



**ИНСТИТУТ
ЭКОНОМИКИ**
УНИВЕРСИТЕТ ЛОБАЧЕВСКОГО

Математическое и компьютерное моделирование и бизнес-анализ в условиях цифровизации экономики

Сборник научных статей по итогам
VI Всероссийского научно-практического семинара
«Математическое и компьютерное моделирование и
бизнес-анализ в условиях цифровизации экономики»
(22 апреля 2026 года)
Электронное издание

Нижний Новгород, 2026

УДК 330.4(075.8)

ББК 65.05

М 34

Редакционная коллегия:

к.ф.-м.н., доцент Семенов А.В.,

к.ф.-м.н. Капитанова О.В.

М 34 Математическое и компьютерное моделирование и бизнес-анализ в условиях цифровизации экономики. Сборник научных статей по итогам VI Всероссийского научно-практического семинара «Математическое и компьютерное моделирование и бизнес-анализ в условиях цифровизации экономики» (22 апреля 2026 г.). Электронное издание/ ред. кол. – А.В. Семенов, О.В. Капитанова. – Н. Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2026. – 239 с.

Сборник включает в себя тексты докладов и статей, рассмотренные в рамках VI Всероссийского научно-практического семинара «Математическое и компьютерное моделирование и бизнес-анализ в условиях цифровизации экономики» (22 апреля 2026 г.).

Материалы публикуются в авторской редакции.

УДК 330.4(075.8)

ББК 65.05

© Национальный исследовательский
Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

Бабичева Н.Э., Гуртовая И.Н. <i>Использование динамических нормативов в анализе финансово-хозяйственной деятельности экономических субъектов</i>	5
Бутуева О.А. <i>Цифровая грамотность в системе высшего образования: вызовы и перспективы</i>	12
Беспалько А.А., Камскова И.Д., Горская Н.Н., Шестерикова Н.В. <i>Применение BI-систем для анализа рекламных кампаний на примере DATALENS</i>	20
Беспалько А.А., Строганова Н.В., Тощев А.П., Тутынина О.И. <i>Роль нейросетей в продвижении сайтов</i>	28
Бичурин Э.В. <i>Разработка подходов к оценке компетентности персонала с использованием методов машинного обучения</i>	35
Винник В.К. <i>Цифровые навыки сотрудников как основа внедрения искусственного интеллекта в бизнес-процессы</i>	41
Горская Н.Н., Ганюшина А.М. <i>Социальные сети как инструмент развития бизнеса в условиях цифровизации</i>	48
Граница Ю.В. <i>Проектирование многозадачной нейронной сети с многовходовой архитектурой для прогнозирования региональных бюджетных индикаторов</i>	53
Гульм А.С. <i>Анализ эффективности системы KPI во взаимосвязи с внутренней и внешней мотивацией сотрудников на основе теории самодетерминации</i>	59
Дьяков А.В. <i>Типология регионов Республики Казахстан на базе структуры экономики по видам экономической деятельности</i>	65
Зеленая Е.А. <i>Инновационный потенциал региона в условиях цифровизации</i>	72
Камскова И.Д., Колотиллов Д.И. <i>Подготовка данных для кластерного анализа рынка умных часов: от сырых датасетов к обоснованию вывода нового продукта</i>	77
Капитанова О.В., Липатова Л.В. <i>Кластерный анализ социокультурной структуры регионов России</i>	89
Карелина В.С., Кукушина О.С. <i>Анализ ключевых глобальных тенденций и их влияния на формирование будущей мировой экономической системы</i>	100
Крутовская Л.А., Кукушина О.С. <i>Рынок труда Новгородской области: динамика 2015–2026 годов и векторы развития до 2030 года</i>	104
Кузенков О.А., Рябова Е.А. <i>Человеческий капитал в экономике знаний: моделирование динамики IT-сообщества</i>	115
Ладынин А.И. <i>Некоторые проблемы рынка искусственного интеллекта в России</i>	123

Ларичев И.С. Сравнительный анализ моделей машинного обучения для определения спама в текстовых сообщениях.....	130
Лофиченко А.А. Верификация региональных макроэкономических показателей на основе мультимодального синтеза данных дистанционного зондирования земли.....	135
Лутошкин И.В., Рыбина М.С. Минимизация времени формирования коллективного иммунитета в условиях массового заболевания	147
Лутошкин И.В., Скотовиков Н.А. Модель управления экономической системой в условиях массового заболевания с учетом критерия быстрогодействия.....	157
Малкина М.Ю., Капитанова О.В., Семенов А.В., Рогачев Д.Ю. От математической модели к цифровому двойнику: эволюция концепций	164
Муранова Т.Д. Применение искусственного интеллекта в инновационном развитии отраслей сферы услуг (на примере торговли).....	170
Перова В.И., Тапия Харамилльо Н.С. Нейронные сети в исследовании динамики социально-экономического развития Республики Перу	176
Петрова Н.В., Кукушина О.С. Моделирование финансовых показателей в условиях нестабильной внешней среды	182
Плехова Ю.О., Перова В.И., Миронова А.Д. Нейронные сети в оценке развития социально-демографической сферы регионов России	188
Рисун М.И. Применение машинного обучения для создания цифрового двойника складской логистики.....	194
Рузанов П.А. Методология работы с большими данными на основе платформы APACHE HADOOP.....	200
Семенов А.В., Перова В.И., Шанин И.Д. Нейросетевая кластеризация регионов России по экологическому благополучию в контексте национальных целей государств.....	207
Сергеев К.И. Экономический анализ эмоционального интеллекта сотрудников онлайн-школ.....	213
Соменкова Н.С., Стрекаловская Д.А. Влияние искусственного интеллекта на цифровую трансформацию бизнеса	221
Сыч А.А. Анализ сектора МСП Челябинской области как базы для оценки потенциала цифровой трансформации	227
Шлыков А.А., Недостоев В.В. Автоматизация и бизнес-анализ административного процесса в вузе на базе 1С.....	230

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ В АНАЛИЗЕ ФИНАНСОВО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СУБЪЕКТОВ

Бабичева Н.Э.,

Воронеж, ВГУ

Гуртовая И.Н.

