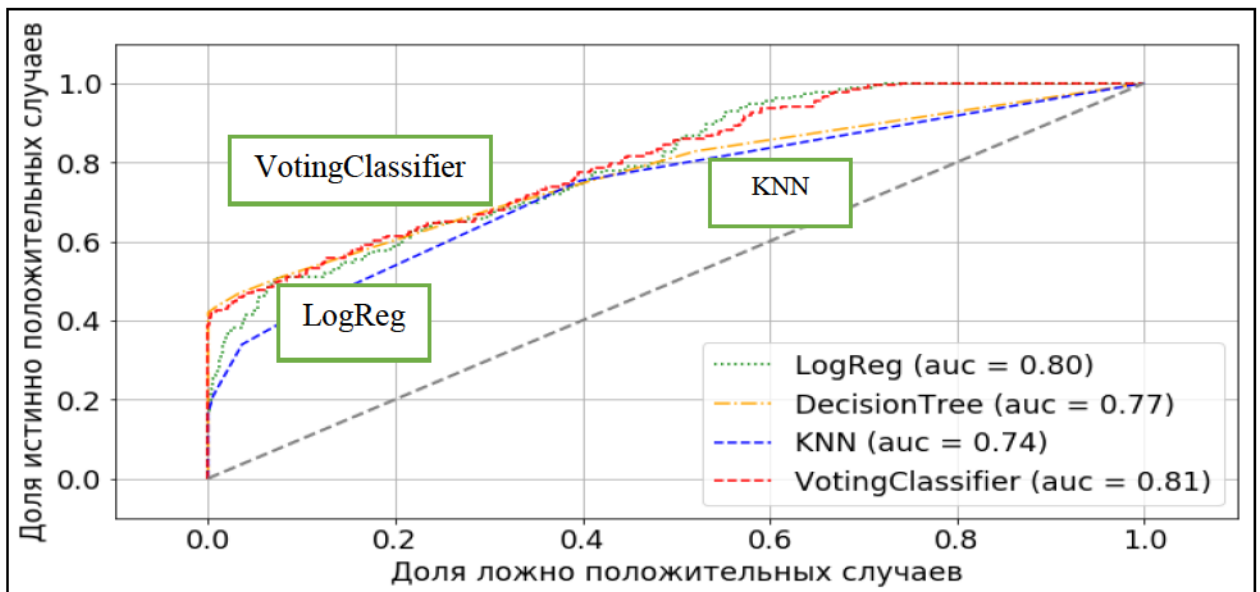
Рассмотрим полученные результаты подгонки. Одним из важнейших гиперпараметров в алгоритме логистической регрессии является коэффициент C , характеризующий величину штрафов, накладываемых на веса модели в случае ее возможного переобучения (на самом деле, как известно, это инверсивный показатель – чем больше его значение, тем меньше степень регуляризации). Рисунок Г.2 демонстрирует влияние на качество модели трансформации значений этого коэффициента сразу по двум вариантам: так называемой L2-регуляризации (по-другому, Ridge-регрессии) и L1-регуляризации (иначе, LASSO-регрессии). Из графика следует, что наибольший прирост показателя качества модели *accuracy* достигается между значениями 1 и 10 (в расчетах это значение составило 5).

В случае с алгоритмом дерева принятия решений основными требующими внешней настройки характеристиками являются, во-первых, выбор функции разделения (дробления, ветвления) совокупности на части (нами были применены два традиционных варианта – критерии неопределенности *gini* и *entropy*) и, во-вторых, максимальная глубина построения дерева (действительно, этот процесс может протекать достаточно долго – пока не останется свободных признаков). Очевидно, что при обоих вариантах дробления совокупности на «ветви» все та же выбранная нами метрика качества *accuracy* достигает своих максимальных значений при глубине дерева (т.е. числе уровней ветвления), равном четырем.

Полученные в процессе моделирования результаты дают нам возможность перейти к завершающему этапу решения задачи классификации клиентов компании-оператора связи по степени их лояльности к качеству получаемых услуг. На данном этапе осуществляется попытка построения на основе методов машинного обучения так называемой «ансамблевой» модели, смысл которой заключается в объединении разных отдельных алгоритмов в некий «суперклассификатор», уровень обобщающей способности которого будет существенно выше, чем у каждого из примененных алгоритмов в отдельности. Для этого традиционно прибегают к использованию различных

композиционных методов, которые позволяют комбинировать две и более моделей и алгоритмов классификации данных. Интуитивно понятно, что создание таких ансамблей (композиций, метаклассификаторов) производится с целью преодоления имманентных недостатков отдельных алгоритмов обучения и получения более точных и надежных прогнозов.

Реализуем несколько стратегий ансамблирования и в качестве своеобразной «точки отсчета» получаемых результатов применим метод мажоритарного голосования. В самом общем варианте его механизм заключается в том, что на основе некоторого количества отдельных и разнородных по отношению друг к другу алгоритмов машинного обучения строятся прогнозы, и в итоге отбирается тот прогноз (в нашем случае, это метка класса), что была идентифицирована большинством классификаторов, т.е. получила более половины голосов. В ансамблевую модель мажоритарного голосования вошли ранее уже использовавшиеся методы, представленные на рисунке 3.4. Полученный композиционный алгоритм лишь ненамного превысил по степени качества предсказаний лучший из результатов одиночных алгоритмов.



Источник: составлено автором.

Рисунок 3.4 – Графики ROC-кривой отдельных алгоритмов и ансамблевого алгоритма классификации абонентов по признаку лояльности

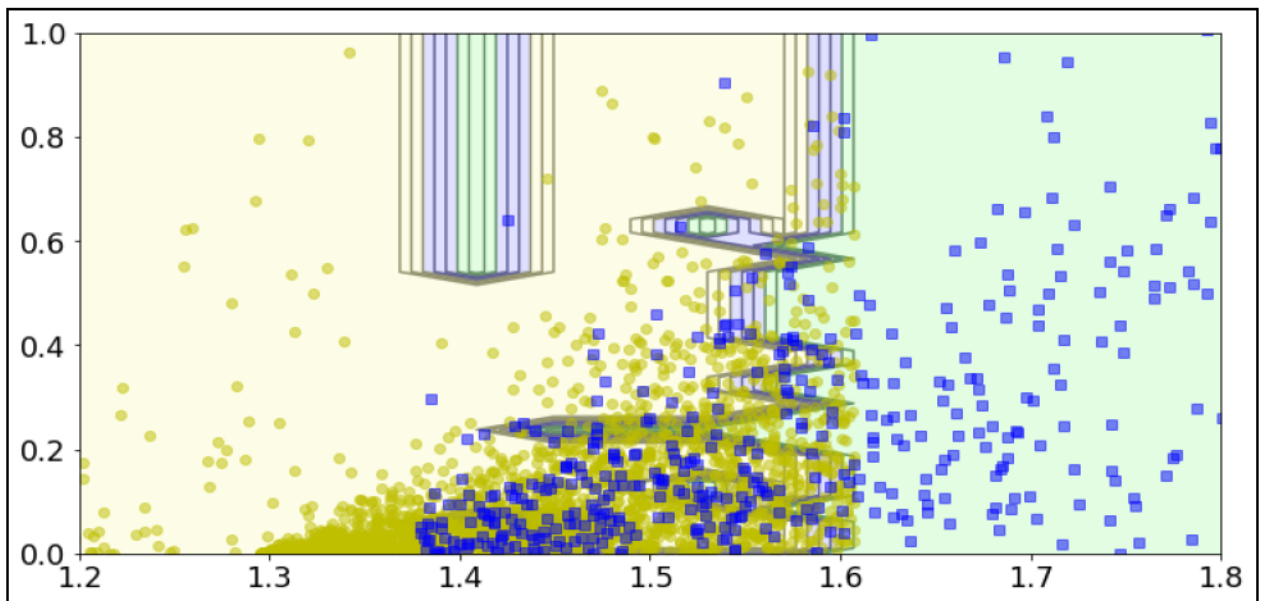
Отметим, что здесь с целью более корректной оценки предсказательных свойств модели нами используется еще одна, ранее не задействованная метрика качества – AUC-ROC, отражающая относительный размер площади (*Area Under Curve*) под кривой ошибок (*Receiver Operating Characteristic curve*). Сам график ROC-кривой характеризует соотношение между долями объектов правильно и ошибочно признанных носителями интересующего нас признака, а метрика AUC представляет площадь под этой кривой. И чем сильнее кривая отклонена от диагонали (ее можно считать графическим отображением случайного гадания) вверх, тем больше площадь, выше значение метрики и, соответственно, качественнее модель.

Следующей стратегией, которую обязательно следует применить, является бутстрэп-агрегирование, или *бэггинг* – сборка ансамбля классификаторов из бутстрэп-выборок (когда из выборки, полученной на основе изучаемой генеральной совокупности, генерируют новые случайные выборки с возвратом, а затем, на их основе исчисляют статистики, позволяющие делать вывод о генеральной совокупности в целом). Обучение при этом осуществляется по всем выборкам параллельно, после чего результаты тем или иным способом обобщаются (чаще всего, усредняются).

Опытным путем доказано, что применение множества обучающих выборок приводит к более высоким результатам. Это объясняется весьма просто: в условиях единичного случая действует логика – если бы наблюдался другой набор данных, была бы получена другая модель; при *бэггинге* же большое количество выборок практически нивелирует этот риск. Частным случаем бутстрэп-агрегирования является метод случайного леса (*Random Forest*), представляющий собой объединение множества одиночных деревьев принятия решений. Гиперпараметрами этого метода, как можно догадаться, являются не только функции ветвления и глубина построения деревьев (что вполне логично), но и величина самого леса. На наших данных при разных значениях количества объединяемых деревьев алгоритм случайного леса показал результаты, превзошедшие метод голосования.

Последний из применяемых здесь нами методов ансамблирования, *бустинг*, предполагает, что ансамбль состоит из очень простых базовых классификаторов (именуемых «слабыми учениками»), имеющих лишь небольшое преимущество в качестве над случайным гаданием. Процесс обучения осуществляется не параллельно, а последовательно, когда мощные модели строятся из слабых учеников, и каждый последующий обучается на ошибках предыдущего. В отличие от бэггинга, здесь базисно используются случайные выборки, извлеченные из обучающей выборки без возврата.

Построение метаклассификатора на основе бустинга дало серьезные результаты – по мере увеличения количества «слабых учеников» качество модели возрастало и стремилось (в значениях метрики AUC-ROC) к единице. На рисунке 3.5 представлена двумерная проекция (признаки «Доход» - «Расходы на интерконнект») разделения совокупности клиентов компании связи на лояльных и нелояльных методом градиентного бустинга. Характерна форма линий раздела гиперплоскости – это извилистые кривые, стремящиеся обойти каждую из точек графика. При этом же алгоритм бустинга (исходя из значений метрик качества) не проявляет признаков переобучения.



Источник: составлено автором.

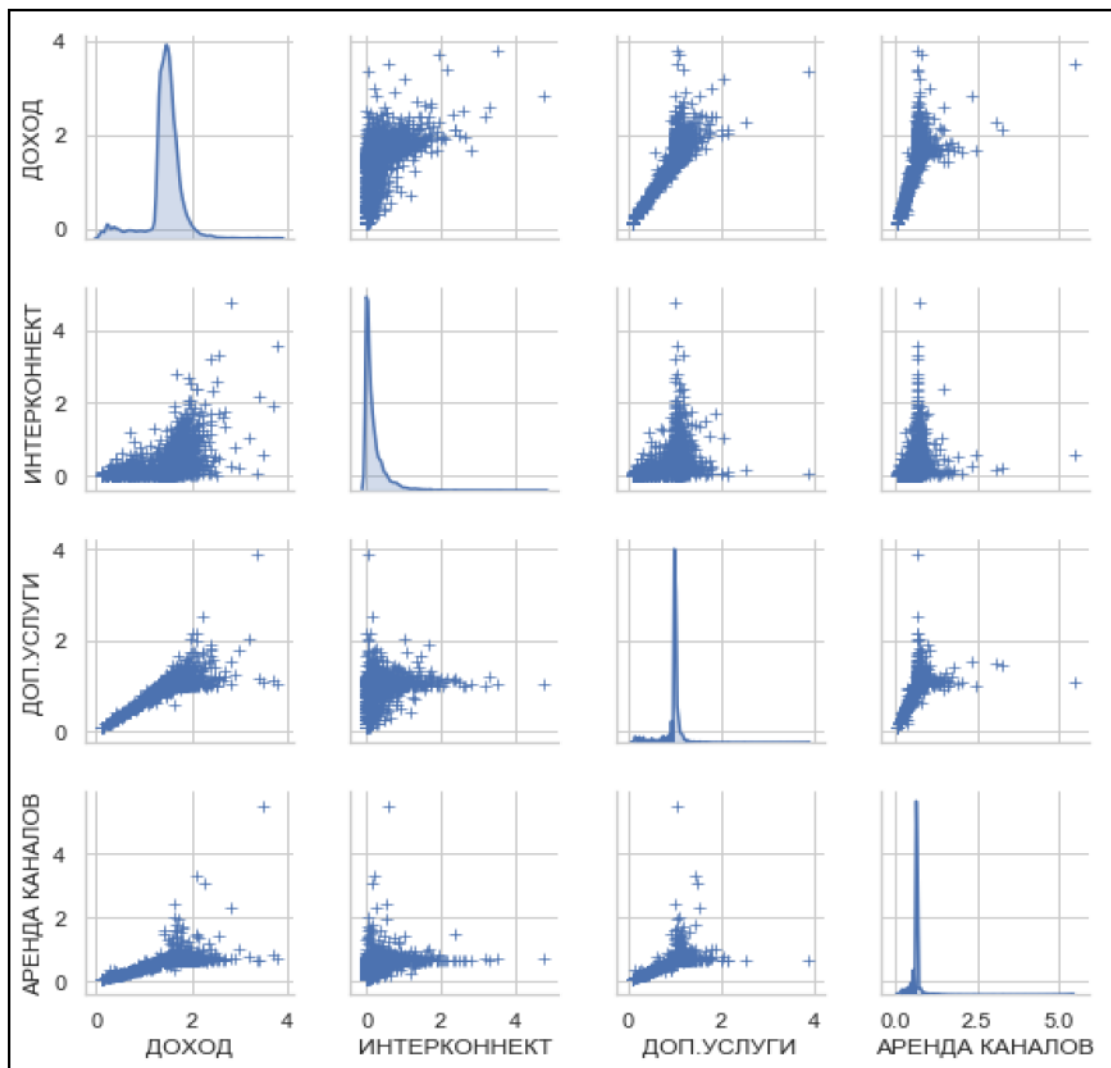
Рисунок 3.5 – Диаграмма классификации абонентов по признаку лояльности методом градиентного бустинга

Таким образом, на данном этапе исследования нам удалось построить модель классификатора абонентов телекоммуникационной компании по признаку их лояльности к качеству предоставляемых им услуг связи. Эта модель является результатом постепенного улучшения характеристик базисной модели по принципу «от простого к сложному», она обладает хорошей предсказательной способностью и достаточно легко может быть масштабирована на большой объем данных и пространство признаков.

Напомним, что наряду с задачей классификации показателей основной деятельности компании-оператора связи как части методики анализа телекоммуникационного рынка на микроэкономическом уровне нами была поставлена и подобная задача с применением регрессионного метода анализа. Отметим, что в области машинного обучения этот тип задач в традиционном подходе к нему (в виде решения регрессионных уравнений) весьма узок и сводится, как правило, к парной линейной регрессии и, в качестве ее развития, полиномиальной регрессии. Модели множественной регрессии в явном виде не строятся, их реализацией занимаются специалисты по искусственным нейронным сетям, что относится уже к области «глубокого» обучения. В этой связи здесь нами будут использованы традиционные статистические методы, цель которого можно сформулировать как «прогнозирование непрерывной целевой переменной на основе регрессионного анализа».

Пожалуй, наиболее важным из доступных нам количественных индикаторов, что обладают непрерывностью принимаемых значений, является показатель дохода компании, получаемого с каждого ее абонента. Примем эту характеристику в качестве результативной величины, и смоделируем ее зависимость от некоторого пула факторных показателей. Исходя из состава имеющихся в нашем распоряжении индикаторов, здесь вполне логично задействовать те, что непосредственно формируют величину дохода компании на основе понесенных ею расходов. Подобная зависимость, разумеется, весьма очевидна, но, к сожалению, особенности массива данных ограничивают возможность отображения более сложных причинно-следственных связей.

Визуальный анализ существующих парных корреляций между этими показателями на рисунке 3.6 позволяет сделать однозначный вывод о том, что многие из них находятся в прямой тесной линейной связи. Отметим, что в контексте «фактор - результат» подобным характером связи обладают все показатели расходов компании: на аренду каналов, на предоставление дополнительных услуг, на интерконнект (взаиморасчеты между операторами связи на предоставляемый ими друг другу трафик). В межфакторных связях наблюдается некоторая мультиколлинеарность, которая, впрочем, не имеет явно выраженного характера и может быть проигнорирована.



Источник: составлено автором.

Рисунок 3.6 – Диаграммы рассеяния совокупности абонентов компании-оператора связи по доходу и наиболее важным статьям расходов

В аналитической форме моделируемая зависимость реализована как уравнение множественной регрессии, основные характеристики которого приведены на рисунке 3.7.

Dep. Variable:	ДОХОД	R-squared:	0.876			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.876			
Method:	Least Squares	F-statistic:	9928.			
Date:		Prob (F-statistic):	0.00			
Time:		Log-Likelihood:	2701.6			
No. Observations:	4216	AIC:	-5395.			
Df Residuals:	4212	BIC:	-5370.			
Df Model:	3					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t 	[0.025	0.975]
Intercept	0.0445	0.009	4.978	0.000	0.027	0.062
ИНТЕРКОННЕКТ	0.3692	0.006	58.275	0.000	0.357	0.382
ДОП_УСЛУГИ	1.0923	0.012	88.777	0.000	1.068	1.116
АРЕНДА_КАНАЛОВ	0.3939	0.015	26.037	0.000	0.364	0.424
Omnibus:	1467.028	Durbin-Watson:	2.001			
Prob(Omnibus):	0.000	Jarque-Bera (JB):	40359.094			
Skew:	1.064	Prob(JB):	0.00			
Kurtosis:	18.007	Cond. No.	14.5			

Источник: составлено автором по материалам [57].

Рисунок 3.7 – Результаты моделирования зависимости доходов от затрат на основную деятельность компании-оператора связи

Приемлемое качество модели в целом и значимость каждого из коэффициентов уравнения при регрессорах подтверждается соответствующими вычисленными на фактических данных статистиками

(фактические значения F-статистики Фишера и t-критериев Стьюдента превышают критические). Оценка параметров уравнения проводилась посредством применения метода наименьших квадратов, объем исследуемой совокупности можно считать достаточным ($n \gg 30$).

Интерпретируем самые информативные из полученных результатов. Поскольку включенные в модель факторы имели примерно одинаковый масштаб и единый (стоимостной, а значит, и наиболее универсальный) измеритель, операция стандартизации исходных значений не производилась. Это означает, что полученные коэффициенты регрессии уже находятся в корректном для сопоставления виде, и соответственно, степень их влияния на результативный показатель может быть оценена сравнением собственных им значений. Очевидно, что наибольший вклад в формирование величины дохода, получаемого компанией от клиента, внес объем потребляемых дополнительных услуг: при росте этих расходов на каждый рубль размер дохода от клиента в среднем увеличивается на 1, 09 рубля. Наряду с этим, влияние двух других факторов – расходов на интерконнект и аренду каналов – существенно ниже, чем у предыдущего фактора и по величине примерно одинаково (0,37 и 0,37 рубля дохода на каждый рубль прироста).

В целом, выбранный пул факторных показателей характеризуется очень высокой степенью тесноты связан с результатом – коэффициент множественной корреляции модели составляет 0,936. Соответственно, коэффициент детерминации принял значение 0,876, и, следовательно, учтенные в модели предикторы объясняют 87,6% всей вариации результата. Заметим, что скорректированные оценки этих показателей, ввиду небольшого числа регрессоров, не существенно отличаются от базовых.

Таким образом, нами была разработана и проверена на практике методика статистического анализа процессов микроэкономического уровня, протекающих на отечественном рынке телекоммуникационных услуг и отражающих результаты основной деятельности компаний-операторов связи в контексте цифровизации экономики.

Апробация методики проходила в рамках тех этапов выбора модели машинного обучения, которые были рассмотрены нами в параграфе 2.3. Данные этапы были конкретизированы и уточнены в рамках апробации, что позволило сформировать полную картину осуществления выбора модели машинного обучения и ее настройки. В частности, используя метод «от простого к сложному» нами были рассмотрены основные варианты построения модели машинного обучения для решения задачи классификации. Задача регрессии решалась нами на основе традиционного статистического метода множественной регрессии. Такой практический пример использования предлагаемых методов статистического анализа позволил в полной степени раскрыть особенности применения указанных методов, что будет содействовать их внедрению в отечественную статистическую практику.

В рамках проведенного анализа все анализируемые показатели были разделены на факторную и результативную подгруппу. Результативная включила в себя показатель лояльности (NPS) и показатель доходности (ARPU), а среди факторных показателей была выделена подгруппа экономических показателей ввиду простоты дальнейшей интерпретации результатов с точки зрения экономической эффективности деятельности оператора связи. Было выявлено, что ключевым направлением повышения лояльности абонентов (а, как следствие, увеличения их периода подписки на услуги компании) является перевод абонентов на более дорогие, а, как следствие, более качественные с позиции оказываемых услуг тарифы. В свою очередь повышение доходности абонентской базы сопряжено с наращиванием предоставления дополнительных услуг, к числу которых относятся, в том числе, высокоскоростной мобильный интернет и облачные вычисления, являющиеся драйверами развития текущего технологического уклада. Это позволяет статистически подтвердить сформулированное ранее положение о том, что деятельность операторов сотовой связи, во-первых, видоизменяется под действием процессов цифровизации и датафикации, во-вторых, является

основной технологической компонентой дальнейшего наращивания данных процессов в других отраслях.

Это обстоятельство создает все предпосылки к проведению дальнейшего анализа особенностей интересующей нас предметной области, но уже в большем масштабе.

3.2 Статистический анализ региональных особенностей процесса развития цифровой экономики в России

Всё многообразие процессов, протекающих на отечественном телекоммуникационном рынке, их влияние на становление цифровой экономики и информационного общества, логично оценивать и анализировать не только на уровне отдельно взятой компании, но и в региональном разрезе. Российская Федерация включает в свой состав порядка восьми десятков субъектов, их территориальная дифференциация по признаку развитости рынка оказания услуг связи может быть рассмотрена в контексте нашего исследования как весьма актуальный объект статистического анализа. При этом выявляемая статистическим анализом региональная структура социально-экономических аспектов функционирования телекоммуникационного рынка России должна восприниматься как еще одна объективная профильная характеристика строения единого государства.

На мезоэкономическом уровне, к которому можно отнести региональную экономику, представляется вполне правильным осуществлять сравнение телекоммуникационных рынков на основе построения каких-либо сводных, интегральных показателей, позволяющих объединить в себе непосредственно несопоставимые частные индикаторы анализируемых явлений и процессов. Кроме того, поскольку рынок, по своему определению, представляет собой систему экономических отношений, в частности, определяемой законом спроса и предложения, то на региональном уровне

результатами действия этого закона будут являться те блага, что получает общество и экономика в данном ключе. Иными словами, результаты развитости регионального рынка оказания телекоммуникационных услуг можно выразить через индикаторы их потребления. Объединяя эти подходы, можно констатировать, что здесь на основе частных показателей логично осуществить построение интегральных статистических показателей, используя тот или иной метод агрегирования данных.

Полагаем, что подобный показатель должен базироваться на принципах построения семейства индексов, ранее уже рассмотренных нами в порядке ознакомления с методологией исследования телекоммуникационной сферы, разработанной Международным союзом электросвязи. Особенностью формирования основного из них – Индекса развития ИКТ (ICT Development Index, IDI) являлся модульный характер построения: этот индекс строится на основе более частных индексов (субиндексов), отражающих некоторые вполне определенные аспекты анализируемой предметной области. Таким образом, нам необходимо рассчитать некие частные индикаторы, охватывающие определенные направления развития рынка услуг сотовой связи и цифровой экономики.

На основе предложенной нами ранее совокупности показателей для оценки развитости рынка услуг сотовой связи как базовой технологической компоненты цифровой экономики, а также с учетом имеющихся в свободном доступе данных, нами была составлена система показателей, характеризующих рынок телекоммуникационных услуг, в разрезе по каждому из регионов РФ. Данная система показателей представлена в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Система показателей для исследования регионального рынка услуг в контексте цифровизации экономики РФ

Номер блока	Группа индикаторов	Подгруппа индикаторов	Показатели
1	Доступность	Ценовая, в процентах к среднедушевым доходам	- Стоимость телекоммуникационных услуг (фиксированный интернет, мобильный интернет, сотовая связь)
		Географическая, в процентах от общего числа жителей	- Процент активных пользователей Интернета среди жителей сельских территорий
		Сетевая (проникновение сети), на 100 человек населения	- Проникновение фиксированного ШПД - Проникновение мобильного ШПД
2	Пропускная способность сети, в процентах от общего числа		- Доля организаций, имеющих доступ в Интернет со скоростью более 2 Мб/с
3	Использование Интернета		Открытые данные по обмену трафика на сетях отсутствуют
4	Инвестиции в телекоммуникационную инфраструктуру		Открытые данные по сумме вложений в инфраструктуру отсутствуют
5	Цифровизация общества, бизнеса, государства, в процентах от общего числа жителей/организаций		- Доля населения, являющегося активными пользователями интернета - Доля населения, осуществляющего выход в Интернет с мобильных устройств - Доля населения, покупающего товары онлайн - Доля организаций, имеющих вебсайт - Доля организаций, обучающих сотрудников онлайн - Доля населения, получающего государственные услуги в электронной форме - Доля организаций, осуществляющих электронный обмен данными - Доля организаций, имеющих подписку на информационные ресурсы - Доля организаций, осуществляющих найм персонала онлайн
6	Проникновение цифровых технологий в экономику		- Доля организаций, использующих облачные решения

Источник: составлено автором по материалам [64; 79; 82].

Группы 1–4 призваны охарактеризовать степень развития сферы телекоммуникаций в регионе, группы 5 и 6 – степени цифровизации региональных экономик. Однако ряд показателей отсутствует в открытом

доступе в разрезе по субъектам РФ. Нам представляется, что дать полную картину региональной дифференциации по степени развитости телекоммуникаций могли бы такие показатели, как объем трафика, передаваемого по сетям в регионе, а также использование организациями технологий для анализа накапливаемых данных о пользователях – машинное обучение, большие данные, системы предиктивной аналитики. Поскольку показатели, отвечающие за принадлежность экономики к новому экономическому укладу, отсутствуют, то разрабатываемый нами индекс будет характеризовать первый этап проникновения и распространения телекоммуникационных технологий.

Проведем факторный анализ представленных показателей с целью выявления основных компонент, объясняющих наибольшую часть различий между регионами, а также для формирования статистически обоснованного Индекса региональной цифровизации, способного оценить цифровую дифференциацию регионов [143].

Для отбора числа значимых факторов применялся критерий Кайзера. Согласно этому критерию фактор не включается в число значимых, если он не объясняет дисперсию хотя бы одного исходного признака. Выделение значимых факторов проводилось с использованием метода главных компонент. Суть данного метода заключается в замене коррелированных признаков некоррелированными факторами. При применении метода главных компонент общая дисперсия полученных факторов равна общей дисперсии исходных признаков. Другой важной характеристикой метода является возможность ограничиться наиболее информативными главными компонентами и исключить остальные из анализа, что упрощает интерпретацию результатов. Для построения понятной (интерпретируемой) матрицы нагрузок, т. е. факторов, которые отмечены высокими нагрузками для одних и низкими для других признаков, проводилось вращение факторов. Для этой цели наиболее часто используется метод вращения факторов варимакс. Метод варимакс максимизирует разброс квадратов нагрузок для

каждого фактора, что приводит к увеличению больших и уменьшению малых значений факторных нагрузок. В результате простая структура получается для каждого фактора в отдельности. Отметим, что метод вращения варимакс дает лучшее разделение признаков по факторам, чем другие методы.

Для выбора оптимального набора показателей для описания объекта исследования использовалась мера адекватности выборки Кайзера-Мейера-Олкина (далее – КМО). Критерий показывает адекватность факторной модели набору переменных, составившему данную корреляционную матрицу. К удовлетворительным относятся все значения, превышающие 0,7. Факторный анализ считается выполненным успешно, в случае если каждый из составленных факторов может быть интерпретирован.

В нашем случае лучшая интерпретация, а также наибольшее значение меры КМО у факторного анализа, результатом которого стало формирование трех компонент. В таблице 3.8 представлена перевернутая матрица компонент, в которой отсутствуют значения, не превышающие 0,45.

Таблица 3.8 – Перевернутая матрица компонент для факторного анализа показателей рынка телекоммуникационных услуг в разбивке по регионам

Наименование показателя	Компонент, усл. ед.		
	1	2	3
Активные пользователи интернета среди сельских жителей	0,84	–	–
Активные Интернет пользователи всего	0,83	–	–
Выходят в Интернет с мобильных устройств	0,81	–	–
Мобильный Интернет в домашних хозяйствах	0,81	–	–
Пользователи Интернета	0,76	–	–
Участники электронной торговли (население)	0,55	–	0,47
Использование веб-сайта организациями	–	0,84	–
Использование облачных сервисов организациями	–	0,79	–
Использование Интернета организациями	–	0,71	–
Интернет со скоростью более 2 мб/с, организации	–	0,60	–
Обучение персонала онлайн организациями	–	–	0,86
Найм персонала онлайн организациями	–	–	0,77
Подписка на информационные ресурсы организаций	–	–	0,72

Источник: составлено автором на основе данных [64; 79].

Представленные в таблице 3.8 факторы можно интерпретировать следующим образом.

Компонента 1 отвечает за проникновение телекоммуникационных технологий и их использование населением региона. Здесь ключевую роль играет проникновение мобильных услуг, частота их использования, участие населения в электронной торговле.

Компонента 2 представляет собой проникновение и использование телекоммуникационных услуг в организациях. Стоит отметить, что по значимости факторов облачные услуги практически догнали наличие у организаций своего вебсайта.

Компонента 3 отвечает за развитие цифровых навыков у работников организаций, включая в себя найм и обучение персонала, подписку организаций на платные библиотеки и базы данных с целью обучения и развития сотрудников [143].

Компоненты объясняют 30%, 24% и 22% совокупной дисперсии соответственно. Мера адекватности выборки КМО равна 0,8.

В итоговую модель не были включены следующие показатели:

– распространение фиксированного ШПД среди населения не является значимым фактором для определения уровня цифровизации региона, поскольку мобильный интернет превалирует по частоте использования перед фиксированным (можно наблюдать тесную корреляцию между показателями «Выходят в Интернет каждый день» и «Выходят в Интернет с мобильных устройств»).

– доля расходов на телекоммуникационные услуги в бюджете домохозяйства. Добавление указанного показателя в модель ведет к формированию трудно интерпретируемых компонент, при этом доля объясненной дисперсии улучшается незначительно. Корреляционный анализ показал, что плата за услуги фиксированного интернета зависит от уровня среднедушевых доходов населения, то есть от уровня экономического развития региона. Чем более развит регион, тем, вероятнее, больше

предложение услуг, меньше цены на них. При этом плата за мобильный доступ в Интернет не обнаруживает значимой корреляции ни с одним из рассматриваемых показателей, что связано с примерной однородностью цен на мобильный доступ (вариация не превышает 30%).

– показатель получения населением государственных услуг в электронной форме. Данный показатель не увеличивает в значительной степени совокупную объясненную факторами дисперсию, а также определяется в дополнительную компоненту, поскольку не связан ни с одним из показателей цифровизации экономики и общества. Таким образом, можно сделать вывод, что уровень развития электронного правительства напрямую не сопряжен с развитием рынка телекоммуникационных услуг, а, как следствие, может быть исключен из общего анализа.

Таким образом, с помощью факторного анализа нами были статистически обоснованы три компоненты, необходимые для оценки уровня развития рынка телекоммуникационных услуг в каждом субъекте РФ. В нашем случае логично будет предложить к построению на основе выделенных компонент такой обобщающий статистический показатель, что сможет включить в свой состав результаты деятельности рынка телекоммуникационных услуг как среди населения (социальный аспект), так и по отношению к организациям различных форм собственности. Следовательно, Индекс цифровизации общества и экономики (дадим показателю такое название) можно рассматривать как результат взаимодействия трех частных индексов: Субиндекса потребления цифровых услуг населением, Субиндекса потребления цифровых услуг организациями, Субиндекс цифровизации процессов управления рабочей силой организаций. Состав каждого из этих индексов – их варианты предложены нами ниже – отличается достаточной внутренней однородностью. В таблице 3.9 представлены описательные статистики субиндекса потребления цифровых услуг населением.

Таблица 3.9 – Субиндекс потребления цифровых услуг населением: состав и описательные статистики

В процентах

Наименование показателя	Минимум	Максимум	Среднее	Стандартное отклонение	Вариация
Активные пользователи интернета среди сельских жителей	33,0	79,1	50,7	9,1	18
Активные Интернет пользователи всего	64,6	97,4	78,0	6,0	8
Выходят в Интернет с мобильных устройств	24,1	78,1	55,2	9,8	18
Мобильный Интернет в домашних хозяйствах	37,0	79,3	55,0	9,3	17
Пользователи Интернета	69,3	97,1	82,0	5,1	6
Участники электронной торговли (население)	9,7	80,1	32,9	11,4	35

Источник: составлено автором на основе данных [64; 79].

Таким образом, можно заметить, что для субиндекса потребления цифровых услуг населением ключевым показателем, определяющим степень этого потребления, является распространенность и доступность мобильного интернета, который, в свою очередь, оказывает значимое влияние на число активных пользователей, число активных пользователей среди жителей сельских территорий, участие населения в электронной торговле. Следует отметить невысокий уровень вариации показателей, вошедших в состав Субиндекса потребления цифровых услуг населением: они характеризуются небольшим значением коэффициента вариации, что свидетельствует о низкой степени региональной дифференциации в области потребления домохозяйствами и индивидуумами услуг связи. В таблице 3.10 представлены описательные статистики потребления цифровых услуг организациями.

Таблица 3.10 – Субиндекс потребления цифровых услуг организациями: состав и описательные статистики

В процентах

Наименование показателя	Минимум	Максимум	Среднее	Стандартное отклонение	Вариация
Использование веб-сайта организациями	30,6	73,8	47,0	8,0	17
Использование облачных сервисов организациями	5,8	37,1	22,0	4,9	22
Использование Интернета организациями	68,4	100,0	89,1	6,6	7
Интернет со скоростью более 2 мб/с, организации	23,3	88,3	60,2	9,3	16

Источник: составлено автором на основе данных [64; 79].

Наиболее однородны субъекты РФ по степени использования интернета хозяйствующими субъектами: низкий коэффициент вариации и высокое среднее значение по данному показателю говорят о том, что первый этап цифровизации организаций пройден в большинстве субъектов. При этом невелика доля компаний, которые используют интернет со скоростью, достаточной для передачи данных, использования облачных сервисов, что говорит о наличии потенциала в развитии процессов цифровизации для регионов РФ. Номенклатура показателей, характеризующих потребление услуг связи организациями, отражает особенности ведения хозяйственной деятельности в современной экономической реальности. Очевидно, что наличие доступа в сеть Интернет сегодня уже является не преимуществом, а стандартным бизнес-инструментом. Степень территориальной дифференциации значений индикаторов невысока, что явно свидетельствует о достаточно высокой степени однородности регионов России с позиций их развития в области телекоммуникационной инфраструктуры и, как следствие, потребления цифровых услуг организациями и предприятиями всех форм собственности. В таблице 3.11 представлены описательные статистики следующего субиндекса.

Таблица 3.11 – Субиндекс цифровизации процессов управления рабочей силой организаций
В процентах

Наименование показателя	Минимум	Максимум	Среднее	Стандартное отклонение	Вариация
Обучение организациями персонала онлайн	12,40	55,0	39,9	7,0	0,17
Найм организациями персонала онлайн	6,40	55,0	27,0	8,0	0,30
Подписка на информационные ресурсы организаций	9,20	48,6	24,4	6,8	0,28

Источник: составлено автором на основе данных [64; 79].

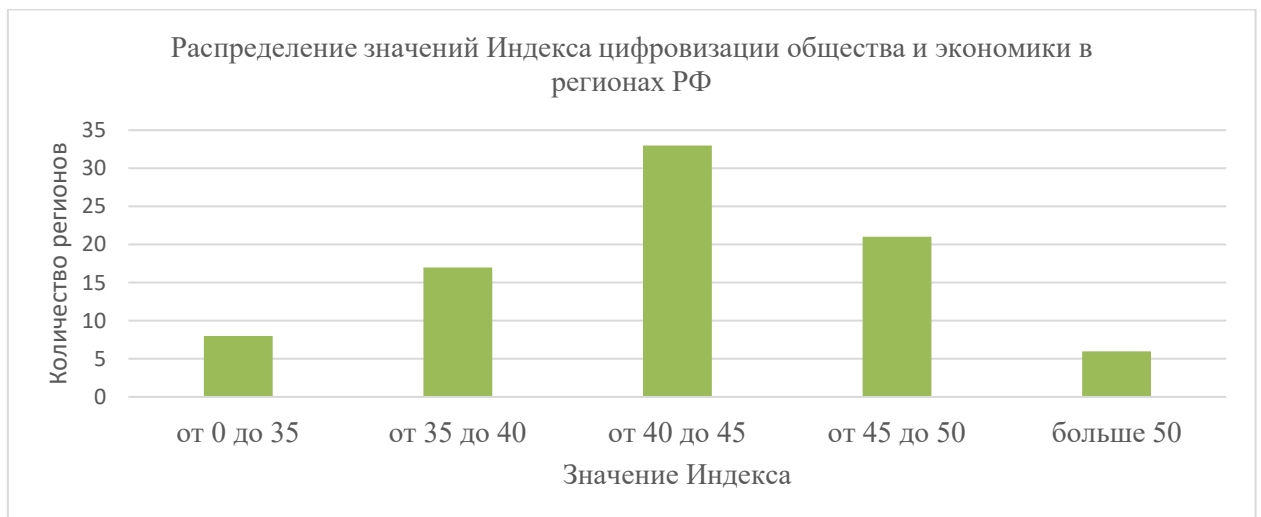
Представленные показатели субиндекса имеют в совокупности наименьшую степень распространения и наибольшие коэффициенты вариации среди всех представленных субиндексов. Это свидетельствует о том, что если телекоммуникационная инфраструктура достаточно однородна для многих субъектов РФ, то уровень цифровизации бизнес-процессов компаний (в частности, процессов найма, обучения, использования в работе онлайн-инструментов и библиотек) существенно разнятся от региона к региону и имеют потенциал для роста.

Показателями, обеспечивающими региональную дифференциацию в рамках потребления домашними хозяйствами и организациями телекоммуникационных услуг, являются показатели, характеризующие в большей степени развитие процессов цифровизации и датафикации, – использование мобильного интернета, развитие электронной торговли, использование облачных сервисов, найм и обучение персонала посредством сети интернет. Уже на данном этапе исследования можно сделать вывод о необходимости проведения региональной политики по повышению качества мобильной сети и развития цифровых навыков среди населения.

По каждому из аспектов потребления цифровых услуг (данные об имеющихся значениях профильных частных индикаторов) были исчислены

соответствующие субиндексы, для чего использовался подход к осреднению на основе формулы средней геометрической величины (в силу правила мажорантности, дающего, по сравнению со среднеарифметическим подходом, более скромную оценку). В итоге исчисленные значения субиндексов потребления цифровых услуг населением, организациями и субиндекс цифрового развития рабочей силы составили, соответственно, 57,8%, 49,6% и 31,4%, что условно (в силу различия набора индикаторов) характеризует уровень цифрового потребления домохозяйствами более высоким, по сравнению с бизнес-потреблением.

Индекс цифровизации общества и экономики, согласно логике нашего анализа, призван отражать все учтенные нами аспекты потребления цифровых услуг, для чего он был исчислен как средняя геометрическая из указанных выше субиндексов. Распределение этого интегрального показателя получило отражение на рисунке 3.8, свидетельствующего о его подчиненности нормальному закону.



Источник: составлено автором.

Рисунок 3.8 – Гистограмма распределения региональных значений Индекса цифровизации общества и экономики

Группировка регионов Российской Федерации по значениям Индекса цифровизации общества и экономики, отражающая степень их «цифровой зрелости», приведена в приложении Д.

Всего было выделено пять групп регионов, значения Индекса для которых варьировались в пределах от 0 до 1. В группу с наименьшими величинами показателя вошли пограничные регионы страны, а также Ульяновская область; наибольшими значениями характеризовались северные территории – Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийский автономные округа, Тюменская область, города федерального значения Санкт-Петербург и Москва.

И все же подавляющая часть российских территорий обладала не столь экстремальными значениями. Так, чуть менее половины регионов России (33 субъектов) характеризовались значением Индекса цифровизации общества и экономики в диапазоне от 0,401 до 0,45, т.е. позиционировались как расположенные ниже среднего теоретического уровня цифровизации. В середине интервала $[0; 1]$ – границах $(0,451; 0,5)$ оказалось меньше трети субъектов Федерации – 21 территория. Состав этих групп не позволил достаточно четко выделиться какое-либо их географическое влияние на значения Индекса, что свидетельствует в пользу тех выводов, что были уже получены ранее – регионы страны характеризуются высокой степенью однородности по степени развитости телекоммуникационного рынка – как в плане оказания услуг населению, так и обслуживания экономических интересов организаций и предприятий.

Значительно более интересным вариантом построения типологической группировки регионов (с позиций техники реализации алгоритма классификации), будет являться один из самых популярных в настоящее время многомерных статистических методов – кластерный анализ. Этот метод, обладая большой аналитической емкостью, позволяет выделять внутренне однородные группы единиц из исходной совокупности, которые описаны

совершенно разнообразными признаками, не позволяющими применить к ним, например, уже использованный здесь индексный подход.

В нашем случае, ввиду того обстоятельства, что нам неизвестно число групп, которые бы следовало выделить из анализируемой совокупности, логично будет применить тот из методов кластерного анализа, что не требует каких-либо предустановок конфигурации ожидаемого результата. Таким вариантом является иерархический метод, реализующий алгоритм создания дерева вложенных кластеров.