Нижний Новгород, Академия ФНС ЛАБ

Аннотация: рассматривается проблема формального подхода к оценке финансово-хозяйственной деятельности экономических субъектов, применяемого ФНС России с 2026 года. Отмечается, что такое упрощение ведёт к доминированию налоговых рисков, замораживанию инновационных проектов, снижению аналитичности отчётности и манипулированию показателями. Предлагается дополнить методику динамическими нормативами по методу И.М. Сыроежина, что позволит повысить её аналитическую глубину и более объективно оценивать деловую репутацию и устойчивость развития экономических субъектов.

Ключевые слова: динамические нормативы, анализ финансово-хозяйственной деятельности, экономические субъекты, ФНС России

Начиная с 2026 года за ФНС России закреплено право проводить оценку финансово-хозяйственной деятельности экономических субъектов по «критериям, содержащимся в составе методики проведения указанного анализа» на основе данных налоговой и бухгалтерской (финансовой) отчетности, а также иных сведений [1, 2].

При этом в налоговой и деловой практике широкое распространение получил стандарт осмотрительного поведения в хозяйственном обороте, базирующийся на риск-ориентированном подходе и основанный на:

- критериях самостоятельной оценки налоговых рисков налогоплательщиками;
- анализе финансового положения;
- оценке поведения контрагента на рынке, включая учет фактов судебной активности и нарушений антимонопольного законодательства;
- соблюдении условий заключаемых договоров для оценки возможности его исполнения в обозримом будущем.

В этой связи одной из основных задач, которые ставят перед собой налоговые органы, является идентификация неблагонадежных контрагентов с дальнейшей реконструкцией и ликвидацией по решению регистрирующего органа на основе оценки финансово-хозяйственной деятельности и формирования цифрового досье как индикатора деловой репутации и выявления неблагонадежных экономических субъектов.

В 2025 году по сравнению с 2024 годом количество ликвидированных субъектов увеличилось на 15% при сокращении числа вновь созданных субъектов на 20%, что связано с начавшейся в 2025 году налоговой реформой [3]. Удельный вес организаций, ликвидированных в 2025 году в связи с исключением юридического лица по решению регистрирующего органа из ЕГРЮЛ, составил 75,96% (в 2024 году удельный вес составил 75,77%) [3]. По прогнозам аналитиков, такая тенденция будет сохраняться в 2026-2028 гг.

Оценка финансово-хозяйственной деятельности проводится в два этапа на основе балльной оценки соответствия/несоответствия заданным критериям по 57 показателям (индивидуальные предприниматели – по 33 показателям). Коэффициентный анализ предполагает оценку следующих показателей:

- текущая ликвидность (нормативное значение ≥ 1);
- платёжеспособность по текущим обязательствам (нормативное значение $\geq 1,1$);
- коэффициент автономии (нормативное значение $\geq 0,25$);
- коэффициент покрытия процентов (нормативное значение $\geq 2,5$);
- рентабельность активов (нормативное значение $\geq 10\%$).

Также рассчитывается уровень налоговой нагрузки как «отношение суммы налогов и сборов по данным официальной статистической отчетности ФНС России к обороту организаций по данным Росстата, умноженное на 100%» [4].

В концепции планирования выездных налоговых проверок приведены среднеотраслевые значения налоговой нагрузки, рентабельности проданных товаров и рентабельности активов организаций по видам экономической деятельности должны пересматриваться каждый год не позднее 5 мая текущего года [4]. При этом отсутствие на данном этапе среднеотраслевых значений по другим финансовым показателям и учета стресс-факторов будет способствовать формальному соблюдению критериев ради обеспечения «чистоты» цифрового досье.

Разработанная нормативная методика оценки финансово-хозяйственной деятельности уже дает малому и среднему бизнесу возможность партнерства с крупными корпорациями и государственными заказчиками, а крупные налогоплательщики вынуждены выстраивать более прозрачные отношения с участниками рынка. Тем не менее исследуемая методика способствует созданию дополнительных административных барьеров. Например, использование методики в программах и конкурсах поддержки субъектов малого и среднего бизнеса приводит к занижению количества баллов из-за несоответствия значений коэффициентов нормативным.

Таким образом расширение направлений использования методики оценки финансово-хозяйственного состояния экономических субъектов

(допуск к участию в госзакупках, получение субсидий и льгот, инвестиционных кредитов и т.п.) может привести в будущем к:

1. Доминированию налоговых рисков над остальными рисками.
2. Замораживанию инновационных проектов в регионах из-за низких оценок деловой репутации субъекта.
3. Неправильному принятию решений контрагентами и инвесторами вследствие «слепого» доверия государственному сервису оценки финансово-хозяйственной деятельности.
4. Ориентации на «приукрашивание» показателей и снижению аналитичности отчетности ради обеспечения «хорошей» деловой репутации.