Построим дендрограмму с использованием метода межгрупповых связей для регионов РФ по значениям субиндексов цифровизации, а также по ВРП на душу населения, предварительно нормализовав значения данных показателей. Результаты представлены на рисунке Д.1 приложения Д.

Таким образом, исходя из приведенной дендрограммы, можно увидеть, что большинство субъектов были объединены в довольно многочисленные и близкие между собой группы (об этом свидетельствует небольшое расстояние - “высота” объединяющих их в более крупные кластеры ветвей дендрограммы).

Наиболее выделяющимися из общей совокупности по значениям показателей являются Ямало-Ненецкий автономный округ и Ненецкий автономный округ, что связано со спецификой структуры их экономики (регионы богаты полезными ископаемыми), что обеспечивает очень высокий уровень ВРП на душу населения. Таким образом, уровень цифровизации этих регионов, несмотря на достаточно высокие значения, не соответствует уровню доходов регионов, обеспеченных другими факторами. Данные регионы по своей сути являются аномальными наблюдениями (выбросами). Аналогично достаточно отдалены по показателям от других групп регионов Сахалинская область, Ханты-Мансийский автономный округ, Тюменская область.

Специфика сгруппированных в кластеры объектов приводит нас к выводу, что влияние исчисленного Индекса цифровизации на экономику больше в тех регионах, где меньше доля в ВРП сектора добычи полезных

ископаемых. Проверим это предположение, отсортировав субъекты РФ по убыванию доли добывающей промышленности в ВРП и рассчитав коэффициенты корреляции между Индексом и ВРП на душу населения, последовательно исключая из расчета объекты, находящиеся вверху таблицы. Результаты проведенного анализа представим в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Корреляционный анализ Индекса цифровизации экономики и общества и ВРП на душу населения в зависимости от структуры экономики региона

Группа регионов	Количество субъектов, ед.	Коэффициент корреляции, усл. ед.
Все регионы	85	0,4
Все регионы, за исключением тех, чья доля ДПИ в ВРП >50%	79	0,55
Все регионы, за исключением тех, чья доля ДПИ в ВРП >20%	65	0,73
Все регионы, за исключением тех, чья доля ДПИ в ВРП >1%	34	0,8

Источник: составлено автором.

Таким образом, регионы, экономика которых направлена преимущественно на добычу полезных ископаемых, имеют достаточно высокие значения Индекса цифровизации экономики и общества, при этом процессы цифровизации не играют столь значительной роли в формировании доходов региона как в других субъектах.

Однако мы не исключаем, что причиной этого может служить то, что предложенный Индекс не полностью отражает реальные процессы цифровизации, происходящие в отрасли добычи ископаемых. Во-первых, эти процессы невозможно измерить только при помощи оценки уровня проникновения телекоммуникационных технологий, так как важное значение имеют также процессы роботизации, создания цифровых скважин, использование искусственного интеллекта, которые не находят отражения в отечественной статистике. Кроме того, отсутствие в Индексе такого показателя, как использование организациями интернета вещей, не позволяет

в полной мере оценить степень проникновения телекоммуникационных технологий в организации. Во-вторых, использование в качестве измерителя доли организаций, которые применяют ту или иную технологию, от общего числа организаций слабо отражает степень цифровизации региона, где значительную долю ВРП формируют монополистические сектора экономики. Предпочтительнее использовать такой показатель как процент работников от общего числа занятых в экономике, использующих в работе интернет, электронный обмен данными, технологии больших данных, машинного обучения.

Дальнейший анализ взаимосвязей между процессами цифровизации и доходами региона от разных секторов экономики показал, что хотя другие сферы деятельности (например, сельское хозяйство или государственный сектор экономики) и оказывают отрицательное влияние на взаимосвязь между Индексом и ВРП, однако это влияние не столько значимо и может быть скомпенсировано положительным влиянием других сфер, ввиду того, что экономика региона не является полностью аграрной или государственной, а в достаточной мере диверсифицирована. Положительная корреляционная связь обнаружилась для сервисных секторов экономики, при этом особенно сильное влияние процессов цифровизации на ВРП было выявлено в регионах с высокой долей в ВДС деятельности профессиональной, научной и технической. Согласно ОКВЭД, эта деятельность требует длительного обучения и предоставления специализированных знаний и навыков: бухгалтерские услуги, консультационные услуги, деятельность в области инженерных изысканий, архитектурная деятельность, научная деятельность, деятельность в области защиты информации.

Таким образом, нам представляется возможным заключить, что разработанный Индекс цифровизации экономики и общества отражает наличие в экономике региона текущего технологического уклада. С целью выявления сильных и слабых сторон процессов цифровизации отдельных субъектов РФ выполним их кластерный анализ.

Поскольку Индекс в лучшей степени отражает цифровизацию экономики и общества в регионах с низкой долей сектора добычи полезных ископаемых, то в качестве объекта кластеризации выберем совокупность, состоящую из 65 регионов РФ с долей ДПИ менее 20%. Результаты кластерного анализа методом k-средних представлены в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Конечные центры кластеров регионов методом k-средних

В процентах

Наименование показателя	Кластер					
	1	2	3	4	5	6
Субиндекс цифрового развития рабочей силы	33,1	18,3	28,2	24,5	34,5	49,2
Субиндекс потребления цифровых услуг организациями	53,7	39,5	47,0	44,7	49,9	64,5
Субиндекс потребления цифровых услуг населением	54,5	51,3	48,7	57,0	65,4	68,3
Индекс цифровизации общества и экономики	45,9	32,9	40,0	39,5	48,3	60,1
Количество регионов в кластере, ед.	21	8	14	15	5	2

Источник: составлено автором.

Принадлежность региона к тому или иному кластеру содержится в приложении Д.

Неравномерность развития территорий РФ привела к тому, что два региона (города Москва и Санкт-Петербург) обладают значительно отличающимися от остальных субъектов значениями всех субиндексов (кластер 6). Эти регионы по степени распространения и потребления телекоммуникационных услуг можно отнести к регионам с развитой цифровой экономикой.

По значению совокупного Индекса за ними следуют кластеры 5 и 1. Кластер 5 (в него входят, например, Мурманская область и Краснодарский край) представляет собой совокупность регионов, в которых уровень потребления населением цифровых услуг сопоставим с городами

федерального значения. Однако цифровизация организаций и работников существенно отстает от кластера 6, оставаясь на уровне, превышающем среднероссийский. Это свидетельствует о значительном цифровом потенциале территорий, входящих в кластер 6. Комплекс мер по повышению доступности цифровых услуг для организаций, создания условий для обучения персонала наиболее востребованным цифровым навыкам позволят этим регионам достичь уровня сопоставимого с Москвой, а также стать центрами цифрового развития для прилегающих к ним территорий.

Треть анализируемых регионов вошла в кластер 1. Его типичными представителями являются Белгородская область, Челябинская область, Ставропольский край. Для них, напротив, характерен более высокий уровень цифрового развития организаций по сравнению с населением. Эта ситуация связана с недостаточным распространением мобильного интернета в данных регионах, что ведет к снижению активных интернет-пользователей в целом и среди жителей сельских территорий, малому числу участников электронной торговли среди населения.

Кластеры 3 и 4 обладают практически равными значениями индексов цифровизации общества и экономики и количеством входящих в их состав регионов, однако значения субиндексов значительно разнятся. Для кластера 3 (типичный представитель Республика Марий Эл) характерно потребление цифровых услуг населением на уровне ниже среднероссийского, а обучение сотрудников цифровым навыкам и уровень цифрового развития организаций находятся на среднем уровне. Кластер 4 (типичный представитель Волгоградская область) представляет собой обратную ситуацию. Оба эти кластера нуждаются как в дальнейшем распространении телекоммуникационных услуг, так и в наращивании цифровых навыков.

Наименьший уровень развития характерен для кластера 2, для которого значения каждого из субиндексов имеют значения меньше среднего. Для этой совокупности регионов необходима разработка комплекса мер, направленных не только на их цифровое развитие, но также в целом на экономическое

развитие данных территорий, включая развитие инвестиционного потенциала (с целью привлечения в регион организаций различных секторов экономики) и человеческого капитала (развитие научного потенциала региона, развитие цифровых навыков граждан и работников).

Подведем итог проведенному исследованию. Для государства важно иметь инструмент эффективного и по возможности объективного мониторинга субъектов РФ как объектов управления для успешной реализации всех функций управления – от планирования до контроля, и их взаимного позиционирования (ранги). Для оценки развития процессов цифровизации в различных регионах нами был предложен Индекс цифровизации, базирующийся на принципах методологии исследования сферы телекоммуникаций МСЭ. Согласно данной методологии индекс должен иметь модульный характер, то есть состоять из субиндексов, отражающих разные аспекты одного явления. Для получения этих субиндексов нами был использован факторный анализ, результатом которого стало формирование следующих компонент: субиндекс потребления цифровых услуг домашними хозяйствами, субиндекс потребления цифровых услуг бизнесом, субиндекс цифрового развития работников организаций. Анализ дифференциации регионов по данному Индексу и его субиндексам методами иерархического кластерного анализа, кластерного анализа методом k -средних, а также корреляционного анализа позволил сделать ряд выводов.

Во-первых, наибольшей степенью вариации обладает субиндекс цифрового развития работников организаций, что свидетельствует о значительной региональной дифференциации уровня цифровизации бизнес-процессов компаний (в частности, процессов найма, обучения, использования в работе онлайн-инструментов и библиотек) и сохранении потенциала для роста.

Во-вторых, цифровизация в большей степени оказывает влияние на экономику регионов с низкой долей добычи полезных ископаемых в структуре валовой добавленной стоимости.

В-третьих, регионы с невысокой долей сектора добычи полезных ископаемых в валовой добавленной стоимости были разбиты на 6 качественно различных кластеров по уровню цифровизации экономики и общества. Для каждого кластера необходима разработка определенной группы мер для дальнейшего цифрового развития.

Таким образом, разработанный Индекс и анализ его региональных значений позволяют сделать вывод о наличии значительного потенциала для развития рынка услуг сотовой связи, телекоммуникаций и цифровой экономики в субъектах РФ, а также о значительных вызовах для российской статистики, сопряженных с этим процессом.

3.3 Моделирование индикаторов цифровой экономики на основе межстрановых сравнений уровней развития рынка услуг сотовой связи и информационно-коммуникационного сектора

Современный этап развития человеческой цивилизации в форме информационного общества характеризуется такой весьма негативной чертой, как Цифровое неравенство или, по-другому, цифровой разрыв (digital divide). Под последним понимается ограничение разнообразных гуманитарных возможностей отдельной социальной и/или регионально-географической группы (например, населения отдельно взятой страны) из-за отсутствия у нее доступа к современным средствам коммуникации, например, к сети Интернет. Подобный цифровой барьер, по мнению некоторых исследователей, может достичь таких кардинально существенных размеров, что способен исключить возможность его нивелирования в обозримом будущем: отдельные народы и нации будут существовать в разных технологических эпохах с несопоставимыми экономическими условиями и качеством жизни.

Необходимым условием формирования в стране цифровой экономики и интеграции ее населения в глобальное информационное общества является, по

нашему мнению, развитие национального телекоммуникационного рынка. Разумеется, что эти рынки – если их исследовать в совокупности по странам мира – весьма неоднородны с позиций свойственных им уровней развития инфраструктуры и степени проникновения в социально-экономическую среду (что подтверждается значениями статистических показателей, регулярно исчисляемых Международным союзом электросвязи).

Нам представляется верной схема воздействия рынка телекоммуникационных услуг на процесс цифровизации национальной экономики на рисунке 3.9.



Источник: составлено автором.

Рисунок 3.9 – Схема взаимовлияния телекоммуникационного рынка и цифровизации национальной экономики

Реализация достижений науки в сфере ИКТ через развитость инфраструктуры телекоммуникационного рынка трансформируется в

растущее потребление широкого спектра цифровых услуг и интенсифицирует экономический рост через его новые драйверы. Этот механизм воздействия имеет сложную природу и предполагает взаимное влияние, но, учитывая тему настоящего исследования, за факторный базис здесь принимается все множество процессов на рынке услуг сотовой связи и в сопряженных с ним сегментах, а результативным следствием являются социально-экономические эффекты в виде цифровых услуг для населения и организаций. В свою очередь, эти частные «цифровые» эффекты способны в совокупности охарактеризовать общий процесс цифровизации национальной экономики через соответствующие макроэкономические показатели.

Логическая линия «телекоммуникации – цифровые услуги – экономика» объективно подвигает нас к созданию нескольких эконометрических моделей, каждая из которых отобразила бы сущность взаимосвязи того или иного определенного ее звена: влияние процессов на рынке телекоммуникационных услуг на уровень потребления цифровых услуг и влияние степени интенсивности использования такого рода услуг на экономику в целом, на степень ее цифровизации.

В статистической науке для решения подобного рода задач традиционно используется целый ряд методов, объединенных под общим названием корреляционно-регрессионного анализа. Сначала оцениваются связи внутри набора факторных показателей с целью отбора наиболее разнородных из них, а также оценивается теснота и направленность корреляционной связи между факторными и результативными величинами – для формирования окончательного набора показателей, предназначенных в работу на втором этапе. Далее отобранные данные служат для построения эконометрических моделей, как правило, в виде уравнений множественной линейной или же, что существенно реже, нелинейной регрессии. Полученные модели оцениваются статистическими критериями, значения коэффициентов при предикторах интерпретируются, производятся определенные прогнозные расчеты.

В нашем случае целесообразно действовать именно так, используя в качестве показателей ту статистику, что публикуют в разрезе стран мира: по телекоммуникациям – Международный союз электросвязи; по потреблению цифровых услуг – Организация экономического сотрудничества и развития и Евростат; по итогам осуществленной экономической деятельности – Всемирный банк.

Дадим обзорную характеристику комплексным индикаторам, характеризующим уровень цифрового неравенства между различными странами.

Одним из индикаторов цифрового неравенства служит уже рассмотренный нами ранее индекс развития ИКТ – IDI. IDI характеризует базовую доступность телекоммуникационных услуг.

Согласно опубликованному в 2017 году рейтингу, возглавляют этот рейтинг Исландия, Корея, Швейцария, Дания, Великобритания, Гонконг. Во второй десятке рейтинга оказались такие страны, как Австралия, США, Канада. Россия занимает 45 место, значительно уступая по этому параметру Беларуси, которая находится на 32 месте (единственная страна СНГ, оказавшаяся в первом квантиле распределения).

Тесно связан с IDI другой индикатор, публикуемый МСЭ, — ICT Price Basket. Он комплексно оценивает доступность разного вида наборов телекоммуникационных услуг (как услуг фиксированной, так и подвижной связи) для населения стран.

Россия в 2017 году по уровню доступности 1,5 Гб мобильного Интернета находилась на 43 месте, а к 2019 опустилась на 63 место. Лидируют в рейтинге европейские страны – Люксембург, Польша, Италия, Австрия. Замыкают его африканские страны.

Таким образом, степень развитости телекоммуникационного рынка может быть оценена посредством двух индикаторов – Индекса развития ИКТ и Корзины цен на услуги ИКТ.

Уровень потребления и предоставления цифровых услуг может быть охарактеризован, помимо частных показателей, комплексным индикатором цифрового развития экономики и общества – i-DESI. Он включает в себя пять субиндексов: инфраструктура, человеческий капитал (цифровые навыки и количество ИКТ специалистов), использование интернета, интеграция цифровых технологий, цифровые государственные сервисы.

Среди европейских стран в данном рейтинге лидируют Чехия, Дания, Германия, Исландия, а среди неевропейских наиболее развитым уровнем цифровизации отличается Южная Корея. К наименее развитым странам относятся Бразилия, Мексика, Турция [166].

Краткий обзор стран-лидеров и отстающих стран в соответствии с данными рейтингами позволяет сделать вывод о качественно разном уровне развития цифровизации для различных групп государств, а, значит, о разных моделях влияния рынка телекоммуникационных услуг на экономическое развитие. В таблице 3.14 представлены показатели корреляции между ключевыми показателями, которые значимы при уровне $p=0.05$.

Таблица 3.14 – Корреляции между различными индикаторами цифрового неравенства и уровнем развития цифровой экономики

В условных единицах

Группа стран по уровню ВВП на душу населения по паритету покупательной способности	Кол-во стран, ед.	Корреляция между IDI-ВВП	Корреляция между ICT Price Basket (mobile) – ВВП	Корреляция между ICT Price Basket (mobile) – IDI	Корреляция между ICT Price Basket (fix) – ВВП	Корреляция между ICT Price Basket (fix) – IDI	Корреляция между DESI-ВВП
Менее 10 000	57	0,81	-0,57	-0,51	-0,54	-0,51	–
от 10 000 до 20 000	34	0,7	–	–	–	–	–
от 20 001 до 40 000	30	0,67	–	-0,53	–	–	0,66
свыше 40 001	33	–	–	–	-0,51	–	–
П р и м е ч а н и е – Расчет корреляций с I-DESI проводился только для тех стран, для которых данный индикатор был рассчитан Евростатом							

Источник: составлено автором по материалам [51; 166; 176].

Из таблицы видно, что для стран с уровнем ВВП на душу населения по ППС менее 10 000 долларов в год (преимущественно, наименее развитые африканские страны) характерна умеренная отрицательная зависимость между показателем ценовой доступности телекоммуникационных услуг и уровнем развития ВВП. Такая зависимость может свидетельствовать о следующей ситуации: для стран с крайне низким уровнем среднедушевых доходов характерен неразвитый рынок телекоммуникационных услуг, что приводит к тому, что доля оплаты таких услуг в общем доходе домохозяйства значительна (в среднем по группе – 12%), что делает цифровые услуги недоступными для большей части населения и организаций. При этом для этой группы стран характерна наиболее сильная зависимость между показателем базового уровня развития телекоммуникационного рынка (IDI) и уровнем развития экономики, что свидетельствует о начальном этапе цифровизации в данных странах.

Следующая группа представлена такими государствами как, например, Египет, Бразилия, Китай, Азербайджан, Грузия, Сербия, Беларусь, Тайланд. В среднем на телекоммуникационные услуги тратится порядка 2% от доходов (вариация показателя составляет 60%). Несмотря на значительную вариацию, стоимость телекоммуникационных услуг на мобильный Интернет для указанных стран находится на приемлемом уровне: ни для одной страны показатель доли расходов на интернет в общем объеме доходов не превышает 5%. Отсутствие корреляции между корзиной цен на услуги мобильного Интернета и уровнем развития ИКТ говорит о том, что для этой группы стран в основе цифрового неравенства лежит не ценовая доступность, а ряд других причин. К числу таких причин может быть отнесена значительная дифференциация населения указанных стран по уровню доходов, по возрастному составу в зависимости от места проживания (город или село), а также наличие труднодоступных для обеспечения доступа в интернет районов. Между тем, взаимосвязь между уровнем развития рынка телекоммуникаций и

экономическим развитием для данной категории стран выражается в коэффициенте корреляции 0,7, что обозначает устойчивую взаимосвязь.

Группа стран с показателем ВВП на душу населения по ППС в интервале от 20 тыс. до 40 тыс. долларов включает в себя Россию, Корею, Мексику, Аргентину, Казахстан, Турцию, Грецию, Польшу, другие страны Восточной Европы. Стоимость мобильного Интернета (средний уровень по группе стран составляет 1%) оказывает определенное отрицательное влияние на уровень проникновения телекоммуникационных технологий, однако это не доминирующий фактор. Также наблюдается устойчивая взаимосвязь между индикатором IDI и ВВП, DESI и ВВП. Этот факт свидетельствует о том, что базовые телекоммуникационные услуги в достаточной степени распространены в указанных странах, ключевую роль в развитии данных государств начинают играть цифровые услуги, охватываемые рейтингом DESI. Таким образом, экономика Российской Федерации может быть охарактеризована как развивающаяся цифровая экономика, которая уже прошла первый этап цифровизации и вступила во второй этап, заключенный в разворачивании цифровых платформ, создании систем искусственного интеллекта и анализа больших объемов данных.

К последней группе стран принадлежат наиболее развитые страны, такие как Великобритания, США, Канада, Катар, Люксембург. Страны данной группы однородны по уровню развития цифровой экономики: вариация показателя DESI составляет 13,4%. Взаимосвязь между уровнем цифровизации и уровнем развития экономики для данной категории стран отсутствует. Это может быть вызвано рядом причин: во-первых, данный индикатор может не учитывать наиболее значимые для экономики современных стран цифровые технологии. Во-вторых, данные страны могут являться представителями зарождающегося шестого технологического уклада, драйвером которого являются такие технологии пятого уклада, как искусственный интеллект, интернет вещей, анализ больших данных. Однако

распространение указанных технологий далеко до насыщения, а потому в данный момент не проявляет значимого экономического эффекта.

Заключительным этапом исследования будет служить построение моделей с целью определения основного характера воздействия факторных показателей на результативные. Для расчета будут использоваться показатели для группы с ВВП на душу населения по ППС от 20 тыс. долларов до 40 тыс. долларов, поскольку, во-первых, в ее состав входит Российская Федерация, во-вторых, по данной группе представлен достаточно широкий спектр показателей сферы ИКТ, в-третьих, эта группа является наиболее репрезентативным примером распространения различных видов телекоммуникационных технологий.

Проведем эконометрическое моделирование показателей цифровизации экономики по схеме, представленной нами ранее. Моделирование производилось с помощью редактора данных IBM «SPSS Statistics», а именно входящего в его состав пакета регрессионного анализа. Уровень значимости принимался равным 0,05. Наилучшая модель из числа возможных выявлялась при помощи сравнения значений информационных критериев (критерия Акаике). В таблице 3.15 представлены результаты эконометрического моделирования показателей проникновения телекоммуникационных услуг в среду непосредственных потребителей: организаций и домашних хозяйств.

Таблица 3.15 – Результаты эконометрического моделирования индикаторов цифровизации в контексте влияния телекоммуникационного рынка

В условных единицах

Факторные показатели и показатели качества модели	Коэффициенты регрессии и значения показателей качества моделей для зависимых переменных:	
	пользователи Интернета в общем объеме населения	организации с веб-сайтом (показатель интернет-присутствия компаний)
1	2	3
Покрытие сетями LTE (количество соединений)	0,459	–

Продолжение таблицы 3.15

1	2	3
Домашние хозяйства с компьютером	–	1,530
Доля подписок на услуги фиксированного интернета со скоростью менее 10 мб/с	–	-0,490
Константа α	33,400	-46,500
Коэффициенты множественной корреляции (R)	0,779	0,786
Скорректированный коэффициент множественной детерминации (R^2)	0,610	0,620

Источник: составлено автором.

Полученные значения коэффициентов регрессии значимы (уровень значимости – 5%).

Здесь и далее нами были использованы данные из различных источников, включающих в себя как базы данных международных организаций и национальных статистических агентств, так и обзоры по теме различных исследовательских институтов [51; 52; 53; 55; 56; 60; 65; 90; 91; 158; 165; 174; 176; 182; 183].

Были получены два регрессионных уравнения, характеризующих первый этап проникновения телекоммуникационных услуг в деятельность домашних хозяйств и субъектов бизнеса. Так, число пользователей Интернета определяется, преимущественно, уровнем покрытия мобильных сетей. При этом показатель, отражающий степень покрытия сетями последнего поколения, характеризует уровень проникновения телекоммуникационных услуг в среду населения в большей степени, чем показатель покрытия сетями 3G. Коэффициент эластичности для данного показателя равен 0,779: увеличение покрытия высокоскоростным мобильным Интернетом на 1% приведет к увеличению числа Интернет пользователей на 0,8%. Следует

заметить, что значение корреляции между показателем подписок фиксированного Интернета и числом интернет-пользователей составило всего 0,56 (против 0,79 для мобильного интернета), что подтверждает тренд на развитие мобильных услуг для населения.

Распространение компьютеров, развитие интернета привели к тому, что увеличился показатель интернет-присутствия компаний, запустился процесс цифровизации бизнеса. Уравнение регрессии для показателя числа организаций с веб-сайтом показывает, что доля таких компаний тем выше, чем большая часть населения обладает компьютерами для выхода в сеть, и чем ниже доля подписок на фиксированный ШПД со скоростью менее 2 мб/с. Коэффициенты эластичности составили 0,672 и -0,403 соответственно. Проведение государственной политики по сокращению цифрового разрыва между различными населенными пунктами может дать увеличение доли Интернет-присутствия компаний на уровне, превышающем 1%.

Рост показателей базовой цифровизации домашних хозяйств и организаций привел к постепенному становлению нового экономического уклада – цифровой экономики. Во-первых, стала развиваться интернет-экономика: все большее число организаций стали использовать веб-сайт для получения заказов на свою продукцию. Во-вторых, рост числа пользователей, осуществляющих покупки онлайн, а также рост числа активных интернет-пользователей привели к тому, что стали накапливаться огромные объемы данных для анализа их поведения. В связи с этим все большее число компаний стали внедрять различные технологии, позволяющие обрабатывать большие объемы цифровой информации, в частности облачные технологии. Представим данные процессы в виде регрессионных уравнений в таблице 3.16.

Таблица 3.16 – Результаты эконометрического моделирования индикаторов цифровой экономики в контексте влияния телекоммуникационного рынка и процессов цифровизации

Факторные показатели и показатели качества модели	Коэффициенты регрессии и значения показателей качества моделей для зависимых переменных:	
	пользователи, совершающие онлайн-покупки, в общем объеме населения	организации, использующие облачные вычисления в общем числе организаций
Пользователи Интернета в общем объеме населения	0,939	0,233
Показатель Интернет-присутствия компаний	0,375	–
Число организаций, получающих заказы на товары онлайн	–	1,030
Константа α	-50,900	-13,900
Коэффициенты множественной корреляции (R)	0,849	0,818
Скорректированный коэффициент множественной детерминации (R^2)	0,720	0,669

Источник: составлено автором.

Таким образом, увеличение числа пользователей Интернета на 1% приведет к увеличению числа участников электронной торговли среди населения на 0,49%, а увеличение присутствия бизнес-субъектов в Интернете на 1% приведет к росту моделируемого индикатора на 0,51%, что в совокупности даст рост на 1% электронной торговли.

Рост использования облачных сервисов на 67% объясняется влиянием следующих факторов: рост числа компаний, принимающих заказы через интернет, (коэффициент эластичности 0,731) и число интернет пользователей (коэффициент эластичности равен 0,233). Совокупное увеличение указанных факторов на 1% каждый приведет к увеличению результируемой величины на 0,96%.

Описанные нами процессы цифровизации и датафикации, происходящие в обществе, оказывают прямое и косвенное влияние на

экономическое развитие. Снижение транзакционных издержек при электронной торговле, повышение доступности товаров и услуг, их индивидуализация напрямую влияют на уровень ВВП страны: коэффициент корреляции между показателем электронной торговли и ВВП составляет порядка 0,8, что говорит о тесной корреляционной зависимости. Однако помимо этого существует и косвенное влияние: рост объема информации и повышение ее доступности посредством развития сети Интернет, а также рост вычислительных возможностей для ее обработки агрегируют драйвер пятого и шестого технологических укладов – научный потенциал.

Для вычисления научного потенциала мы использовали следующие показатели: число исследователей на один миллион жителей, число статей на темы нано-технологий и биотехнологий на один миллион жителей, а также долю производства продукции средних и высоких технологий в общем объеме продукции. Данные показатели тесно коррелированы, поэтому были нормализованы в рамках группы стран, а затем было вычислено их среднее геометрическое в качестве индикатора научного потенциала.

Представим результаты эконометрического моделирования в таблице 3.17.

Таблица 3.17 – Результаты эконометрического моделирования макроэкономических показателей и индикаторов в контексте влияния телекоммуникационного рынка и показателей цифровой экономики

В условных единицах

Факторные показатели и показатели качества модели	Коэффициенты регрессии и значения показателей качества моделей для зависимых переменных:	
	ВВП на душу населения по ППС (доллары США)	научный потенциал государства (вычисляемый показатель)
1	2	3
Пользователи, совершающие онлайн покупки, в общем объеме населения	167,000	–

Продолжение таблицы 3.17

Организации, использующие облачные вычисления в общем числе организаций	–	0,900
Домашние хозяйства с доступом в Интернет	–	1,000
Доля подписок на услуги фиксированного ШПД со скоростью более 10 мб/с	–	0,500
Научный потенциал государства	137,200	–
Константа α	18 296,000	12,000
Коэффициенты множественной корреляции (R)	0,848	0,832
Скорректированный коэффициент множественной детерминации (R^2)	0,720	0,700

Источник: составлено автором.

Научный потенциал государства сопряжен с развитием таких составляющих цифровой экономики, как: число домашних хозяйств с доступом в Интернет (0,479), проникновение скоростного Интернета (0,445), проникновение облачных технологий в организационную среду (0,385). Эти показатели объясняют 70% вариации результирующей величины. Рост каждого из факторов на 1%, приведет к росту научного потенциала на 1,3%. В свою очередь, научный потенциал также влияет на экономику государства: его рост на 1,3% скажет на росте ВВП на душу населения на 0,61% (коэффициент эластичности составляет 0,47). Близкий по значению вклад в рост ВВП оказывает и показатель электронной торговли: при росте числа участников электронной торговли среди населения на 1% ВВП увеличивается на 0,44%.

Таким образом, проведенные в данном параграфе исследования корреляционный и регрессионный виды анализов позволяет сделать ряд выводов.

1) Взаимосвязь развития рынка базовых телекоммуникационных услуг и экономического развития выше в наименее развитых и развивающихся странах, что свидетельствует об эффекте насыщения: при достижении определенного уровня распространения телекоммуникаций их влияние на экономику снижается.

2) Большую роль в распространении цифровых услуг играет стоимость подписки на услуги мобильного интернета, а не фиксированной связи. При этом ценовая доступность является значимым, но не доминирующим фактором в распространении технологий.

3) Российская Федерация относится к группе стран, для которых влияние на экономическое развитие базовых телекоммуникационных услуг совпадает с влиянием процессов цифровизации и датафикации, распространением таких телекоммуникационных услуг, как сети LTE, высокоскоростной Интернет, Интернет вещей.

4) Наиболее развитые страны достаточно однородны по уровню развития рынка телекоммуникационных услуг и уровню цифровой экономики, что связано с высоким уровнем развития последней. Вариация данных стран, скорее всего, связана с распространением шестого технологического уклада, который трудно измерим, и экономические эффекты от его распространения будут получены в десятилетней перспективе.

5) Построенные для группы стран уравнения регрессии, в состав которой входит и Российская Федерация, статистически обосновали схему влияния рынка телекоммуникаций на экономику, предложенную в первой главе. Было показано, что развитие телекоммуникаций ведет к реализации прямых и косвенных эффектов влияния на экономику через агрегацию драйверов технологического уклада.

6) Результаты эконометрического моделирования помимо выявления конкретных факторов цифрового разрыва между развивающимися и развитыми государствами могут служить для постановки и достижения целей по развитию цифровой экономики на территории РФ.

Подводя итог данному этапу исследования, отметим, что нами была апробирована методика статистического анализа, сформулированная во второй главе работы. Был проведен статистический анализ показателей деятельности компании-оператора связи, показателей цифровизации регионов РФ и показателей развития цифровой экономики для различных совокупностей стран мира. Проведенное исследование позволило оценить вклад рынка услуг сотовой связи в экономическое развитие и выявить основные факторы цифровой дифференциации как на основе классических статистических методов, так и на основе методов машинного обучения. Результаты исследования позволяют расширить существующие информационно-аналитические возможности национальной статистической системы как основы принятия государственных управленческих решений.

Заключение

В условиях глобализации мировой экономики в рамках пятого информационно-коммуникационного цикла Кондратьева ключевым фактором повышения конкурентоспособности стран стало развитие цифровой экономики. Базисом для таких инфраструктурных преобразований экономического пространства служит расширение использования телекоммуникационных технологий в конвергенции с информационными технологиями. В этих условиях рынок услуг сотовой связи как объект статистического исследования заслуживает отдельного внимания, поскольку является драйвером развития текущего технологического уклада.

Актуальность проведенного исследования объясняется тем, что в системе реформирования национальной статистической системы особая роль отводится совершенствованию методических подходов к анализу новых явлений и процессов, к числу которых относится цифровая экономика. Кроме того, возрастающая роль данных в рамках цифрового уклада экономики, появление больших объемов данных, доступных для анализа, актуализировали применение среди техник анализа как в хозяйствующих субъектах, так и в государственных структурах новых методов анализа данных – методов машинного обучения. Формирование методики статистического анализа рынка услуг сотовой связи как базиса развития цифровой экономики может послужить основой для формирования новых методологических принципов осуществления работы Росстатом, а также может способствовать проведению полного и комплексного статистического анализа данных в компаниях-операторах связи.

В рамках данной работы рынок услуг сотовой связи как объект статистического исследования был изучен нами с нескольких позиций: как система экономических взаимоотношений по оказанию услуг по передаче информации оператором связи, а также как технологическая основа нового уклада, экономическим выражением которого служит цифровая экономика.

Предложено авторское определение рынка услуг сотовой связи: — это система экономических отношений, которая складывается в процессе оказания услуг по передаче информации оператором связи с целью удовлетворения платежеспособного спроса со стороны потребителей на основе как собственно беспроводных телекоммуникационных технологий, так и сопряженных с ними информационных технологий. Как объект статистического исследования он характеризуется системой показателей, отражающих результаты основной деятельности телекоммуникационных и информационно-технологических компаний, объемы и уровня потребления услуг связи домохозяйствами, фирмами и государством, а также вклад данного сектора в развитие национальной и мировой экономики. На основе анализа отечественной и зарубежной научной литературы по сфере ИКТ и процессам цифровизации, нами была предложена схема развития рынка услуг сотовой связи как базиса цифровой экономики, которая послужила методическими контурами телекоммуникационной сферы как объекта статистического изучения.

Для проверки предположения о взаимосвязи уровня проникновения телекоммуникационных технологий и экономического развития был осуществлен статистический обзор состояния рынка услуг сотовой связи— оценен его объем, структура, динамика, а также степень проникновения телекоммуникационных технологий в различные сферы жизнедеятельности для стран разного уровня развития. Было выявлено, что все телекоммуникационные показатели на протяжении последних двадцати лет сохраняли положительный тренд, при этом услуги сотовой связи достигли насыщения, в то время как услуги мобильного интернета сохраняют резерв для роста. Дескриптивный статистический анализ характеристик рынка услуг сотовой связи в динамике и в разрезе по странам, а также проведение дискриминантного анализа, подтвердили предпосылку исследования о влиянии телекоммуникаций на развитие цифровой экономики.

С целью развития методических подходов к анализу рынка услуг сотовой связи нами был произведен обзор методических рекомендаций и

научных работ в данной сфере. Были выявлены недостатки существующих подходов в части неполноты используемых показателей, формирования комплексных индикаторов сферы развития ИКТ, отсутствия комплексного подхода к статистическому анализу телекоммуникаций и цифровой экономики. Обзор существующих теоретико-методических подходов к статистическому исследованию сферы телекоммуникаций подтверждает актуальность выбранной темы исследования: на сегодняшний день как на мировом уровне, так и в РФ назрела необходимость совершенствования методики статистического анализа рынка услуг сотовой связи как базиса развития цифровой экономики. Анализ существующих подходов показал необходимость доработки методики как путем систематизации существующих традиционных методов статистического анализа, так и с помощью использования методов машинного обучения.

Проведение статистического исследования невозможно без формирования концепции исследования, информационного базиса исследования, а также системы статистических показателей. Концептуальная схема исследования включила в себя как теоретический аспект (постановка целей и задач исследование, а также формирование информационного базиса), так и методический аспект, заключающийся в тематической классификации методов статистического анализа и в непосредственном использовании выбранных методов применительно к объекту исследования. В качестве информационной базы были выбраны наборы данных, публикуемые международными организациями (МСЭ, ОЭСР, ЮНКТАД), а также информация из отчетов Росстата и Института экономики знаний НИУ ВШЭ. Выбор данных источников сопряжен с целью и задачами исследования и обусловлен единством методического подхода к формированию показателей для групп стран. Система показателей, сформированная на основе изучения информационной и теоретической баз исследования, включает в себя показатели и комплексные индикаторы, состоящие из факторной и результативной подсистем. Факторная подсистема включает в себя

характеристики доступности (ценовой, географической, сетевой), пропускной способности сети, использования Интернета, инвестиций в телекоммуникационную инфраструктуру, а также показатели цифровизации и проникновения цифровых технологий в экономику. Результативная подсистема включает в себя общеэкономические показатели и показатели, характеризующие драйверы технологического уклада (расходы на НИОКР, обеспеченность кадрами, информационная безопасность). Такой комплексный подход позволяет сделать статистическую методику более точной и полной, а, как следствие, повысить качество получаемой на выходе информации.

Методический аспект исследования включает в себя систематизацию и характеристику особенностей применения стандартных статистических методов и методов машинного обучения. Традиционные методы статистического анализа были соотнесены с конкретными этапами, что способствует созданию предпосылок для проведения более качественных аналитических исследований. Была дана характеристика каждому из описанных методов, а также указаны основные направления их применения в дальнейшем при апробации полученной методики. В рамках оценки возможности приложения методов искусственного интеллекта к анализу рынка услуг сотовой связи была проведена классификация методов машинного обучения, а также данные методы были сгруппированы по видам и задачам. Преимущества методов искусственного интеллекта перед традиционными методами заключаются, во-первых, в отсутствии необходимости подчинения распределения данных нормальному закону, во-вторых, в работе данных методов с данными по принципу «черного ящика», который не требует знания особенностей природы изучаемого явления. Этапы проведения исследования с помощью данных методов были представлены схематически и включили в себя подготовку данных, итерационный процесс обучения модели, выбор модели с наилучшими характеристиками.

Для апробации методики анализа данных с помощью современных методов искусственного интеллекта нами был использован массив данных,

опубликованный в рамках «Telecom Data Cup – CSI Analyze». Данные представляют собой совокупность обезличенных характеристик абонентов одной из компаний-операторов связи. Все присутствующие в рамках указанного набора признаки были разбиты на факторную и результативную подсистемы. К результативным показателям были отнесены следующие: средний доход на одного пользователя и показатель лояльности клиента. Применение описанного ранее алгоритма машинного обучения к моделированию результативных показателей дало следующие результаты: лояльность клиентов зависит, в первую очередь, от выручки компании, в свою очередь определяемой показателем среднего дохода от абонента. Значительный вклад в увеличение данного показателя вносит такой фактор как расходы на дополнительные услуги: каждый вложенный в данный показатель рубль приносит 1,1 рубля дохода. Поскольку в дополнительные услуги и сервисы входят, в том числе, предоставление доступа к высокоскоростному мобильному интернету и облачные решения, то можно сделать вывод о значимости развития цифровых услуг как для экономики в целом (косвенные эффекты от цифровизации), так и для компаний-операторов через увеличение экономической эффективности их бизнес-модели.

Традиционные статистические методы были применены на мезо- и макро- уровнях. На уровне регионов РФ была сформирована система показателей, характеризующая уровень цифровизации регионов, к которой был применен факторный анализ. Его результатам стала обратная матрица факторных нагрузок, позволившая сократить все многообразие признаков до трех компонент и описать при этом значительный процент изменчивости данных. Указанные компоненты послужили основой для формирования субиндексов Индекса цифровизации экономики и общества: субиндекс потребления цифровых услуг населением, субиндекс потребления цифровых услуг организациями, субиндекс цифровизации процессов управления рабочей силой. Среднее геометрическое данных индексов представляет собой итоговый Индекс, используемый в дальнейшем для анализа. Описательные

статистики значений субиндексов позволили сделать вывод о достаточной однородности их значений для регионов. Наибольшая дифференциация и наименьшие средние значения характерны для показателя цифровизации рабочей силы, что свидетельствует о наличии цифрового разрыва по данной категории показателей. Проведенные кластерный и корреляционный виды анализов позволили выявить, что наличие развитых процессов цифровизации сопряжено с региональной экономической структурой: чем больше доля в валовой добавленной стоимости сектора добычи полезных ископаемых, тем меньше корреляция между цифровизацией и валовым региональным продуктом.

Корреляционный и регрессионный виды анализов были реализованы для показателей цифровизации различных групп стран мира. С помощью корреляционного анализа было показано, что композитный индикатор развития ИКТ МСЭ (IDI) описывает процессы цифровизации только для группы наименее развитых стран, а критичное влияние на его значение оказывает величины корзины цен на телекоммуникационные услуги. Для развивающихся стран вклад в ВВП сектора телекоммуникаций может быть измерен с помощью показателя цифровизации, подготавливаемого Евростатом (I-DESI), охватывающего более широкий спектр показателей, чем IDI. При этом с ростом экономического благополучия стран снижается значение ценовой доступности в проникновении телекоммуникационных услуг в среду потребителей, уступая место другим факторам.

Регрессионные уравнения были построены для группы развивающихся стран с уровнем ВВП на душу населения в пределах от 20 тыс. до 40 тыс. долларов, к числу которых относится и Россия. С помощью данных уравнений было показано, что развитие рынка услуг сотовой связи ведет к реализации прямых и косвенных эффектов влияния на экономику через агрегацию драйверов технологического уклада. Так, было показано, что научный потенциал государства сопряжен с развитием таких составляющих цифровой экономики, как: число домашних хозяйств с доступом в Интернет

(0,479), проникновение скоростного Интернета (0,445), проникновение облачных технологий в организационную среду (0,385). Эти показатели объясняют 70% вариации результирующей величины. Рост каждого из факторов на 1%, приведет к росту научного потенциала на 1,3%. В свою очередь, научный потенциал также влияет на экономику государства: его рост на 1,3% скажет на росте ВВП на душу населения на 0,61% (коэффициент эластичности составляет 0,47). Близкий по значению вклад в рост ВВП оказывает и показатель электронной торговли: при росте числа участников электронной торговли среди населения на 1% ВВП увеличивается на 0,44%.

Таким образом, разработанная автором методика статистического анализа рынка услуг сотовой связи как базиса цифровизации экономики включила в себя описание теоретических основ данного процесса, анализ текущих методических подходов, систему показателей для анализа, систематизацию и группировку традиционных статистических методов и методов машинного обучения. Апробация описанной методики на уровнях компании-оператора связи, регионов РФ, для групп стран мира позволила статистически подтвердить выдвинутые теоретические предположения о взаимосвязях и характере влияния рынка услуг сотовой связи и цифровой экономики и количественно охарактеризовать степень и силу данных взаимодействий. Предложенный подход призван заполнить существующие пробелы в области статистического анализа таких категорий, как рынок услуг сотовой связи, телекоммуникации, информационно-коммуникационные технологии, цифровизация, датафикация, цифровая экономика. Данная методика позволит проводить более качественные аналитические исследования данных процессов на различных уровнях: на уровне отдельных компаний-операторов, на региональном и национальном уровнях.