Исторически сложилось, что система анализа финансово-хозяйственной деятельности представляет собой комплексную аналитическую базу для принятия управленческих решений управления и направлена на поиск резервов повышения эффективности деятельности, а повышение прозрачности и аналитичности отчетности является условием обеспечения устойчивого развития бизнеса. На данную проблему в начале 90-х гг. прошлого столетия указывала С.Б. Барнгольц: «В России экономический анализ, в отличие от США и других стран, является не только тематическим, но и комплексным, и ...создает новые возможности его применения для повышения эффективности деятельности хозяйствующих субъектов... финансовый анализ часто сводится к расчету и сопоставлению финансовых коэффициентов без должного осмысливания и аналитической отработки отчетности... В результате были утрачены многие прогрессивные навыки российской аналитической школы и упрощено требование аналитичности, которое является доминирующим в международных стандартах и других бухгалтерских документах» [5, с. 42].

Предлагаем дополнить методику финансово-хозяйственной деятельности ФНС России включением динамических нормативов на основе метода, разработанного И.М. Сыроежиным [6]. В основе метода заложена «группировка показателей, которая основана на принципах динамической сопоставимости и согласованности связей между показателями с целью выявления факторов устойчивости экономического субъекта на основе соподчиненности темпов прироста в убывающей последовательности экономического эффекта, результата процесса и используемых в исследуемом процессе ресурсов. Также используются различные вариации соотношений коэффициентов, вытекающих из логики самого процесса» [6].

Для показателей текущей ликвидности, платёжеспособности по текущим обязательствам, коэффициентов автономии и покрытия процентов, рентабельности активов построим динамический норматив по убыванию предпочтительных темпов прироста. Обоснование расположения коэффициентов основано на причинно-следственных связях. Сначала

должны создаваться предпосылки для дальнейшего развития, заключающиеся в обретении финансовой независимости, затем на достижении конечного результата. Однако, по логике, значения результирующих показателей должны расти быстрее факторных. Учитывая, что рентабельность активов является результирующим показателем, а остальные – финансовыми условиями (факторами) функционирования экономических субъектов, предлагается следующий порядок расположения темпов прироста (h^{np}) следующих показателей (формула 1, табл.1):

$$h^{np}(ROA) > h^{np}(ICR) > h^{np}(Кавт) > h^{np}(К тл) > h^{np}T(Кпл). \quad (1)$$

Таблица 1

Порядок расположения показателей в динамическом нормативе и динамика их изменения

Место показателей в динамическом нормативе	Показатели	Условное обозначение	Динамика изменения показателей
1	Рентабельность активов	ROA	↑↑ (наибольший темп прироста)
2	Коэффициент покрытия процентов	ICR	↑
3	Коэффициент автономии	Кавт	↑
4	Коэффициент текущей ликвидности	Ктл	↑
5	Платёжеспособность по текущим обязательствам	Кпл	↑ (наименьший темп прироста)

Источник: разработано авторами

Проведем оценку показателей финансово-хозяйственной деятельности Новолипецкого металлургического комбината (ПАО «НМЛК») за 2024-2025 гг. и проанализируем выполнение динамического норматива (табл. 2) [7]. Из табл. 2 следует, что показатели ПАО «НМЛК» превышают нормативные значения в исследуемом периоде за исключением рентабельности активов. В 2024 году рентабельность активов составляла 0,06, а в 2025 году выросла до нормативного значения, что свидетельствует о хорошем финансовом положении. Построим динамический норматив за 2025 год по формуле 1:

$$61,02\% > 28,12\% > 12,16\% > -28,87\% < 37,04\%.$$

Динамический норматив не выполняется вследствие снижения динамики коэффициента ликвидности при одновременном росте показателей автономии и платежеспособности. Соответственно платежеспособность ПАО «НМЛК» ухудшилась из-за снижения стоимости оборотных активов на 14,7 млрд руб. и роста краткосрочных обязательств

на 70,3 млрд руб. При этом компания активно привлекает краткосрочные займы для финансирования текущей деятельности на фоне снижения стоимости оборотных активов и одновременно сокращает долгосрочные обязательства, что повысило автономию и общую платежеспособность. Финансовая устойчивость в долгосрочной перспективе выросла, но риск потери платежеспособности в течение 12 месяцев увеличился.

По российским стандартам бухгалтерского учёта чистая прибыль НЛМК за 2025 год выросла на 40%. Однако этот скачок связан с особенностями признания выручки и курсовыми разницами, а не с реальным улучшением операционной деятельности. По МСФО прибыль снизилась почти вдвое [8]. Экспортной деятельности мешает санкционное давление, на внутреннем рынке – стагнация строительного рынка. Также наблюдается падение цен на сталь как на внутреннем, так и на мировом рынках. Таким образом, динамический норматив демонстрирует разбалансированность структурных связей между финансовыми показателями, не подтверждает наличие хорошего финансового положения и устойчивости развития ПАО «НЛМК» и свидетельствует о наличии слабых мест в стратегическом управлении.