Список сокращений и условных обозначений

В настоящей диссертации применяют следующие сокращения и обозначения:

ARPU – средний доход на одного абонента

DESI – индекс цифровизации экономики и общества

IDI – индекс развития информационно-коммуникационных технологий

LTE – сети долговременного развития

NPS – показатель лояльности абонентов

OSS/BSS – система поддержки операций / система поддержки бизнеса

VAS – расходы на дополнительные услуги

ВВП – валовой внутренний продукт

ВДС – валовая добавленная стоимость

ВРП – валовой региональный продукт

Евростат – Служба статистики Европейского союза

ИКТ – информационно-коммуникационные технологии

КМО – мера адекватности выборки Кайзера-Мейера-Олкина

Минкомсвязь – Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций

МСЭ – Международный союз электросвязи

ОКВЭД – общероссийский классификатор видов экономической деятельности

ОЭСР – Организация экономического сотрудничества и развития

ППС – паритет покупательной способности

Росстат – Федеральная служба государственной статистики

ШПД – широкополосный доступ в Интернет

ЮНКТАД – Конференция Организации объединенных наций по торговле и развитию

Список литературы

Книги

1. Бессонов, В.А. Что хранит для истории современная российская статистика? / В.А. Бессонов. — Москва : ИД ВШЭ, 2014. — 39 с. — ISBN отсутствует.
2. Головенчик, Г.Г. Цифровизация белорусской экономики в современных условиях глобализации / Г.Г. Головенчик. — Минск : Издательский центр БГУ, 2019. — 257 с. — ISBN отсутствует.
3. Городнова, А.А. Информационная культура и информационное общество: учебно-методическое пособие / А.А. Городнова. — Нижний Новгород : Издательство Волго-Вятской академии госслужбы, 2010. — 174 с. — ISBN 978-5-85152-864-4.
4. Господарик, Е.Г. ЕАЭС-2050: глобальные тренды и евразийская экономическая политика : монография / Е.Г. Господарик, М.М. Ковалев. — Минск : Издательский центр БГУ, 2015. — 152 с. — 500 экз. — ISBN 978-985-553-279-9.
5. Дрокина, К.В. Рынок информационно-коммуникационных технологий и организация продаж. Часть II : учебное пособие / К.В. Дрокина // Южный федеральный университет. — Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2016. — 76 с. — ISBN 978-5-9275-2208-8.
6. Ершова, Т.В. Индекс готовности регионов России к информационному обществу 2013—2014. Анализ информационного неравенства субъектов Российской Федерации / Т.В. Ершова, Ю.Е. Хохлов, С.Б. Шапошник. — Москва : Автономная некоммерческая организация "Институт развития информационного общества", 2015. — 524 с. — ISBN 5-901907-18-3.
7. Ершова, Т.В. Методика оценки уровня развития цифровой экономики как инструмент управления процессами цифровой трансформации / Т.В. Ершова, Ю.Е. Хохлов, С.Б. Шапошник // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD 2018) : материалы Одиннадцатой международной конференции, 1-3 октября 2018 г., в 2-х томах. — Москва : ИПУ РАН, 2018. — 552 с. — ISBN отсутствует.
8. Иванов, В.В. Цифровая экономика: мифы, реальность, возможности / В.В. Иванов, Г.Г. Малинецкий. — Москва : Российская академия наук, 2017. — 64 с. — ISBN 978-5-906906-04-5.

9. Индикаторы науки : 2018 : статистический сборник / Н.В. Городникова, Л.М. Гохберг, К.А. Дитковский [и др.]. — Москва : НИУ ВШЭ, 2018. — 320 с. — ISBN 978-5-7598-1741-3.
10. Индикаторы цифровой экономики : 2017 : статистический сборник / Г.И. Абдрахманова, Л.М. Гохберг, М.А. Кевеш [и др.]. — Москва : НИУ ВШЭ, 2017. — 320 с. — ISBN 978-5-7598-1592-1.
11. Индикаторы цифровой экономики: 2018 : статистический сборник / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневский, Г.Л. Волкова [и др.]; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — Москва : НИУ ВШЭ, 2018. — 268 с. — ISBN 978-5-7598-1770-3.
12. Информационное общество в Российской Федерации 2017 : статистический сборник / К.Э. Лайкам, Г.И. Абдрахманова, Л.М. Гохберг [и др.]. — Москва : НИУ ВШЭ, 2017. — 328 с. — ISBN 978-5-7598-1719-2.
13. Информационное общество в Российской Федерации. 2018 : статистический сборник / М.А. Сабельникова, Г.И. Абдрахманова, Л.М. Гохберг [и др.]. — Москва : НИУ ВШЭ, 2018. — 195 с. — ISBN 978-5-7598-1859-5.
14. Карышев, М.Ю. Социально-экономическая эффективность сферы информационно-коммуникационных технологий : методология международных статистических сопоставлений / М.Ю. Карышев. — Москва : Финансы и статистика. — 2011. — 158 с. — ISBN 978-5-279-03520-5.
15. Кастельс, М. Информационная эпоха: экономика, общество и культура / М. Кастельс. — Москва : ГУ ВШЭ, 2000. — 608 с. — ISBN 5-7598-0069-8.
16. Киселева, Н.П. Совершенствование методологии статистического исследования макроэкономической системы / Н.П. Киселева. — Москва : Издательская торговая компания «Наука-Бизнес-Паритет», 2015. — 96 с. — ISBN 978-5-91752-075-9.
17. Киселева, Н.П. Методология статистического анализа конъюнктуры финансового рынка : монография / Н.П. Киселева, О.Г. Третьякова. — Москва : КноРус, 2019. — 185 с. — 1000 экз. — ISBN 978-5-4365-2892-2.
18. Киселева, Н.П. Социально-экономическая статистика : учебное пособие / Н.П. Киселева. — Москва : Русайнс, 2017. — 149 с. — ISBN 978-5-4365-1783-4.
19. Ключкова, Е.Н. Инструментарий оценки развития информационного общества в условиях глобализации : методические подходы и причины дифференциации : монография / Е.Н. Ключкова. — Москва : Проспект, 2017. — 208 с. — 1000 экз. — ISBN 978-5-392-24622-9.

20. Мардер, Н.С. Современные телекоммуникации / Н.С. Мардер. — Москва : ИРИАС, 2006. — 384 с. — ISBN 5-93592-019-0.
21. Методические рекомендации по разработке регионального индекса цифровизации агропромышленного комплекса : инструктивно-методическое издание. — Москва : ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. — 112 с. — ISBN 978-5-7367-1494-0.
22. Новая экономика: гадкий утёнок или Её величество? Количественный анализ в экономике / В.А. Бессонов, Н.Ю. Бродский, С.В. Журавлев [и др.]. — Москва : Издательский дом Высшей школы экономики, 2011. — 44 с. — ISBN отсутствует.
23. Отчет по отрасли информационно-коммуникационных технологий в Республике Казахстан. — Астана : АО «Национальный инфокоммуникационный холдинг «Зерде», KPMG в Казахстане и Центральной Азии, 2017. — 48 с. — ISBN отсутствует.
24. Парадигмы цифровой экономики: Технологии искусственного интеллекта в финансах и финтехе: монография / под редакцией М.А. Эскиндарова, В.И. Соловьева. — Москва : Когито–Центр, 2019. — 325 с. — 1000 экз. — ISBN 978-5-89353-550-1.
25. Перспективная модель государственной статистики в цифровую эпоху : доклад к XIX Апрельской международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества, Москва, 10—13 апреля 2018 г. / научный редактор Л.М. Гохберг ; НИУ «Высшая школа экономики». — Москва : Издательский дом Высшей школы экономики, 2018. — 35 с. — ISBN 978-5-7598-1814-4.
26. Россия в зеркале международных рейтингов : информационно-справочное издание / ответственный редактор В.И. Суслов. — Новосибирск : Автограф, 2015. — 115 с. — ISBN 978-5-9905592-9-5.
27. Салин, В.Н. Статистика : учебное пособие / В.Н. Салин. — Москва : КНОРУС, 2019. — 292 с. — ISBN 978-5-406-06592-1.
28. Соловьев, В.И. Анализ данных в экономике. Теория вероятностей, прикладная статистика, обработка и визуализация данных в Microsoft Excel : учебник / В.И. Соловьев. — Москва : КНОРУС, 2018. — 500 с. — ISBN 978-5-406-06940-0.
29. Соловьев, В.И. Прикладные задачи машинного обучения в экономике и финансах : Практический курс с применением технологий Microsoft Azure ML и соревнованиями на платформе Kaggle/ В.И. Соловьев. — Москва : КНОРУС, 2018. — 324 с. — ISBN 978-5-406-06940-0.
30. Статистика в условиях формирования цифровой экономики : материалы Международной научно–практической конференции. — Саранск : 13РУС Принт, 2019. — 212 с. — ISBN: 978-5-907131-36-1.

31. Статистический анализ данных: Методические указания к расчетной работе / Самарский государственный аэрокосмический университет; Составители Е.А. Денискина, П.Э. Коломиец. 2004. — 64 с. — ISBN отсутствует.

32. Цифровая трансформация для укрепления экономического потенциала страны и улучшения качества жизни людей : сборник материалов научно–практической конференции «Региональное измерение цифровой трансформации» и междисциплинарной секции «Социально–экономическое воздействие цифровой трансформации» / под редакцией Т.В. Ершовой, Л.В. Лapidус. — Москва : Научно–образовательный центр компетенций в области цифровой экономики МГУ имени М. В. Ломоносова, 2019. — 70 с. — ISBN 978-5-901907-48-1.

33. Что такое цифровая экономика? Тренды, компетенции, измерение : доклад к XX Апрельской международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества, Москва, 9—12 апреля 2019 г. / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишнеvский, Л.М. Гохберг [и др.]. ; научный редактор Л.М. Гохберг; НИУ «Высшая школа экономики». — Москва : Издательский дом Высшей школы экономики, 2019. — 82 с. — ISBN 978-5-7598-1898-4.

34. Шваб, К. Четвертая промышленная революция / К. Шваб. — Москва : Эксмо, 2018. — 285 с. — ISBN 978-5-699-98379-7.

35. Экономико-статистическое исследование сферы информационно-коммуникационных технологий: монография / М.Ю. Карышев — Самара : СамГУПС, 2010. — 284 с. — 500 экз. — ISBN 978-5-98941-117-7.

Нормативно-правовые акты

36. Российская Федерация. Законы. О связи : Федеральный закон : [принят Государственной Думой 18 июня 2003 года : по состоянию на 7 апреля 2020 года] . — Справочно-правовая система «Консультант Плюс»: [сайт]. — Текст : электронный. — URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_43224/. (дата обращения: 01.09.2019).

37. Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы : [указ Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203]. — Справочно-правовая система «Консультант Плюс»: [сайт]. — Текст : электронный. — URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_216363/. (дата обращения: 01.09.2019).

38. Паспорт национальной программы "Цифровая экономика Российской Федерации" : [протокол президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным

проектам от 24 декабря 2018 г. № 16)]. — Справочно-правовая система «Консультант Плюс»: [сайт]. — Текст : электронный. — URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_328854/. (дата обращения: 01.09.2019).

39. Стратегия развития Росстата и системы государственной статистики Российской Федерации до 2024 года : [приказ Министерства экономического развития от 06 сентября 2019 г. № МО-104]. — Справочно-правовая система «Консультант Плюс»: [сайт]. — Текст : электронный. — URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_334403/. (дата обращения: 01.09.2019).

40. Общероссийский классификатор видов экономической деятельности (ОК 029-2014) : [приказ Росстандарта от 31 января 2014 г. № 14-ст]. — Справочно-правовая система «Консультант Плюс»: [сайт]. — Текст : электронный. — URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_163320/. (дата обращения: 01.09.2019).

41. Программа "Цифровая экономика Российской Федерации" : [распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 года № 1632-р (утратило силу)]. — Справочно-правовая система «Консультант Плюс»: [сайт]. — Текст : электронный. — URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71634878/>. (дата обращения: 01.09.2019).

Диссертации и авторефераты диссертаций

42. Бибичев, Д.В. Статистическое измерение конъюнктуры рынка информационных технологий : специальность 08.00.12 «Бухгалтерский учет, статистика» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Бибичев Дмитрий Валерьевич; Финансовый университет при Правительстве РФ. — Москва, 2013. — 26 с. — Библиогр.: с. 23-26. — Место защиты: Финансовый университет при Правительстве РФ.

43. Головенчик, Г.Г. Становление и развитие цифровой экономики в современных условиях глобализации : специальность 08.00.14 «Мировая экономика» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Головенчик Галина Геннадьевна ; Белорусский государственный университет. — Минск, 2019. — 24 с. — Библиогр.: с. 22-24. — Место защиты: Белорусский государственный университет.

44. Карташова, И.И. Статистическое исследование информационно-телекоммуникационной деятельности в России : специальность 08.00.12 «Бухгалтерский учет, статистика» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Карташова Инна Ильинична;

Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. — Москва, 2008. — 22 с. — Библиогр.: с. 20-22. — Место защиты: Московский государственный университет экономики, статистики и информатики.

45. Карышев, М.Ю. Методология статистического исследования социально-экономических результатов развития сферы информационно-коммуникационных технологий России в сравнительном международном аспекте : специальность 08.00.12 «Бухгалтерский учет, статистика» : диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук / Карышев Михаил Юрьевич; Самарский государственный экономический университет. — Самара, 2011. — 353 с. — Библиогр.: с. 340-353.

46. Киселева, Н. П. Методология статистического исследования экономического роста регионов и факторов его дифференциации : специальность 08.00.12 «Бухгалтерский учет, статистика» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Киселева Надежда Петровна; Саратовский государственный социально-экономический университет. — Саратов, 2007. — 38 с. — Библиогр.: с. 36-38. — Место защиты: Самарский государственный экономический университет.

47. Макурина, А.О. Информационно-аналитическое обеспечение стратегии развития услуг телекоммуникационной компании : специальность 08.00.12 "Бухгалтерский учет, статистика": диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Макурина Александра Олеговна ; Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации. — Москва, 2016. — 225 с. — Библиогр.: с. 215-225.

48. Потехина, И.П. Влияние информационно-коммуникационных факторов на экономический рост в современной России : специальность 08.00.01 «Экономическая теория» : диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Потехина Ирина Петровна; Саратовский государственный социально-экономический университет. — Саратов, 2012. — 180 с. — Библиогр.: с. 170-180.

Электронные ресурсы

49. «Индустрия 4.0»: создание цифрового предприятия. Всемирный обзор реализации концепции «Индустрия 4.0» за 2016 год. — PwC, 2016. — 12 р. // компании «PwC» [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL : https://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global_industry-2016_rus.pdf (дата обращения: 05.10.2020).

50. Бабылина, Л.С. Цифровое неравенство: причины и последствия // МГУ им. М. В. Ломоносова . [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://digital.msu.ru/wp->

content/uploads/Л.С.Бабылина_Цифровое_неравенство_причины_и_последствия.pdf (дата обращения: 15.03.2020).

51. База данных Всемирного банка [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://databank.worldbank.org/> (дата обращения: 15.03.2020).

52. База данных Евростата [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (дата обращения: 15.03.2020)

53. База данных ОЭСР [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=TIVA_2018_C1 (дата обращения: 15.03.2020).

54. Задачи статистического образования в период перехода к пятому и шестому экономическому укладу // Официальный сайт Росстата[сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://www.gks.ru/publish/konferenc/bashina.pdf> (дата обращения: 15.03.2020).

55. Всемирная база научных публикаций // Web Of Science [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://webofknowledge.com> (дата обращения: 15.03.2020).

56. Данные по использованию ИКТ в России домашними хозяйствами, организациями, государством // Росстат[сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: https://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/it/fed_nabl-croc/PublishData%5CReports%5CReports_2016.html (дата обращения: 15.03.2020).

57. Данные по деятельности оператора сотовой связи с чемпионата по машинному обучению // Machine learning bootcamp [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://mlbootcamp.ru/ru/round/15/tasks/>

58. Динамика и структура ВВП России. Бюллетень о текущих тенденциях российской экономики // Аналитический центр при Правительстве РФ[сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://ac.gov.ru/files/publication/a/21979.pdf> (дата обращения: 15.03.2020).

59. Доклад о результатах деятельности федеральной службы государственной статистики в 2018 году и основных направлениях на 2019 год и плановый период 2020 и 2021 годов // Официальный сайт Росстата[сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://www.gks.ru/storage/mediabank/Pr-docl-19.pdf> (дата обращения: 15.03.2020).

60. Доля электронной торговли в динамике по странам // Сайт агрегированной статистической информации Statista[сайт]. — Текст :

электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://www.statista.com/statistics/534123/e-commerce-share-of-retail-sales-worldwide/> (дата обращения: 15.03.2020).

61. Инструмент для оценки цифровой трансформации : официальный сайт организации ОЭСР: [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://goingdigital.oecd.org/en/> (дата обращения: 05.10.2020).

62. Интернет вещей в России : исследование // ЦСП «Платформа» в сотрудничестве с компанией SchneiderElectric [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: http://pltf.ru/wp-content/uploads/2019/02/internet_veschey_v_rossii_10_02_2019.pdf (дата обращения: 15.03.2020).

63. Интернет вещей: Безграничные возможности взаимодействия человека и машины. Медиасектор и индустрия развлечений // ООО «Эрнст энд Янг — оценка и консультационные услуги» [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-mne-internet-of-things-rus/\\$File/EY-mne-internet-of-things-rus.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-mne-internet-of-things-rus/$File/EY-mne-internet-of-things-rus.pdf). (дата обращения: 15.03.2020).

64. Информационное общество. Основные характеристики субъектов РФ // ИСИиЭЗ НИУ ВШЭ[сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: https://issek.hse.ru/data/2019/01/21/1147365079/io_reg.PDF (дата обращения: 15.03.2020).

65. Информационное общество: база данных Росстата[сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://www.gks.ru/folder/14478> (дата обращения: 15.03.2020).

66. Исследование ООН: электронное правительство 2018 // Организация объединенных наций[сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://publicadministration.un.org/publications/content/PDFs/UN%20E-Government%20Survey%202018%20Russian.pdf> (дата обращения: 15.03.2020).

67. Конкуренция в цифровую эпоху: стратегические вызовы для Российской Федерации 2018: доклад // Всемирный банк. [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/30584/AUS0000158-RU.pdf?sequence=4&isAllowed=y> (дата обращения: 15.06.2020).

68. Цифровая экономика Российской Федерации. Технологические заделы. Финансовый университет [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <http://www.fa.ru/org/dep/findata/Documents/News/2017/11/Oleg%20Krivosheev.pdf> (дата обращения: 05.10.2020).

69. Методики Росстата по расчету показателей и проведению исследований. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://www.gks.ru/metod/metod.html> (дата обращения: 15.06.2020).

70. Методология индекса «Готовность регионов России к информационному обществу» // Сайт информационного общества в регионах[сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <http://eregion.ru/metodologiya-indekса> (дата обращения: 15.06.2020)

71. Методология расчета индекса «Цифровая Россия» субъектов Российской Федерации // Официальный сайт Сколково[сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: https://finance.skolkovo.ru/downloads/documents/FinChair/Research_Reports/SKOLKOVO_Digital_Russia_Methodology_2019-04_ru.pdf (дата обращения: 15.03.2020).

72. Мониторинг информационного общества: информационный бюллетень № 5 // Официальный сайт НИУ ВШЭ[сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: https://www.hse.ru/data/2016/08/19/1118759095/%D0%9C%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B3%205_10_2016.pdf (дата обращения: 15.06.2020).

73. Национальный центр статистики науки и инженерии // NSF [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://www.nsf.gov/statistics/> (дата обращения: 05.10.2020).

74. Обзор отрасли : телекоммуникации // Федеральный образовательный портал «Экономика, социология, менеджмент» [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <ecsocman.hse.ru>data/153/789/1217/svyaz.doc>

75. Основные понятия деятельности в сфере телекоммуникаций // Росстат[сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://www.gks.ru/storage/mediabank/> (дата обращения: 15.03.2020).

76. Основные тренды развития цифровой экономики в финансовой сфере. Правовые аспекты регулирования и практического применения. — Москва : Издание Государственной Думы, 2019. — 160 с. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <http://duma.gov.ru/media/files/ONpz3AjFkualqgKS9lsgtqckucXiScBP.pdf> (дата обращения: 05.10.2020).

77. Пособие по производству статистики информационной экономики // Официальный сайт организации ЮНКТАД. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/sdteecb20072rev1_ru.pdf (дата обращения: 15.03.2020).

78. Развитие цифровой экономики в России : доклад представительства Всемирного банка в России // Всемирный банк. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <http://www.vsemirnyjbank.org/ru/events/2016/12/20/developing-the-digital-economy-in-russia-international-seminar-1> (дата обращения: 15.03.2020).

79. Региональная статистика информационного общества : база данных // Росстат [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/14478> (дата обращения: 15.03.2020).