Таблица 2

Оценка показателей финансово-хозяйственной деятельности ПАО
«НЛМК» за 2024-2025 гг. по методике ФНС (фрагмент)

Показатели	2024	2025	Нормативное значение показателей	Выполнение, да/нет	Темп прироста / снижения, %
Рентабельность активов(<i>ROA</i>)	0,06	0,10	$\geq 0,10$	да	66,67
Коэффициент покрытия процентов(<i>ICR</i>)	7,93	10,16	$\geq 2,50$	да	28,12
Коэффициент автономии(<i>Кавт</i>)	0,69	0,78	$\geq 0,25$	да	13,04
Коэффициент текущей ликвидности(<i>Ктл</i>)	2,21	1,58	$\geq 1,00$	да	-28,51
Платёжеспособность по текущим обязательствам(<i>Кпл</i>)	3,24	4,44	$\geq 1,10$	да	37,04

Источник: построено авторами по результатам расчетов [7, 8]

Далее проверим соблюдение требований ФНС России и динамического норматива на примере АО «ГТ ЭНЕРГО», осуществляющего полный комплекс услуг по строительству и управлению газотурбинными станциями с последующей продажей тепловой и электрической энергии. Компания была создана в рамках инвестиционной программы по строительству и развитию газотурбинных станций в РФ [9].

Результаты оценки финансово-хозяйственной деятельности представлены в табл. 3.

Таблица 3

Оценка показателей финансово-хозяйственной деятельности АО «ГТ
ЭНЕРГО» за 2024-2025 гг. по методике ФНС (фрагмент)

Показатели	2024	2025	Нормативное значение показателей	Выполнение, да/нет	Темп прироста / снижения, %
Рентабельность активов(<i>ROA</i>)	0,001	0,002	$\geq 0,10$	нет	359,83
Коэффициент покрытия процентов(<i>ICR</i>)	0,98	1,15	$\geq 2,50$	нет	17,35
Коэффициент автономии(<i>Кавт</i>)	0,78	0,77	$\geq 0,25$	да	-1,28
Коэффициент текущей ликвидности(<i>Ктл</i>)	7,82	3,83	$\geq 1,00$	да	-51,02
Платёжеспособность по текущим обязательствам(<i>Кпл</i>)	4,63	4,41	$\geq 1,10$	да	-4,75

Источник: построено авторами по результатам расчетов [9]

Из табл. 3 следует, что нормативные значения по финансовым показателям АО «ГТ ЭНЕРГО» выполняются только по коэффициентам автономии, текущей ликвидности и общей платежеспособности. Тем не менее имея убыточную деятельность в 2024 году, организация улучшила финансовые результаты в 2025 году. В результате рентабельность активов в 2025 году увеличилась в 3,5 раза. По коэффициентам автономии, текущей ликвидности и общей платежеспособности наблюдается снижение темпов прироста. Построим динамический норматив за 2025 год по формуле 1:

$$359,83\% > 17,35\% > -1,28\% > -51,02\% < -4,75\%.$$

Динамический норматив АО «ГТ ЭНЕРГО» также не соблюдается по коэффициенту ликвидности. Темп снижения коэффициента текущей ликвидности опережает темпы снижения показателей автономии и платежеспособности. Структура баланса изменилась неравномерно, т.к. общая финансовая устойчивость (автономия) осталась почти прежней. Компания привлекла в 2025 году на 1,5 млрд руб. краткосрочных займов. Одновременно наблюдается рост кредиторской задолженности. Прирост оборотных активов обеспечен в основном ростом дебиторской задолженности и краткосрочных финансовых вложений при сокращении абсолютно ликвидных активов (денежных средств).

Стратегически компания является участником государственной программы импортозамещения – создание собственной системы

управления магнитным подвесом (СУМП). Эту критически важную для турбин технологию пришлось разрабатывать с нуля, когда западные партнеры ушли с рынка в 2022 году. В итоге, по заявлениям самой компании, получилось решение, превосходящее импортное, позволяющее турбине работать без физического износа и масла, что увеличивает срок её службы до 200 000 часов. Строительство энергообъектов и проведение НИОКР по созданию новых турбин требуют колоссальных капитальных затрат (CAPEX) и государственной поддержки. Как следствие, компания вынуждена активно брать кредиты, что и приводит к высокой долговой нагрузке и низкой текущей рентабельности. Однако в соответствии с методикой оценки финансово-хозяйственной деятельности указанный субъект не является благонадежным в виду неустойчивого финансового положения, что подтверждает расчет динамического норматива.

В результате, нами показаны возможности расширения анализа финансово-хозяйственной деятельности экономических субъектов за счет использования динамических нормативов. Представленный подход можно расширить применением экономико-математических методов анализа, что позволит выявить слабые места в структурных связях. На примере ПАО «НЛМК» и АО «ГТ ЭНЕРГО» показано, что при соблюдении статических нормативных значений показателей динамический норматив может не выполняться, сигнализируя о разбалансированности структуры баланса и системных рисках. Включение динамических нормативов в методику ФНС позволит более объективно оценивать деловую репутацию и устойчивость развития экономических субъектов.

Список использованной литературы:

1. О внесении изменения в Закон Российской Федерации «О налоговых органах Российской Федерации»: федеральный закон от 23.07.2025 № 254-ФЗ [Электронный ресурс]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_510554/ (дата обращения: 21.02.2026).
2. Об утверждении методики проведения анализа (оценки) сведений о финансово-хозяйственной деятельности юридического лица (индивидуального предпринимателя), порядка направления запроса о проведении анализа (оценки) сведений о финансово-хозяйственной деятельности юридического лица (индивидуального предпринимателя) и порядка предоставления результатов проведенного анализа (оценки) таких сведений: Приказ ФНС России от 05.12.2025 № ЕД-7-31/1041@ [Электронный ресурс]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_522904/ (дата обращения: 21.02.2026).
3. Отчет по форме № 1-ЮП / ФНС России [Электронный ресурс]. – URL: https://www.nalog.gov.ru/rn77/related_activities/statistics_and_analytics/regstats/ (дата обращения: 21.03.2026).
4. Концепция планирования выездных налоговых проверок: приказ ФНС России от 30.05.2007 № ММ-3-06/333@ [Электронный ресурс]. – URL: https://www.nalog.gov.ru/rn77/taxation/reference_work/conception_vnp/ дата обращения: 21.03.2026).

5. Барнголец С.Б. Из истории экономического анализа (личные воспоминания). Монография. Москва: Финансовая академия, 1999. – 44 с. EDN: XGDLWT.
6. Сыроежин И. М. Совершенствование системы показателей эффективности и качества / И. М. Сыроежин. – Москва: Экономика, 1980. – 191 с.
7. Годовые отчеты Группы НЛМК (nlmk.com) [Электронный ресурс]. – URL: <https://nlmk.com/ru/ir/results/annual-reports/> (дата обращения: 10.04.2026).
8. NLMK – Московская Биржа / Рынки (moex.com) [Электронный ресурс]. – URL: https://www.moex.com/ru/issue.aspx?board=TQBR&code=NLMK&utm_source=www.moex.com&utm_term=%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D1%86%D0%BA%D0%B8%D0%B9 (дата обращения: 10.04.2026).
9. Раскрытие информации АО ГТ «ЭНЕРГО» [Электронный ресурс]. – URL: https://gtenergo.ru/disclosure/?set_filter=Y&arrFilter_27_3838745332=Y (дата обращения: 10.04.2026).

ЦИФРОВАЯ ГРАМОТНОСТЬ В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ: ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Батуева О.А.
Пермь, ПГФА

Аннотация: в статье представлен систематический анализ современных вызовов и перспектив формирования цифровой грамотности в системе высшего образования на основании обзора научных публикаций российских и зарубежных авторов. Выявлены следующие закономерности: цифровая грамотность трансформируется от узкотехнического навыка к многомерной системе компетенций, включающей когнитивные, этические, психологические и социальные компоненты. К основным вызовам отнесены: гетерогенность цифровых навыков студентов, подготовка преподавательского состава, цифровая нагрузка и академическая нечестность в ИИ-среде, а также институциональные барьеры. Перспективы связаны с внедрением уровневой модели формирования компетенций, развитием ИИ-грамотности, интеграцией цифрового благополучия в образовательный процесс и пересмотром педагогических стратегий.

Ключевые слова: цифровая грамотность, высшее образование, цифровая трансформация, искусственный интеллект, педагогические вызовы

Глобальный тренд цифровизации и распространение цифровых технологий определяет развитие экономики и общества, являясь приоритетом для многих стран. Также, цифровизация является стратегической задачей для нашей страны, реализуется через национальную программу «Цифровая экономика РФ» и деятельность Министерства цифрового развития [2]. Цифровая трансформация экономики и общества,

ускоренная развитием технологий искусственного интеллекта (ИИ), больших данных и цифровых сред, предъявляет принципиально новые требования к системе высшего образования. Цифровая грамотность перестала быть факультативным навыком – сегодня она рассматривается как базовая компетенция, необходимая для академической успешности, профессиональной реализации и полноценного участия в жизни общества [3]. Например, Е.К. Хеннер, в статье «Вычислительное мышление в контексте высшего образования: аналитический обзор» указывает, что цифровые навыки специфицируются по многочисленным видам и носят более конкретный характер [10].

Однако, как показывают многочисленные исследования, формирование цифровой грамотности в университетах сталкивается с комплексом системных вызовов: от неравенства доступа до психологических рисков и педагогической неготовности. Цель данной статьи – на основе анализа актуальных научных публикаций (российских и зарубежных авторов) систематизировать ключевые вызовы и определить перспективные направления развития цифровой грамотности в высшем образовании.

Традиционное понимание цифровой грамотности как способности использовать цифровые устройства и программное обеспечение сегодня признано недостаточным. В международном исследовании была предложена многомерная система, включающая четыре взаимосвязанных компонента:

1. Когнитивно-информационный – доступ, управление, критическая оценка и синтез цифровой информации.
2. Коммуникационно-коллаборативный – эффективная коммуникация и совместная работа в цифровых средах.
3. Творческо-продуктивный – создание цифрового контента, решение проблем с использованием цифровых инструментов.
4. Цифровое гражданство – ответственное, этическое и безопасное поведение в цифровом пространстве [17] .

Эта система созвучна выводам российских исследователей. Например, авторы М.Ю. Ценов и М.А. Бакрачева подчеркивают, что цифровая грамотность в условиях развития ИИ требует не только операционных навыков, но и способности к критическому осмыслению результатов работы алгоритмов [11]. А авторы, А.В. Богданова, Ю.К. Александрова дополняют этот перечень компонентом цифровой безопасности и этикета, отмечая, что большинство студентов не различают достоверные и фейковые источники [4].

Таким образом, современное понимание цифровой грамотности выходит за рамки технической компетенции и включает когнитивные, социальные, этические и рефлексивные измерения.