80. Россия: от цифровизации к цифровой экономике // Институт экономики роста им. Столыпина П.А. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <http://stolypin.institute/institute/rossiya-ot-tsifrovizatsii-k-tsifrovooy-ekonomike/> (дата обращения: 15.03.2020).

81. Становление нового технологического уклада в российской экономике // Центральный экономико-математический институт РАН. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <http://www.cemi.rssi.ru/publication/e-publishing/dementiev/NanoCh5-2009.pdf> (дата обращения: 15.03.2020).

82. Статистика телекоммуникаций // Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/statistic/rating/telekommunikacii/> (дата обращения: 15.03.2020).

83. Статистические профили информационного общества 2009 год: СНГ // Международный союз электросвязи [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/ind/D-IND-RPM.CIS-2009-PDF-R.pdf (дата обращения: 15.03.2020).

84. Цифровая экономика: что и как измерять. Сайт Росстата. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://www.gks.ru/publish/conf0918/suslov.pdf> (дата обращения: 15.03.2020).

85. Методика оценки цифровой трансформации // Ассоциация участников рынка интернета вещей: [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://iotas.ru/files/documents/wg/%D1%85%D0%BE%D1%85%D0%BB%D0%BE%D0%B2.pdf> (дата обращения: 05.10.2020).

86. Хохлов, Ю.Е. Мониторинг как инструмент разработки и совершенствования стратегий и программ развития информационного общества / Ю. Е. Хохлов, С. Б. Шапошник. — 2011 // Институт развития информационного общества: [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <http://eregion.ru/analiticheskie-materialy/monitoring-kak-instrument-razrabotki-i-sovershenstvovaniya-strategii-i-prog> (дата обращения: 15.03.2020).

87. Оценка уровня развития цифровой экономики // Экономический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова: [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://www.econ.msu.ru/sys/raw.php?o=46780&p=attachment> (дата обращения: 05.10.2020).

88. Цифровая экономика 2019. Создание стоимости и получение выгод: последствия для развивающихся стран : доклад // Официальный сайт организации ЮНКТАД: [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/der2019_overview_ru.pdf (дата обращения: 05.10.2020).

89. Цифровая экосистема экономики будущего. Доклад ПАО «Ростелеком» за 2018 год // Компания «Ростелеком»: [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: https://www.company.rt.ru/upload/iblock/f9c/AR18_Rostelecom_RU_Spreads.pdf (дата обращения: 15.03.2020).

90. Цифровизация бизнеса в России и за рубежом // ИСИиЭЗ НИУ ВШЭ: [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: https://issek.hse.ru/data/2019/10/03/1542994758/NTI_N_146_03102019.pdf (дата обращения: 15.03.2020).

91. Цифровая экономика : глобальные тренды и практика российского бизнеса // НИУ ВШЭ: [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: [https://imi.hse.ru/data/2017/10/06/1159517769/!Цифровая экономика - глобальные тренды и практика российского бизнеса.pdf](https://imi.hse.ru/data/2017/10/06/1159517769/!Цифровая%20экономика%20-%20глобальные%20тренды%20и%20практика%20российского%20бизнеса.pdf) (дата обращения: 15.03.2020).

92. Чугунов, А.В. Системы индикаторов и мониторинг развития информационного общества и экономики знаний / А.В. Чугунов // НИУ ВШЭ: [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: https://www.hse.ru/data/2010/03/05/1231452453/systems_indicators.pdf (дата обращения: 05.10.2020).

93. Экономика совместного потребления как новая экономическая модель. // Бюллетень о текущих тенденциях мировой экономики. — 2019. — № 47. — [сайт Аналитического центра при Правительстве РФ]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://ac.gov.ru/files/publication/a/23715.pdf> (дата обращения: 05.10.2020).

Периодические издания

94. Айвазян, С.А. Метод кластеризации регионов РФ с учетом отраслевой структуры ВРП / С.А. Айвазян, М.Ю. Афанасьев, А.В. Кудров // Прикладная эконометрика. — 2016. — № 1. — С.24–43. — ISSN 1993-7601.

95. Архипова, М.Ю. Разработка композитного индикатора для измерения величины и динамики цифрового неравенства в России /

М.Ю. Архипова, В.П. Сиротин, Н.А. Сухарева // Вопросы статистики. — 2018. — № 25(4). — С. 75-87. — ISSN 2313-6383.

96. Архипова, М.Ю. Региональные аспекты развития информационно-коммуникационных и цифровых технологий в России / М.Ю. Архипова, В.П. Сиротин // Экономика региона. — 2019. — № 3. — С. 670–683. — ISSN 2072-6414.

97. Бакуменко, Л.П. Статистический анализ готовности регионов к участию в цифровой экономике / Л.П. Бакуменко, Е.В. Костромина // Статистика в цифровой экономике: обучение и использование: материалы международной научно-практической конференции. — Санкт-Петербург: Издательство СПбГЭУ, 2018. — С. 18-20. — ISBN 978-5-7310-4100-3.

98. Бариленко, В.И. Бизнес-анализ как инструмент обоснования условий устойчивого развития / В.И. Бариленко // Вопросы региональной экономики. — 2015. — № 24. — С. 137-144. — ISSN 2078-4023.

99. Башина, О.Э. Возможности применения глобальных технологий BigData для повышения эффективности логистических процессов / О.Э. Башина, Л.В. Матраева // Знание. Понимание. Умение. — 2017. — № 3. — С. 186–192. — ISSN 1998-9873.

100. Башина, О.Э. К вопросу о рациональной системе показателей состояния развития научной сферы/ О.Э. Башина, В.Н. Никоненко. — Текст : электронный // Горизонты гуманитарного знания. — 2017. — № 5. — URL: <http://journals.98mosgu.ru/ggz/article/view/5> (дата обращения: 26.09.2020). — DOI 10.17805/ggz.2017.5.2.

101. Башина, О.Э. Статистическое образование в контексте шестого технологического уклада - вызовы и перспективы развития / О.Э. Башина, В.Г. Минашкин // Вопросы статистики. — 2014. — № 6. — С. 43-47. — ISSN 2313-6383.

102. Белоусов, Ю.В. Методология определения цифровой экономики. / Ю.В. Белоусов, О.И. Тимофеева // Мир новой экономики. — 2019. — № 4. — С.79–89. — ISSN 2220-7872.

103. Бессонов, В.А. Взгляд на российскую статистику со стороны пользователя / В.А. Бессонов // Вопросы статистики. — 2009. — № 5. — С.50-61. — ISSN 2313-6383.

104. Бессонов, В.А. О проблемах развития российской статистики / В.А. Бессонов // ЭКО. — 2012. — № 3. — С. 35-49. — ISSN 0131-7652.

105. Бухт, Р. Определение, концепция и измерение цифровой экономики / Р. Бухт, Р. Хикс // Вестник международных организаций. — 2018. — № 2. — С. 143–172. — ISSN 1996-7845.

106. Волченко, О.В. Динамика цифрового неравенства в России / О.В. Волченко // Мониторинг общественного мнения: Экономические и социальные перемены. — 2016. — № 5. — С. 163-182. — ISSN 2219-5467.

107. Геворгян, Р.М. Анализ состояния и развития российской телекоммуникационной отрасли в условиях цифровой экономики / Р.М. Геворгян, Л.М. Мартынов // АНИ: экономика и управление. — 2019. — № 3. — С. 133-135. — ISSN 2309-1762.

108. Гелисханов, И.З. Цифровая платформа как институт экономики нового технологического поколения / И.З. Гелисханов // материалы Международного Молодежного научного форума Ломоносов-2018. — Москва : МАКСПресс, 2018. — С. 50-54. — ISSN отсутствует.

109. Гелисханов, И.З. Цифровые платформы в экономике: сущность, модели, тенденции развития / И.З. Гелисханов, Т.Н. Юдина, А.В. Бабкин // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. — № 6. — 2018. — С. 22-36 — ISSN 2304-9774.

110. Герасименко, О.А. Экономическая сущность технологических платформ и особенности функционирования организационно-экономического механизма Евразийской сельскохозяйственной технологической платформы / О.А. Герасименко, Я.Е. Давыдова, А.А. Фролова // Прикладные экономические исследования. — 2017. — № 4. — С. 14-21. — ISSN 2313-2086.

111. Глазьев, С.Ю. Великая цифровая экономика: вызовы и перспективы для экономики XXI века / С.Ю. Глазьев // Завтра. — 2017. — № 37(1241). — С. 4-5. — ISSN отсутствует.

112. Глазьев, С.Ю. Современная теория длинных волн в развитии экономики / С.Ю. Глазьев // ЭНСР. — 2012. — № 2. — С. 27-42. — ISSN 1609-1442.

113. Головенчик, Г.Г. Рейтинговый анализ уровня цифровой трансформации экономик стран ЕАЭС и ЕС / Г.Г. Головенчик // Цифровая трансформация. — 2018. — № 3. — С. 5-18. — ISSN 2500-0608.

114. Гулый, И.М. Статистические аспекты измерения цифровой экономики / И.М. Гулый // Экономика и управление народным хозяйством. — 2018. — № 12 (181). — С. 221-225. — ISSN 2074-2290.

115. Доргушаова, А.К. Концептуальный базис и модельный инструментарий формирования экономического каркаса региона / А.К. Доргушаова. — Текст : электронный // УЭКС. — 2015. — № 11. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptualnyy-bazis-i-modelnyy-instrumentariy-formirovaniya-ekonomicheskogo-karkasa-regiona> (дата обращения: 26.09.2020). — DOI отсутствует.

116. Дятлов, С.А. Информационное неравенство стран евразийского экономического пространства в условиях гиперконкуренции / С.А. Дятлов, Т.А. Селищева // Инновации. — 2016. — №10 (216). — С. 50-60. — ISSN 2071-3010.

117. Елохов, А.М. Подходы к оценке результатов цифровой трансформации экономики России / А.М. Елохов, Т.В. Александрова // Учет. Анализ. Аудит.— 2019. — № 6. — С. 24-35. — ISSN 2408-9303.

118. Жиркевич, А.Б. Рейтинговый анализ цифровой трансформации стран с малой экономикой (на примере скандинавских стран) / А.Б. Жиркевич. — Текст : электронный // материалы 76-й научной конференции студентов и аспирантов Белорусского государственного университета. — Минск : БГУ, 2019. — С. 513-516. — URL: <http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/238159/1/513-516.pdf> (дата обращения: 05.10.2020). — DOI отсутствует.

119. Зонова, Н.С. Роль цифровой экономики в реформировании российского общества / Н.С. Зонова // Образование и наука в современных реалиях: материалы II Международной научно-практической конференции. — Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2017. — С. 296-298. — ISSN отсутствует.

120. Капранова, Л.Д. Цифровая экономика в России: состояние и перспективы развития / Л.Д. Капранова // Экономика. Налоги. Право. — 2018. — № 2. — С. 58-67. — ISSN 1999-84 9X.

121. Карапаев, О.В. Три этапа становления цифровой экономики / О.В. Карапаев, Р.М. Нуреев // Вопросы регулирования экономики. — № 2. — 2019. — С. 6-27. — ISSN 2412-6047.

122. Карышев, М.Ю. Основы статистической методики выявления экономического кластера информационно-коммуникационных технологий / М.Ю. Карышев // Экономические науки. — № 6. — С. 177-181. — ISSN 2072-0858.

123. Кешелава, А.В. Цифровые инструменты цифровой экономики: базовые вопросы и определения / А.В. Кешелава, И.Л. Хае. — Текст : электронный // Электронный журнал Интеграл. — 2019. — URL: <http://integral-russia.ru/2019/09/10/tsifrovye-instrumenty-tsifrovoj-ekonomiki-bazovye-voprosy-i-opredeleniya/> (дата обращения: 15.03.2020). — DOI отсутствует.

124. Киселева, Н.П. Методология статистического наблюдения развития региональной экономической системы / Н.П. Киселева // Проблемы современной науки и образования. — 2015. — № 3. — С.15-20. — ISSN 2304-2338.

125. Клейнер, Г.Б. Системные основы цифровой экономики / Г.Б. Клейнер // Философия хозяйства. — 2018. — № 1.— С.131-142. — ISSN 2073-6118.

126. Козырев, А.Н. Цифровая экономика и цифровизация в исторической перспективе / А.Н. Козырев // Цифровая экономика. — 2018. — № 1. — С. 5-19. — ISSN 2686-956X.

127. Кох, Л.В. Анализ существующих подходов к измерению цифровой экономики / Л.В. Кох, Ю.В. Кох // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. — 2019. — № 4. — С. 78-89. — ISSN 2304-9774.

128. Кузовкова, Т.А. Методические основы и результаты интегральной оценки цифрового развития экономики и общества / Т.А. Кузовкова, Т.Ю. Салютин, Е.Г. Кухаренко. — Текст : электронный // Электронный научный журнал «Век качества». — 2019. — № 3. — С. 106-118. — URL: <http://www.agequal.ru/pdf/2019/319007.pdf> (дата обращения: 26.09.2020). — ISSN 2500-1841.

129. Лазырин, М.С. Развитие шестого технологического уклада / М.С. Лазырин // Общество: политика, экономика, право. — 2017. — № 2. — С. 33-36. — ISSN 2071-9701.

130. Леднева, О.В. Индекс развития информационно-телекоммуникационных технологий (IDI) в зеркале статистики: сравнительная оценка / О.В. Леднева, Е.Н. Ключкова // Вестник евразийской науки. — 2015. — № 1 (26). — С. 10-17. — ISSN 2588-0101.

131. Литвак, Н.В. К вопросу о классификации концепций информационного общества / Н.В. Литвак // Социс. — 2010. — № 8. — С. 3-12. — ISSN 0132-1625.

132. Максиянова, Т.В. Влияние интернет-экономики на ВВП России / Т.В. Максиянова // Университет им. В.И. Вернадского. — № 2 (40). — 2012. — С. 177-187. — ISSN 1990-9047.

133. Мельник, М.В. Предпосылки эффективного развития цифровой экономики / М.В. Мельник, В.Н. Салин // Учет.Анализ.Аудит. — 2018. — № 6. — С.5-16. — ISSN 2408-9303.

134. Минашкин, В.Г. Статистический анализ использования цифровых технологий в организациях: региональный аспект / В.Г. Минашкин, П.Э. Прохоров // Статистика и Экономика. — 2018. — № 15(5). — С. 51-62. — DOI 10.21686/2500-3925-2018-5-51-62.

135. Османова, З.О. Мониторинг результатов цифровых трансформаций в Российской Федерации на основе национального индекса развития цифровой экономики / З.О. Османова // Научный вестник: Финансы, банки, инвестиции. — 2019. — № 3. — С. 159-167. — ISSN 2312-5330.

136. Пахомова, Л.Ф. Индустриально-информационное развитие Малайзии / Л.Ф. Пахомова // ЮВА: актуальные проблемы развития. — 2009. — № 13. — С. 225-255. — ISSN 2072-8271.

137. Положихина, М.А. Информационно-цифровое неравенство как новый вид социально-экономической дифференциации общества / М.А. Положихина // ЭСПР. — 2017. — № 2. — С. 119-139. — ISSN 1998-1791.

138. Прохоров, П.Э. Подходы к измерению вклада цифровой экономики в валовой внутренний продукт РФ / П.Э. Прохоров // Вестник РЭА им. Г.В. Плеханова. — 2019. — № 5 (107). — С. 37-45. — ISSN 2413-2829.

139. Прохорова, М.М. Анализ больших данных как перспективный метод анализа данных в отечественной статистике / М.М. Прохорова // Глобальная экономика в XXI веке: роль биотехнологий и цифровых технологий : Сборник научных статей по итогам работы четвертого круглого стола с международным участием (15-16 июня 2020 г.) / Высшая школа МВА Integral (корпоративный университет); ответственный редактор В. Б. Соловьев. — Москва, 2020. — С. 116-120. — ISBN 978-5-6044721-8-7.

140. Прохорова, М.М. Основные направления совершенствования системы показателей государственной статистики цифровой экономики / М.М. Прохорова // Экономика и предпринимательство. — 2020. — № 10. Том 14. — С. 1259-1263. — ISSN 1999-2300.

141. Прохорова, М.М. Основные направления совершенствования методики статистического анализа цифровой экономики / М.М. Прохорова // Вестник Евразийской науки. — 2020. — № 5. Том 12. — ISSN 2588-0101. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL : <https://esj.today/PDF/50ECVN520.pdf>. (дата обращения: 07.11.2020).

142. Прохорова, М.М. Перспективы развития компаний телекоммуникационной отрасли / М.М. Прохорова // Наука на современном этапе: вопросы, достижения, инновации : материалы II Международной научно-практической конференции ; ответственный редактор Д.А. Шелестов. — Тюмень : Издательский центр «Quantum», 2018. — С. 135-139. — ISSN 2587-6244. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL : https://alley-science.ru/domains_data/files/Conference/MK-16%20sbornik.pdf. (дата обращения: 07.11.2020).

143. Прохорова, М.М. Применение факторного анализа для построения Индекса цифровизации регионов РФ / М.М. Прохорова // Russian Economic Bulletin / Российский экономический вестник. — 2020. — № 4. Том 3. — С. 77-82. — ISSN 2658-5286. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL : <http://dgpu-journals.ru/wp-content/uploads/2020/09/prohorova.pdf> (дата обращения: 07.11.2020).

144. Прохорова, М.М. Совершенствование методологии статистического анализа телекоммуникационной отрасли / М.М. Прохорова // Экономика: вчера, сегодня, завтра. — 2019. — № 3А. Том 9. — С. 383-389. — ISSN 2222-9167. — Текст : электронный. — DOI 10.34670/AR.2019.89.3.041. — URL : <http://www.publishing-vak.ru/file/archive-economy-2019-3/41-prokhorova.pdf>. (дата обращения: 07.11.2020)

145. Прохорова, М.М. Статистические показатели и индикаторы развития рынка телекоммуникационных услуг в контексте цифровизации экономики / М.М. Прохорова // Экономика: вчера, сегодня, завтра. — 2020. — № 2А. Том 10. — С. 149-155. — ISSN 2222-9167. — Текст : электронный. — DOI 10.34670/AR.2020.26.36.012. — URL : <http://www.publishing-vak.ru/file/archive-economy-2020-2/12-prokhorova.pdf>. (дата обращения: 07.11.2020)
146. Прохорова, М.М. Формирование научно-методического базиса экономико-статистического исследования информационных технологий / М.М. Прохорова // Московский экономический журнал. — 2019. — № 10/2019. — ISSN 2413-046X. — Текст : электронный. — DOI 10.24411/2413-046X-2019-10051. — URL: <https://qje.su/ekonimicheskaya-teoriya/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-10-2019-56>. (дата обращения: 07.11.2020).
147. Прохорова, М.М. Эконометрическое моделирование индикаторов развития цифровой экономики на основе межстрановых сравнений показателей проникновения услуг сотовой связи / М.М. Прохорова // Modern economy success. — 2020. — № 4. — С. 257-262. — ISSN 2500-3747. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL : <http://mes-journal.ru/archives/10299> (дата обращения: 07.11.2020).
148. Пузиков, Д.С. Особенности развития рынка телекоммуникаций / Д.С. Пузиков // Вопросы экономики и права. — 2011. — № 5. — С.153-155. — ISSN 2072-5574.
149. Ревенко, Н.С. Новые контуры цифровизации за рубежом и в России: экономика совместного потребления / Н.С. Ревенко // Экономика. Налоги. Право. — 2018. — № 2. — С. 103-109. — ISSN 1999-84 9X.
150. Рябова, Е.В. Выявление и анализ факторов, влияющих на развитие телекоммуникационной отрасли / Е.В. Рябова, Е.В. Сафронова // Финансовая аналитика: проблемы и решения. — 2016. — № 16 (298). — С. 53-66. — ISSN 2073-4484.
151. Сафиуллин, А.Р. Цифровое неравенство: Россия и страны мира в условиях четвертой промышленной революции / А.Р. Сафиуллин, О.А. Моисеева // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. — 2019. — № 6. — С. 26-37. — ISSN 2304-9774.
152. Стернин, И.А. О понятиях метод, методика, прием / И.А. Стернин // Вопросы психолингвистики. — 2008. — № 7. — С. 12-25. — ISSN 2077-5911.
153. Стрелкова, И.А. Цифровая экономика: новые возможности и угрозы для развития мирового хозяйства / И.А. Стрелкова // Экономика. Налоги. Право. — 2018. — №2. — С. 18-26. — ISSN 1999-84 9X.
154. Халин, В.Г. Цифровизация и ее влияние на российскую экономику и общество: преимущества, вызовы, угрозы и риски / В.Г. Халин, Г.В. Чернова

// Управленческое консультирование. — № 10. — 2018. — С. 46-63. — ISSN 1726-1139.

155. Хохлов, Ю.Е. Электронное государственное управление в странах СНГ / Ю.Е. Хохлов // Информационное общество. — 2018. — № 4. — С. 81-91. — ISSN 1605-9921.

156. Шаль, А.В. Технологии больших данных в статистике / А.В. Шаль // Учет и статистика. — 2017. — № 2. — С. 81—87. — ISSN 1994-0874.

157. Эскиндаров, М.А. Риски и шансы цифровой экономики в России / М. А. Эскиндаров, В.В. Масленников, О.В. Масленников // Финансы: теория и практика. — 2019. — № 23. — С. 6-17. — ISSN 2587-7089.