Методология исследования

Данная статья основана на качественном систематическом обзоре научной литературы. База для исследования включила 21 публикацию за период 2021–2026 гг. российских и зарубежных авторов. Критерии включения публикаций: релевантность теме «цифровая грамотность в высшем образовании», эмпирический или теоретический характер, наличие открытого доступа, публикация в 2021–2026 гг. Метод анализа – тематический синтез с выделением ключевых категорий: вызовы (барьеры, риски, проблемы) и перспективы (стратегии, решения, возможности).

Основные вызовы формирования цифровой грамотности

На основе анализа выбранных публикаций выделено пять групп вызовов:

1. Гетерогенность цифровых навыков и новый цифровой разрыв. Исследования фиксируют значительную вариативность цифровых навыков среди студентов одного потока. Herklotz и Haensch в эксперименте на курсе статистического программирования обнаружили, что даже в цифровую эпоху студенты демонстрируют существенные различия в базовой компьютерной грамотности, что связано с растущей зависимостью от смартфонов, скрывающих фундаментальные принципы работы файловых систем [15].

Норвежское исследование вводит понятие «новых цифровых разрывов», которые возникают не на уровне доступа к технологиям (который в развитых странах практически преодолен), а на уровне компетенций и дисциплин [12]. Разрывы фиксируются между:

- студентами, владеющими ИИ-грамотностью, и теми, кто использует ИИ только на бытовом уровне;
- техническими и гуманитарными направлениями подготовки.

Российские данные подтверждают эту тенденцию. Так, например, автор Е.В Романов, отмечает, что высокий уровень бытовой цифровой грамотности (использование соцсетей, мессенджеров) не коррелирует с академической цифровой грамотностью (работа с базами данных, критический анализ информации) [6]

2. Подготовка преподавательского состава. Цифровая трансформация образования требует от преподавателей не только владения новыми инструментами, но и пересмотра дидактических стратегий. К.И Буякова с соавторами констатируют невысокий уровень методической готовности педагогов к цифровой трансформации, что становится ключевым барьером на пути формирования цифровой грамотности студентов [5]. Международное исследование дополняет эту картину: переход к технологически насыщенным средам требует от преподавателей освоения принципиально новых ролей – фасилитатора цифрового обучения,

тьютора по навигации в информационных потоках, эксперта по верификации ИИ-сгенерированного контента [19]

3. Цифровая нагрузка и психологическое благополучие. Все более отчетливо проявляется феномен цифровой нагрузки (digital burden). Авторы Shi и Li выделяют три ее измерения: углубление цифровой зависимости, распространение цифровой тревожности, снижение способности к критическому мышлению и кризис конфиденциальности [20]. Исследование в Индии показывает, что цифровая исключенность (или, напротив, перегруженность) усиливает чувство изоляции, академический стресс и снижает самооффективность студентов [18].

Российские авторы акцентируют внимание на когнитивных перегрузках и «информационной тревожности» как следствиях низкой цифровой грамотности. Студенты, не владеющие стратегиями фильтрации и оценки информации, оказываются в ситуации постоянного когнитивного перенапряжения [8].

4. Академическая нечестность в эпоху ИИ. Некритичное использование генеративных нейросетей становится новым вызовом для академической этики. Так, например, А.А. Федоров с соавторами указывают, что «низкий уровень цифровой грамотности приводит к росту плагиата и использованию ИИ без референций», поскольку студенты не понимают разницы между инструментальной помощью и недопустимой подменой собственной работы [10]. Исследование в Гонконге подтверждает: студенты активно используют ИИ, но лишь немногие способны критически оценить его результаты или корректно интегрировать ИИ-инструменты в академическую работу [16]. Это порождает потребность в формировании ИИ-грамотности как особого компонента цифровой компетенции.

5. Институциональные барьеры

На уровне университетов как систем вызовы носят структурный характер. Глобальный опрос руководителей вузов показал: 57% оценивают цифровую зрелость своего университета как «развивающуюся», и только 35% – как «продвинутую» [21]. Фрагментированные цифровые экосистемы, бюджетные ограничения и отсутствие единых стандартов цифровой грамотности – главные барьеры. В связи с этим появляются новые дефиниции. Так, например, автор Chugh вводит понятие «парадокса устойчивости»: цифровое образование может расширять доступ, но одновременно увеличивает энергопотребление, материальные затраты и может усиливать неравенство там, где доступ к технологиям и цифровая грамотность распределены неравномерно [14].

Перспективные направления развития

Анализ источников позволяет выделить несколько ключевых перспективных направлений:

1. Уровневая модель формирования цифровой грамотности. Как российские, так и зарубежные исследователи сходятся во мнении, что цифровая грамотность не может формироваться единообразно. Например, авторы Н. В. Соловова и Е.И. Суханова предлагают трехуровневую модель: базовый уровень – универсальные цифровые навыки для всех направлений подготовки; профессиональный уровень – специфические цифровые компетенции для конкретной предметной области; рефлексивный уровень – способность к критической оценке цифровых инструментов и их влияния [7]. Зарубежные модели дополняют этот подход акцентом на дифференциацию в зависимости от исходного уровня студентов и контекста (развитые и развивающиеся страны) [13, 17].
2. Развитие ИИ-грамотности как приоритет. Исследования единодушны: в условиях повсеместного распространения генеративных нейросетей цифровая грамотность немыслима без ИИ-компетенции. Норвежское исследование определяет ИИ-грамотность как способность «давать точные инструкции (промпты), критически оценивать результаты работы ИИ и понимать ограничения алгоритмов» [12]. А, например, автор Lee предлагает разработанный инструмент AIMS для оценки ИИ-компетенций студентов по трем компонентам: квалификация (технические навыки), субъектность (способность осознанно выбирать инструменты) и социализация (понимание социальных последствий ИИ) [16].
3. Интеграция цифрового благополучия в образовательный процесс. Ответом на вызов цифровой нагрузки становится концепция цифрового благополучия (digital wellbeing). Авторы Shi и Li предлагают трехстороннюю модель управления с участием студентов, вузов и общества, включающую: нормирование цифровой нагрузки, обучение техникам цифрового детокса, создание поддерживающей среды [20]. В российских публикациях также обсуждается необходимость психолого-педагогического сопровождения цифровой образовательной среды, включая профилактику перегрузок и развитие навыков саморегуляции [1, 8].
4. Пересмотр педагогических стратегий и повышение квалификации преподавателей. Перспективным направлением признается переход от «техноцентрированной» педагогики к студентоцентрированной цифровой дидактике. Российские авторы предлагают введение модуля по цифровой дидактике в программы повышения квалификации преподавателей [4, 5, 9]. Международный опыт показывает эффективность модели поэтапной интеграции

технологий с параллельным развитием педагогических компетенций, а не изолированного внедрения инструментов [19].

5. Стандартизация и оценка цифровой грамотности. Существенным препятствием остается отсутствие общепризнанных стандартов. В работах зарубежных и российских авторов предлагают инструменты диагностики, которые могут лечь в основу вузовских систем оценки [7, 17]. Перспективным считается переход от формального тестирования к портфолио цифровых компетенций и проектным методам оценки.

Сопоставление российского и зарубежного контекстов

Сравнительный анализ российских и зарубежных источников выявляет как общие, так и специфические черты. Общие вызовы, признаваемые всеми исследователями: гетерогенность цифровых навыков студентов, неготовность преподавателей, риски академической нечестности в связи с ИИ, цифровая нагрузка.

Специфические различия: в зарубежных исследованиях (особенно из США, Европы, Австралии) больше внимания уделяется «парадоксу устойчивости» и экологическим аспектам цифровизации, а также ИИ-грамотности как отдельному конструкту [12, 14, 16]. В то время, как российские исследования сильнее акцентируют психолого-педагогические аспекты, проблему цифрового этикета и безопасности, а также институциональные барьеры, связанные с бюрократизацией и устаревшими ФГОС [5, 8, 10]. Например, исследования из развивающихся стран (Эфиопия, Индия) фокусируются на базовом цифровом разрыве доступа, тогда как в развитых странах (Норвегия, Германия, США) доминирует проблематика «разрыва второго уровня» – компетенций [13, 18].

Эти различия важны для выработки дифференцированных стратегий: в российском контексте актуальны оба измерения – и преодоление инфраструктурного неравенства (особенно в региональных вузах), и развитие ИИ-грамотности в условиях широкого распространения ИИ среди студентов.

Заключение

Проведенный анализ актуальных научных публикаций позволяет сделать следующие выводы:

- цифровая грамотность в высшем образовании трансформируется от технического навыка к многомерной системе компетенций, включающей когнитивные, этические, социальные и рефлексивные компоненты. Наиболее адекватной современным вызовам является рамка ETS, дополненная компонентом ИИ-грамотности [17];
- ключевые вызовы систематизированы в пять групп: гетерогенность цифровых навыков и новые цифровые разрывы;

неготовность преподавателей; цифровая нагрузка и риски для психологического благополучия; академическая нечестность в ИИ-среде; институциональные барьеры и «парадокс устойчивости»;

- перспективные направления включают: разработку и внедрение уровневой модели формирования цифровых компетенций; приоритетное развитие ИИ-грамотности; интеграцию цифрового благополучия в образовательный процесс; системное повышение квалификации преподавателей в области цифровой дидактики; создание стандартов и валидных инструментов оценки.

Российский и зарубежный контексты демонстрируют как общие вызовы, так и специфику: на Западе больше внимания ИИ-грамотности и устойчивости, в России – психолого-педагогическим аспектам и институциональным барьерам. Это открывает возможности для взаимного обогащения.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку и апробацию инструментов диагностики цифровой грамотности с учетом ИИ-компонента, а также на лонгитюдное изучение эффективности различных педагогических стратегий в российских вузах.

Список использованной литературы:

1. Абраменкова Ю. В. Формирование цифровой грамотности обучающихся посредством использования современных электронных ресурсов // ДМ. – 2025. – № 2(62). – С. 59–65. – DOI: 10.24412/2079-9152-2024-62-59-65. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-tsifrovoy-gramotnosti-obuchayuschih-sya-posredstvom-ispolzovaniya-sovremennyh-elektronnyh-resursov> (дата обращения: 05.04.2026).
2. Батуева О. А., Аликина Е. Б. Вызовы для науки и образования в условиях перехода к цифровой экономике // Наука и образование в обеспечении устойчивого развития человеческого потенциала в условиях перехода к цифровой экономике: материалы VIII Российской научно-практической конференции с международным участием, Пермь, 25–26 мая 2021 г. – Пермь: Изд-во ПГГПУ, 2021. – С. 100–104. – EDN OWNGTC.
3. Батуева О. А. Общие подходы к содержанию и понятию «цифровая грамотность» // Цифровая дидактика: сборник статей по материалам XXVIII Межрегиональной научно-методической конференции и II Всероссийской научно-практической конференции, Пермь, 11 января – 27 февраля 2025 г. – Пермь: Изд-во ПГГПУ, 2025. – С. 121–126. – EDN CLCHVG.
4. Богданова А. В., Александрова Ю. К. Университеты нового поколения: цифровая эволюция общения // Образование и наука. – 2026. – Т. 28, № 4. – С. 38–60. – DOI: 10.17853/1994-5639-2026-4-38-60.
5. Буякова К. И. Отношение студентов и преподавателей к использованию инструментов с искусственным интеллектом в вузе / К. И. Буякова, Я. А. Дмитриев, А. С. Иванова, А. В. Фещенко, К. И. Яковлева // Образование и наука. – 2024. – Т. 26, № 7. – С. 160–193. – DOI: 10.17853/1994-5639-2024-7-160-193.