Иностранные источники

158. 2018 BSA global cloud computing scorecard = Глобальный оценочный лист использования облачных вычислений странами // Данные с официального сайта торговой ассоциации Business Software Alliance. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: https://cloudscorecard.bsa.org/2018/pdf/BSA_2018_Global_Cloud_Scorecard.pdf. (дата обращения: 15.03.2020).

159. Analysis Cellular M2M forecasts and assumptions: 2010—2020 = Анализ проникновения симкарт интернета вещей: прогнозы и предположения // Ассоциация операторов мобильной связи GSMA[сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2016/09/GSMA-Intelligence-Cellular-M2M-forecasts-2010-2020.pdf>. (дата обращения: 15.06.2020).

160. Apokin, A.Yu. How R&D expenditures influence total factor productivity and technical efficiency? = Как расходы на НИОКР влияют на совокупную производительность факторов производства и техническую результативность / А.Ю. Апокин, I.B. Ipatova. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL <https://www.hse.ru/data/2016/03/24/1127939203/128EC2016.pdf>. (дата обращения: 05.10.2020).

161. Influence of Information Technologies on Production Efficiency: Estimation on Basis of Algorithms for Machine Learning. Sustainable Growth and Development Of Economic Systems = Влияние информационных технологий на эффективность производства: оценка на базе алгоритмов машинного обучения / O.V. Bakanach, N.V. Proskurina, N.P. Persteneva, M.Yu. Karyshev // Springer. — 2019. — С. 195-205. — ISSN 1431-1933. — URL: <https://www.springer.com/gp/book/9783030117535> (дата обращения: 15.06.2020).

162. Correlation model map between the ICT industry growths with GDP growth = Корреляционная модель взаимодействия между ростом в ИКТ

индустрии и ВВП // Официальный портал исследовательских работ Researchgate [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: https://www.researchgate.net/publication/301408344_Correlation_model_map_between_the ICT_industry_growths_with_GDP_growth. (дата обращения: 15.06.2020).

163. Fortanier, Fabienne. Measuring Digital Trade: Towards a Conceptual Framework = Измерение цифровой торговли: на пути к концептуальной основе / Fabienne Fortanier, Javier Lopez Gonzalez // Официальный сайт ОЭСР [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=STD/CS SP/WPTG S\(2017\)3&docLanguage=En](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=STD/CS SP/WPTG S(2017)3&docLanguage=En). (дата обращения: 15.06.2020).

164. Iacovone, Leonardo. ICT adoption and wage inequality : evidence from Mexican firms. = Внедрение ИКТ и неравенство в оплате труда: данные мексиканских фирм. (2018) / Leonardo Iacovone, Mariana Pereira-López // Сайт Semantic Scholar[сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: https://pdfs.semanticscholar.org/e22e/f7e685067c3f491d952cb4bb4b5f059a60ba.pdf?_ga=2.131411531.596922934.1591261303-1074952237.1591261303. (дата обращения: 15.06.2020).

165. ICT usage in enterprises in 2018 = Использование ИКТ на предприятиях в 2018 году // Данные с сайта Евростат[сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/9447642/9-13122018-BP-EN.pdf/731844ac-86ad-4095-b188-e03f9f713235> (дата обращения: 15.06.2020).

166. International Digital Economy and Society Index 2018 = Международный индекс цифровизации экономики и общества // Официальный сайт Евростата [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/international-digital-economy-and-society-index-2018>. (дата обращения: 15.06.2020).

167. International e-commerce in Africa: the way forward=Международная интернет-торговля в Африке: путь вперед. // Официальный сайт международного торгового центра в ООН [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: http://www.intracen.org/uploadedFiles/intracenorg/Content/Publications/International%20E-Commerce%20in%20Africa_Low-res.pdf (дата обращения: 15.06.2020).

168. IT and internet industry=ИТ и интернет индустрия - Office for National Statistics // Сайт статистического агентства Великобритании [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://www.ons.gov.uk/businessindustryandtrade/> (дата обращения: 15.06.2020).

169. Kaneva, M. Telecommunications infrastructure and GDP/Jipp curve = Телекоммуникационная инфраструктура и ВВП/Кривая Джиппа / М. Kaneva // Electronic journal "Economics and computer science". — 2019. — № 1. — С. 6-29. — ISSN 2367-7791.

170. Katz, M. Network externalities, competition, and compatibility=Внешние сетевые эффекты, конкуренция и сопоставимость / М. Katz, С. Shapiro // American Economic Review. — 1985. — №75. — С. 424-440. — ISSN отсутствует.

171. Katz, R. The Economic Impact of Telecommunications in Senegal = Экономическое воздействие телекоммуникаций в Сенегале / R. Katz, P. Koutroumpis // Communications & Strategies. — 2012. — №86. — С. 21-42. — ISSN отсутствует.

172. Keating, V. Economic dimensions of telecommunications access = Экономические измерения доступа к телекоммуникационным услугам / В.Р. Keating // International Journal of Social Economics. — 2001. — № 28. — С. 879-898. — ISSN отсутствует.

173. Malaysia's digital economy = Цифровая экономика Малайзии // Всемирный банк [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <http://documents.worldbank.org/curated/en/435571536244480293/pdf/129777-WP-PUBLIC-sept-11-1pm-World-Bank-2018-Malaysia-Digital-Economy-report.pdf> (дата обращения: 15.06.2020).

174. Measuring the Digital economy 2018 IMF = Измерение цифровой экономики 2018 МВФ // Официальный сайт МВФ [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://www.imf.org/en/Publications/Policy-Papers/Issues/2018/04/03/022818-measuring-the-digital-economy> (дата обращения: 15.06.2020).

175. Measuring the Gig Economy: Current Knowledge and Open Issues = Измерение сдельной экономики: текущие знания и открытые вопросы / К. Abraham, J. K. Haltiwanger, K. Sandusky, J. Spletzer // Институт экономики труда (международная организация) [сайт]. — Текст : электронный. — 2017. — 51 р. — DOI отсутствует. — URL: http://conference.iza.org/conference_files/Statistic_2017/abraham_k16798.pdf (дата обращения: 05.10.2020).

176. Measuring the Information Society Report 2018=Отчет об измерении информационного общества 2018 // Международный союз электросвязи [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/misr2018.aspx> (дата обращения: 15.06.2020).

177. OECD Guide to Measuring the Information Society 2011= ОЭСР Руководство по измерению информационного общества 2011 // Сайт библиотеки ОЭСР[сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL:

https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-guide-to-measuring-the-information-society-2011_9789264113541-en#page24. (дата обращения: 15.06.2020).

178. Rossotto, C.M. A sector assessment: broadband in Russia = Секторальная оценка: Широкополосной доступ в Интернет в России / C.M. Rossotto, N. Gelvanovska, Y. Hohlov [et al]. // Всемирный Банк: [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: (дата обращения: 05.10.2020).

179. Sample, I. Joseph Stiglitz on artificial intelligence: 'We're going towards a more divided society' = Мы на пути к большому цифровому разрыву / I. Sample // The Guardian [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://www.theguardian.com/technology/2018/sep/08/joseph-stiglitz-on-artificial-intelligence-were-going-towards-a-more-divided-society> (дата обращения: 15.06.2020).

180. Tapscott, D. The Digital Economy: Promise and Peril In The Age of Networked Intelligence = Цифровая экономика: обещание и опасность в век сетевого интеллекта / D. Tapscott. — NY : McGraw-Hill, 1994. — 368 с. — ISBN отсутствует.

181. The 10 countries best prepared for the new digital economy = 10 стран наиболее подготовленных к новой цифровой экономике// WEF [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://www.weforum.org/agenda/2016/07/countries-best-prepared-for-the-new-digital-economy/>. (дата обращения: 15.03.2020).

182. The digital divide: the Internet and social inequality in international perspective = Цифровой разрыв: интернет и социальное неравенство в международной перспективе // Официальный сайт НИУ ВШЭ[сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://publications.hse.ru/mirror/pubs/share/folder/vloaeshjae/direct/88713805.pdf> (дата обращения: 15.03.2020).

183. The economic contribution of broadband, digitization and ICT regulation. = Вклад в экономику интернета, цифровизации и регулирования ИКТ// ITU[сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/pref/D-PREF-EF.BDR-2018-PDF-E.pdf(дата обращения: 15.03.2020).

184. The Economic Review of Industrial Design in Europe — Final Report. 2015 = Экономический обзор индустриального дизайна в Европе // Europe economics [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://www.europe-economics.com> (дата обращения: 15.03.2020).

185. UK Digital Strategy 2017 = Цифровая стратегия Великобритании // UK Government [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL :

<https://www.gov.uk/government/publications/uk-digital-strategy/uk-digital-strategy>. (дата обращения: 15.03.2020).

186. Ward M. Mobile Telecommunications Infrastructure and Economic Growth: Evidence from China / Michael R. Ward, Shilin Zheng // Электронный журнал SSRN [сайт]. — Текст : электронный. — DOI 10.2139/ssrn.2355509.

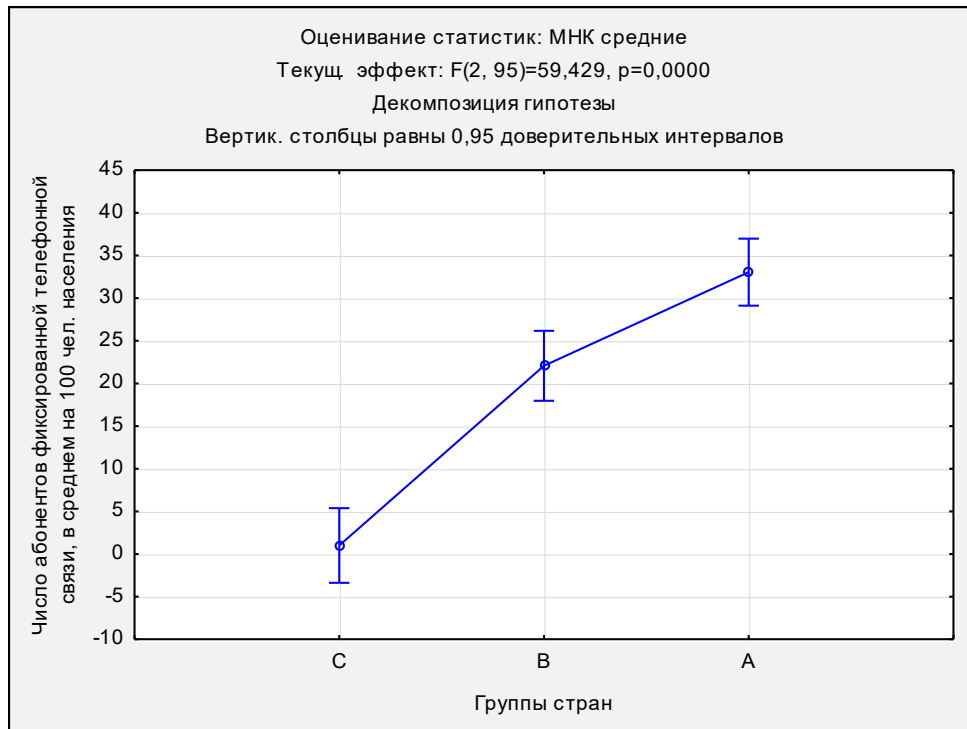
— URL https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2355509 (дата обращения: 15.06.2020).

187. World statistics on ICT usage // Сайт МСЭ [сайт]. — Текст : электронный. — DOI отсутствует. — URL: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx> (дата обращения: 15.06.2020).

Приложение А

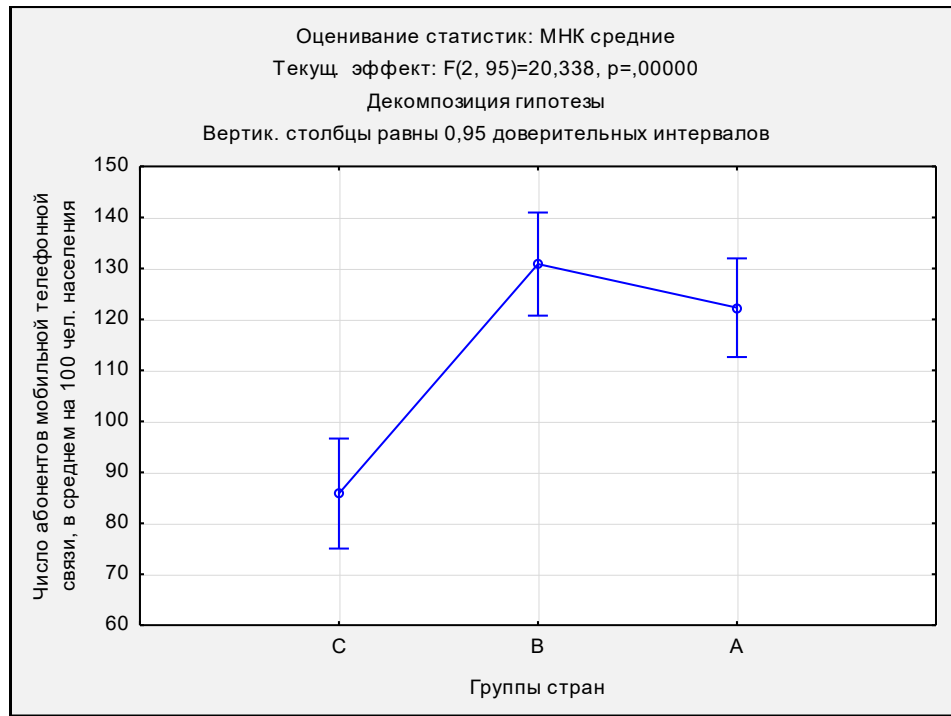
(информационное)

Результаты дисперсионного анализа для совокупности стран мира по показателям проникновения телекоммуникаций в зависимости от уровня экономического развития



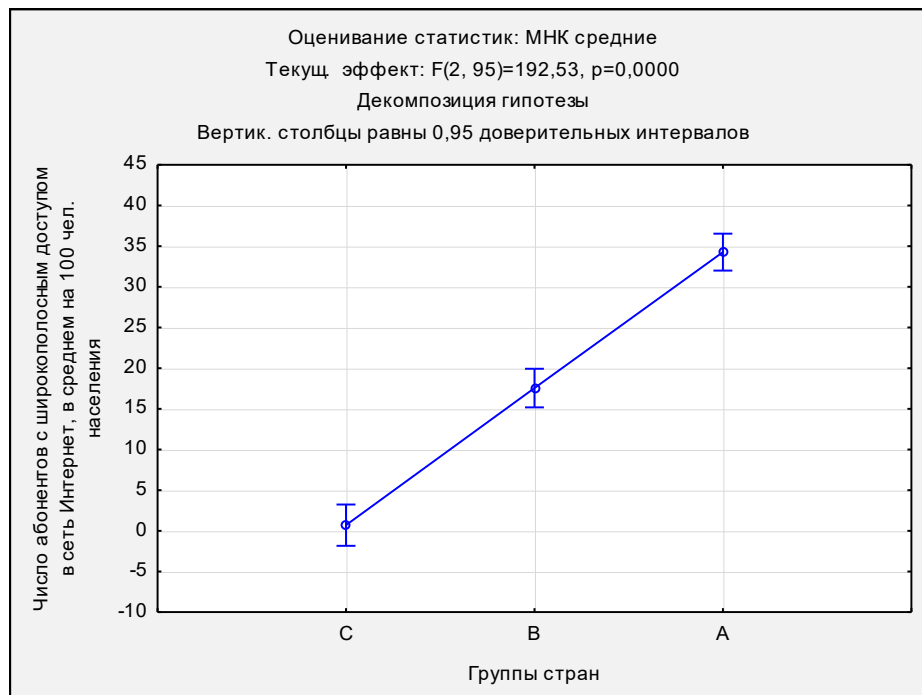
Источник: составлено автором по материалам [187].

Рисунок А.1 — Дифференциация уровней проникновения фиксированной телефонной связи



Источник: составлено автором по материалам [187].

Рисунок А.2 — Дифференциация уровней проникновения мобильной телефонной связи



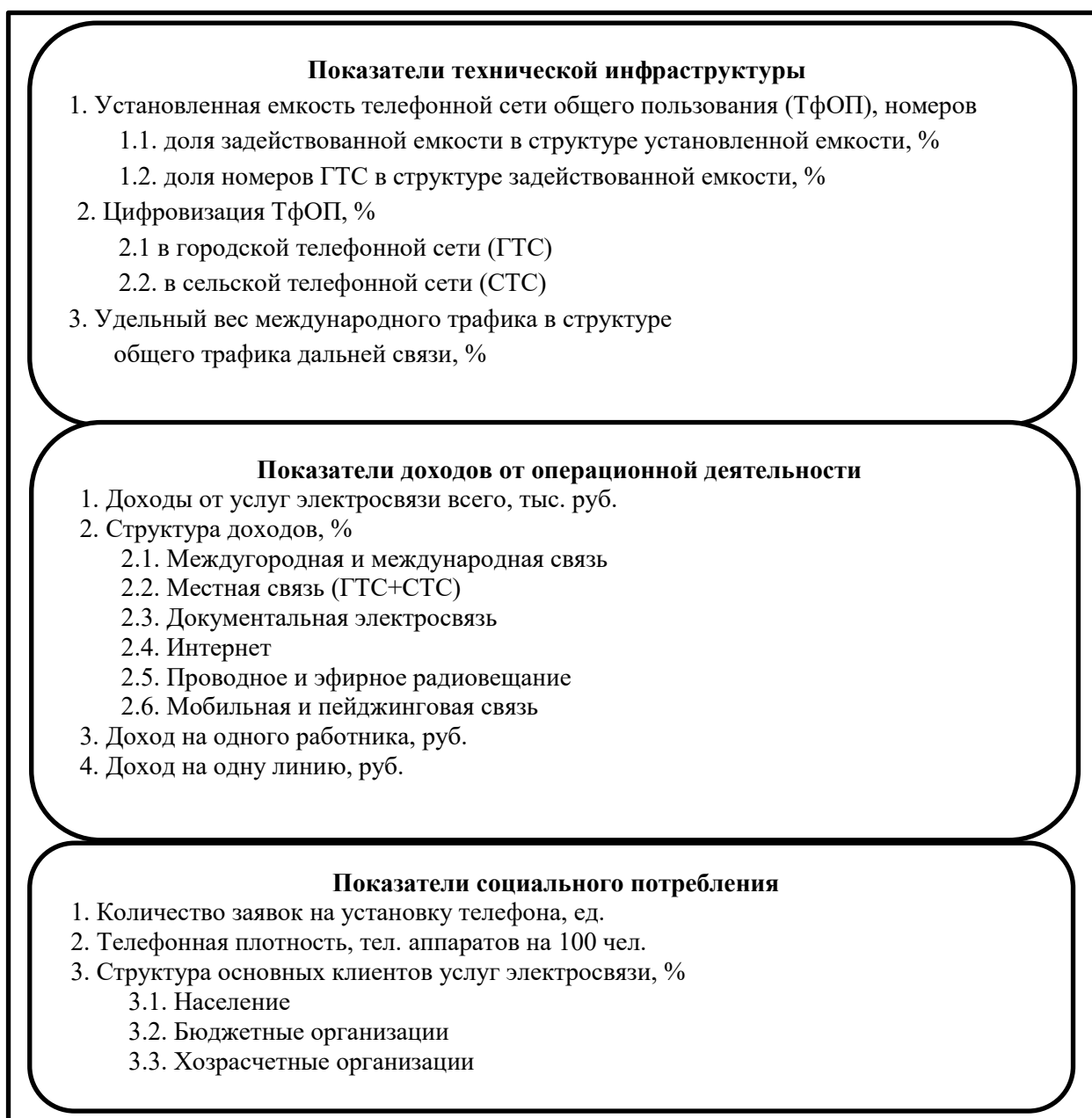
Источник: составлено автором по материалам [187].

Рисунок А.3 — Дифференциация уровней проникновения ШПД

Приложение Б

(информационное)

Обзор существующих систем показателей и индикаторов, характеризующих отрасль телекоммуникаций на различных уровнях



Источник: составлено автором по материалам [74].

Рисунок Б.1 — Система статистических показателей телекоммуникационной компании-оператора связи ОАО «Связьинвест»

Группировка показателей по виду электросвязи

Местная телефонная связь
Междугородная, внутрizonовая и международная телефонная связь
Подвижная связь
Документальная электросвязь
Радиовещание и телевидение

Группы показателей технической инфраструктуры

Показатели инвестиций в основной капитал
Показатели основных фондов и ввода в действие производственных мощностей
Показатели производства и импорта средств связи
Международные сравнения обеспеченности средствами связи

Группы финансово-экономических показателей

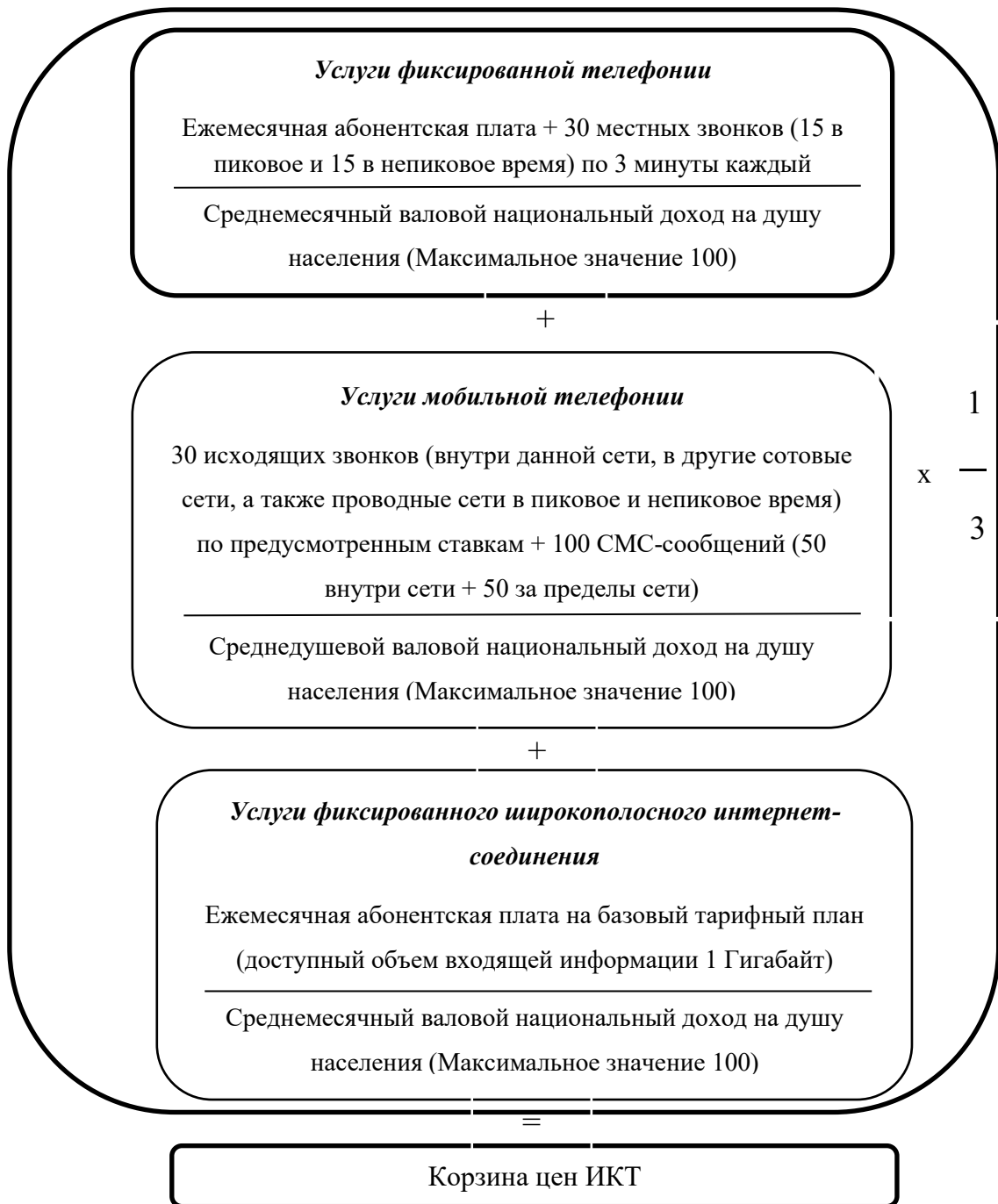
Основные экономические показатели
Труд и оплата труда
Финансы и тарифы
Проведение торгов для нужд субъектов естественных монополий

Источник: составлено автором по материалам [74; 82].

Рисунок Б.2 — Блок и системы показателей ведомственной статистической отчетности в области электросвязи

Приложение В
(информационное)

**Декомпозиция базовых международных индикаторов развития
информационно-коммуникационных технологий**



Источник: составлено автором по материалам [187].

Рисунок В.1 — Схема исчисления размера Корзины цен ИКТ (начальный вариант)

Таблица В.1 — Структура интегрального показателя «Индекс развития ИКТ»

Наименования показателей и субиндексов	Весовые коэффициенты	
	показатели	индексы
<i>Индекс готовности ИКТ</i>	х	0,40
1. Число договоров на предоставление услуг проводной телефонии, ед. на 100 жителей	0,20	х
2. Число договоров на предоставление услуг мобильной телефонии, ед. на 100 жителей	0,20	х
3. Скорость международного широкополосного интернет-соединения. Мбит/сек на одного интернет-пользователя	0,20	х
4. Удельный вес домашних хозяйств, имеющих компьютер, процентов	0,20	х
5. Удельный вес домашних хозяйств, имеющих доступ в сеть Интернет, процентов	0,20	х
<i>Индекс использования ИКТ</i>	х	0,40
6. Удельный вес физических лиц, использующих сеть Интернет, процентов	0,33	х
7. Число договоров на предоставление услуг проводного широкополосного интернет-соединения, ед. в среднем на 100 жителей	0,33	х
8. Число договоров на предоставление услуг мобильного широкополосного интернет-соединения, ед. в среднем на 100 жителей	0,33	х
<i>Индекс навыков работы с ИКТ</i>		0,40
9. Удельный вес населения взрослого возраста, обученных письму и счету, процентов	0,33	х
10. Удельный вес граждан, имеющих средний уровень образования, процентов	0,33	х
11. Удельный вес граждан, имеющих уровень образования выше среднего, процентов	0,33	х

Источник: составлено автором по материалам [187].

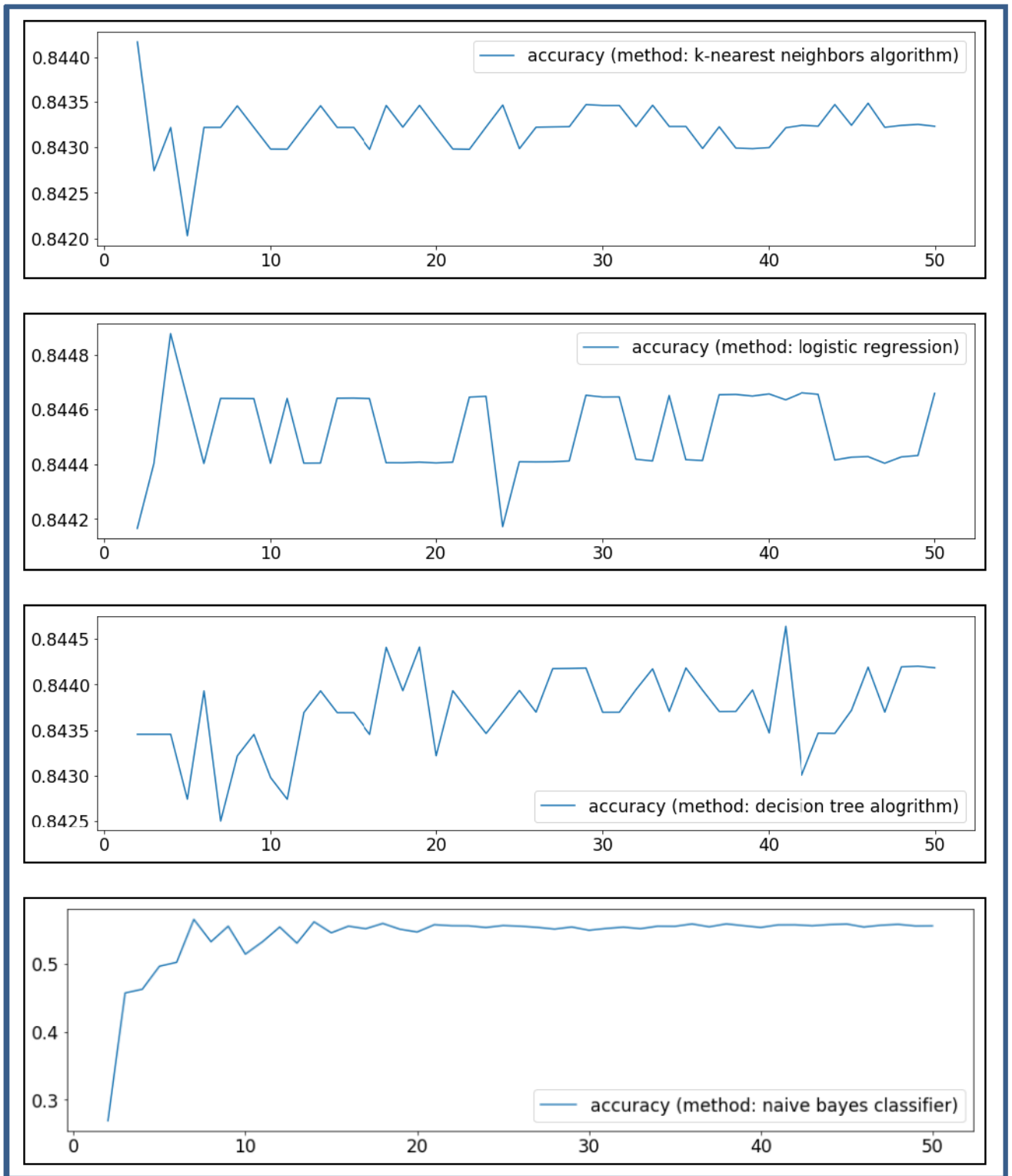
Приложение Г
(информационное)

Промежуточные результаты построения алгоритма машинного обучения на данных «Telecom Data Cup — CSI Analyze»

Таблица Г.1 — Оценка качества результатов обучения (с учителем) вариантных моделей бинарного классификатора на перекрестных выборках

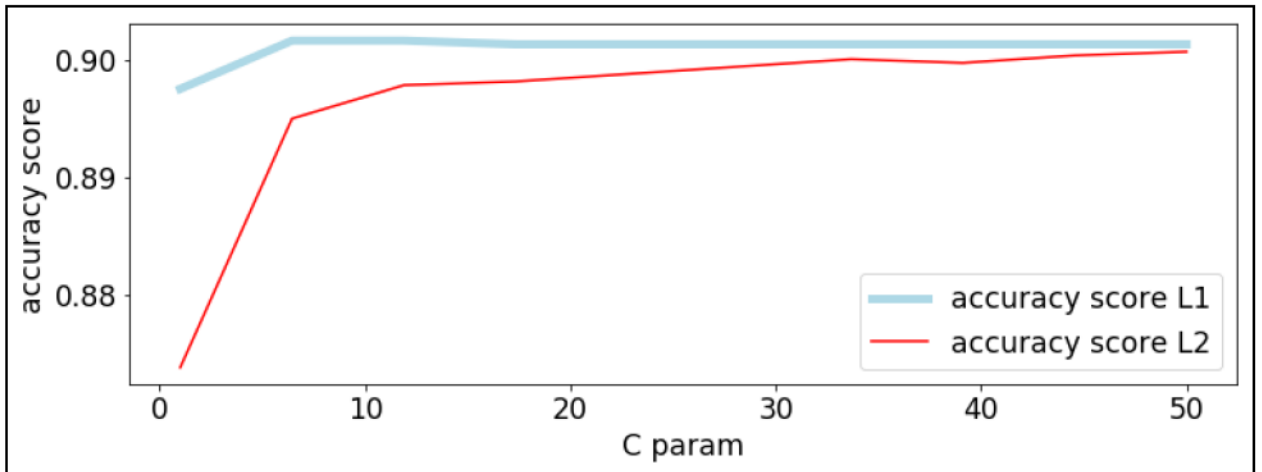
Алгоритм классификации	Метрика качества (accuracy) ¹		
	минимум	среднее	максимум
Метод k ближайших соседей	0,842 (4)	0,843	0,842 (1)
Логистическая регрессия	0,844 (1)	0,845	0,845 (3)
Дерево принятия решений	0,843 (6)	0,844	0,845 (40)
Наивный байесовский классификатор	0,269 (1)	0,541	0,566 (6)
Примечание — В скобках указано число выборок, на которых было получено значение метрики			

Источник: составлено автором на основе данных [57].



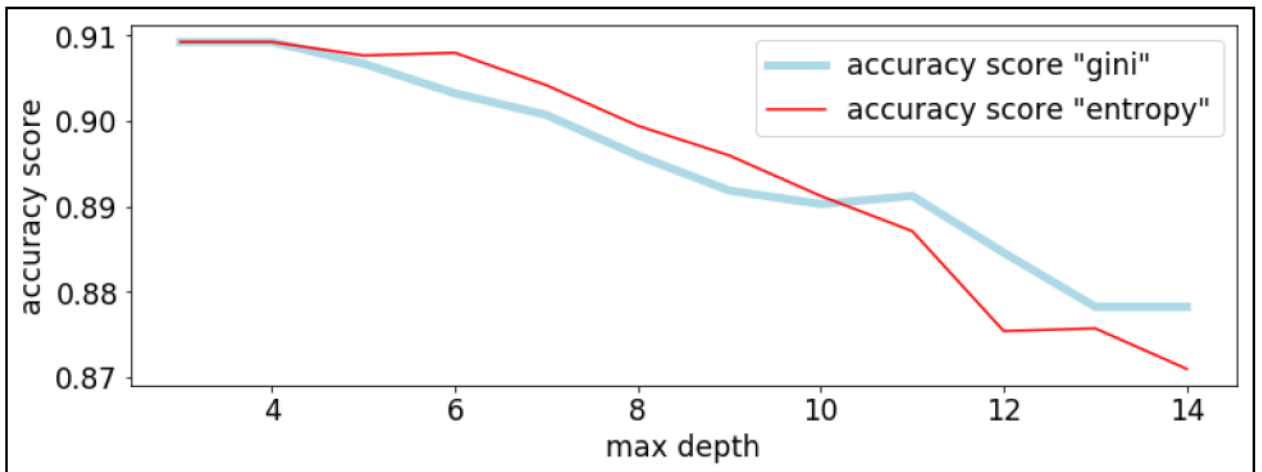
Источник: составлено автором.

Рисунок Г.1 — Диаграммы качества классификации абонентов на перекрестных выборках по признаку лояльности к компании-оператору связи



Источник: составлено автором.

Рисунок Г.2 — Зависимость качества обучения модели логистической регрессии от показателя инверсии степени ее регуляризации — параметра C



Источник: составлено автором.

Рисунок Г.3 — Зависимость качества обучения модели дерева решений от показателя разнообразия ее структуры (глубины ветвления)

Приложение Д
(информационное)

Построение интегрального показателя для оценки уровня цифровизации регионов России

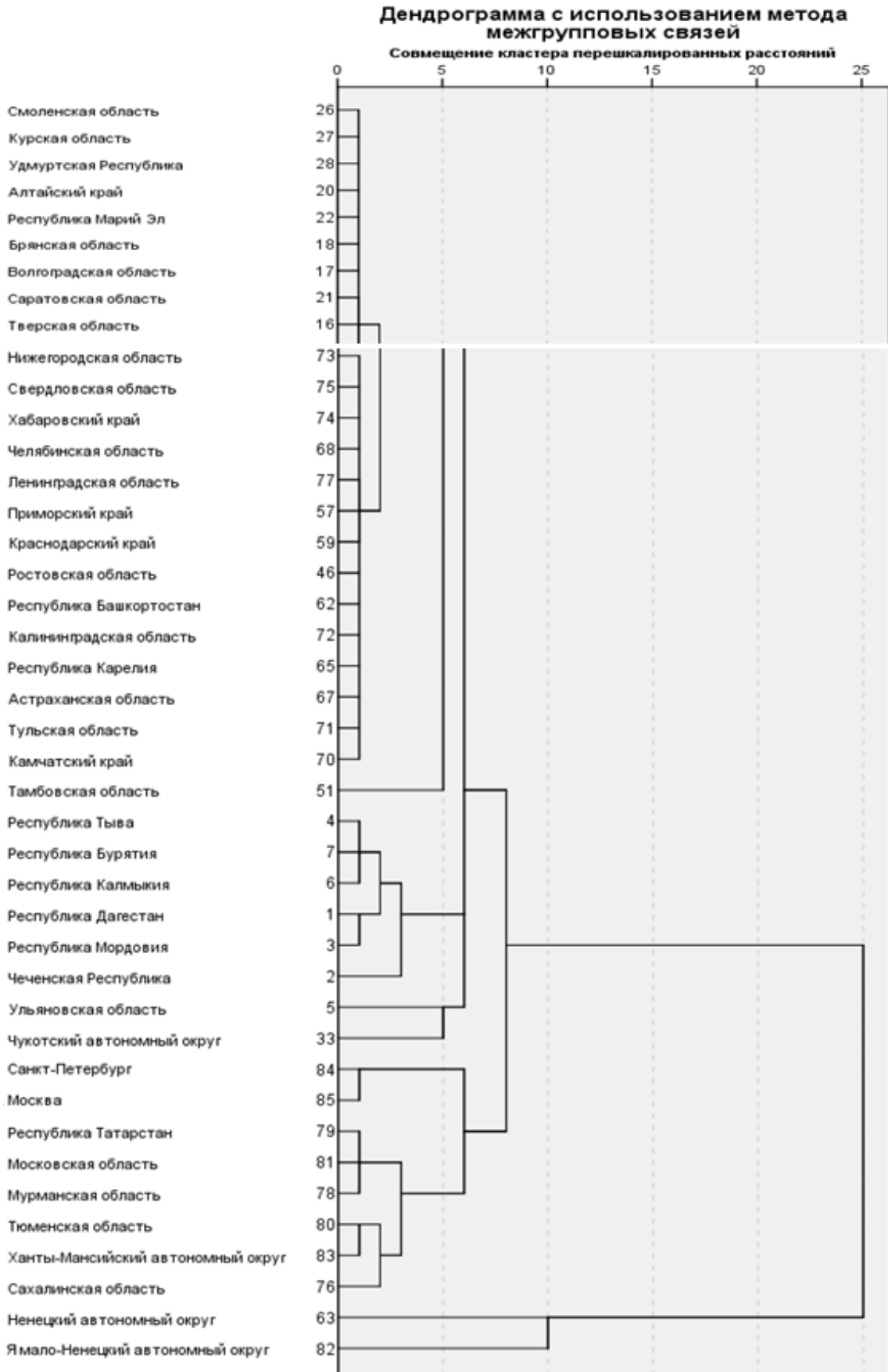
Таблица Д.1 — Группировка регионов России по значениям Индекса цифровизации общества и экономики

Группа	Регион
от 0 до 35	Еврейская автономная область
	Республика Бурятия
	Республика Дагестан
	Республика Калмыкия
	Республика Мордовия
	Республика Тыва
	Ульяновская область
	Чеченская Республика
от 35 до 40	Алтайский край
	Амурская область
	Брянская область
	Волгоградская область
	Забайкальский край
	Кабардино-Балкарская Республика
	Кировская область
	Костромская область
	Курганская область
	Новосибирская область
	Омская область
	Орловская область
	Республика Марий Эл
	Республика Северная Осетия — Алания
	Республика Хакасия
	Саратовская область
Тверская область	
от 40 до 45	Архангельская область
	Владимирская область
	Вологодская область
	Воронежская область
	г. Севастополь
	Ивановская область
	Иркутская область
	Калужская область
	Карачаево-Черкесская Республика
	Кемеровская область
	Красноярский край

Продолжение таблицы Д.1

Группа	Регион
от 40 до 45	Курская область
	Липецкая область
	Магаданская область
	Новгородская область
	Оренбургская область
	Пензенская область
	Пермский край
	Приморский край
	Псковская область
	Республика Адыгея
	Республика Алтай
	Республика Коми
	Республика Крым
	Республика Саха (Якутия)
	Ростовская область
	Рязанская область
	Самарская область
	Смоленская область
	Тамбовская область
	Томская область
Удмуртская Республика	
Чукотский автономный округ	
от 45 до 50	Астраханская область
	Белгородская область
	Калининградская область
	Камчатский край
	Краснодарский край
	Ленинградская область
	Мурманская область
	Ненецкий автономный округ
	Нижегородская область
	Республика Башкортостан
	Республика Ингушетия
	Республика Карелия
	Республика Татарстан
	Сахалинская область
	Свердловская область
	Ставропольский край
	Тульская область
	Хабаровский край
	Челябинская область
	Чувашская Республика
Ярославская область	
больше 50	г. Москва и Московская область
	г. Санкт-Петербург
	Тюменская область
	Ханты-Мансийский автономный округ
	Ямало-Ненецкий автономный округ

Источник: составлено автором.



Источник: составлено автором.

Рисунок Д.1 — Изображение дендрограммы регионов с использованием метода межгрупповых связей

Таблица Д.2 — Состав региональных кластеров по уровню цифровизации

Кластер	Входящие в состав регионы
1	Воронежская, Владимирская, Белгородская, Ивановская, Калининградская, Ленинградская, Нижегородская, Новгородская, Приморский Край, республика Адыгея, республика Башкортостан, республика Ингушетия, республика Карелия, республика Крым, Свердловская область, Ставропольский край, Тамбовская область, Хабаровский край, Челябинская область, Чувашская республика, Ярославская область
2	Еврейская автономная область, Кировская область, Курганская область, республика Бурятия, республика Дагестан, република Калмыкия, республика Мордовия, Чеченская республика
3	Алтайский край, Архангельская область, Брянская область, Вологодская область, Забайкальский край, Калужская область, Липецкая область, Орловская область, Пензенская область, Псковская область, Республика Марий Эл, Республика Хакасия, Рязанская область, Ульяновская область
4	Амурская область, Волгоградская область, г. Севастополь, Кабардино-Балкарская республика, Кабарачаево-Черкесская республика, Костромская область, Курская область, Новосибирская область, Омская область, Республика Алтай, Республика Северная Осетия-Алания, Ростовская область, Саратовская область, Смоленская область, Тверская область
5	Камчатский край, Краснодарский край, Московская область, Мурманская область, Тульская область
6	Москва, Санкт-Петербург

Источник: составлено автором.