6. Романов Е. В. Проблемы подготовки специалистов в области цифровой трансформации: опыт России // Образование и наука. – 2022. – Т. 24, № 10. – С. 64–102. – DOI: 10.17853/1994-5639-2022-10-64-102.
7. Соловова Н. В. Модель формирования цифровой грамотности студентов не ИТ-направлений подготовки / Н. В. Соловова, Е. И. Суханова // Вестник Самарского университета. – 2024. – Т. 28, № 3. – С. 67-74.
8. Тарасова С. И. Цифровой этикет и информационная безопасность в структуре цифровой грамотности студента / С. И. Тарасова, К. В. Уланова // Цифровая социология. – 2025. – № 2. – С. 23–30.
9. Тихонова Н. В. Грамотность педагога в области искусственного интеллекта: теоретический анализ понятия / Н. В. Тихонова, Д. Р. Сабирова // Образование и наука. – 2025. – Т. 27, № 6. – С. 180–206. – DOI: 10.17853/1994-5639-2025-6-180-206.
10. Хеннер Е. К. Вычислительное мышление в контексте высшего образования: аналитический обзор // Образование и наука. – 2024. – Т. 26, № 2. – С. 35–59. – DOI: 10.17853/1994-5639-2024-2-35-59.
11. Ценов М. Ю. Отношение к искусственному интеллекту в профессиональной и личной жизни / М. Ю. Ценов, М. А. Бакрачева // Образование и наука. – 2025. – Т. 27, № 2. – С. 159–174. – DOI: 10.17853/1994-5639-2025-2-159-174.
12. Academic staff of Norwegian higher education institutions. From access to ability: educator’s perspectives on AI and new digital divides in higher education // Digital Society. – 2025. – Vol. 4. – Art. no. 78. – DOI: 10.1007/s44206-025-00237-z.
13. Assefa Y. Rethinking the digital divide and associated educational in(equity) in higher education in the context of developing countries: the social justice perspective / Y. Assefa, M. M. Gebremeskel, B. T. Moges, S. A. Tilwani, Y. A. Azmera // International Journal of Information and Learning Technology. – 2025. – Vol. 42, No. 1. – P. 15–30. – DOI: 10.1108/IJILT-03-2024-0055.
14. Chugh R. The sustainability paradox: rethinking digital technologies in education for a sustainable future // Humanities and Social Sciences Communications. – 2026. – Vol. 13, No. 1. – Art. no. 45. – DOI: 10.1057/s41599-026-06845-5.
15. Herklotz M. Exploring computer literacy variance: insights from an introductory statistical programming class / M. Herklotz, A.-C. Haensch // Journal of Statistics and Data Science Education. – 2026. – Vol. 34, No. 1. – P. 55–68. – DOI: 10.1080/26939169.2025.2584772.
16. Lee V. Artificial intelligence competencies of university students – impacts and barriers at CUHK // The IAFOR International Conference on Education – Hawaii 2026 : Conference Proceedings. – Honolulu, 2026. – P. 112–125.
17. Liu L. Digital literacy beyond tool use: insights from the ETS framework // ETS Research Report Series. – 2026. – No. RR-26-03. – P. 1–25.
18. Mukherjee S. Connected minds, inclusive futures: bridging digital gaps in higher education / S. Mukherjee [et al.] // Proceedings of the International Conference on Inclusive Digital Society and Knowledge Society Advancement (ICISDIKSA 2025). – Amsterdam : Atlantis Press, 2025. – P. 45–58.
19. Roa González J. Challenges and perspectives in the evolution of distance and online education towards higher technological environments / J. Roa González, N. Sánchez Sánchez, I. Seoane Pujol, J. L. Díaz Palencia // Cogent Education. – 2025. – Vol. 12, No. 1. – Art. no. 2447168. – DOI: 10.1080/2331186X.2024.2447168.
20. Shi A. Characteristics, mechanisms and mitigation strategies for digital burden among university students / A. Shi, P. Li // Proceedings of the 2026 International Conference on Humanities, Education and Social Science (ICHESS 2026). – Amsterdam : Atlantis Press, 2026. – P. 234–247.

21. Tata Consultancy Services (TCS). 'Long way to go' on digital transformation, universities told: TCS global higher education report 2026 / Tata Consultancy Services ; Times Higher Education. – London, 2026.

ПРИМЕНЕНИЕ BI-СИСТЕМ ДЛЯ АНАЛИЗА РЕКЛАМНЫХ КАМПАНИЙ НА ПРИМЕРЕ DATALENS

Беспалько А.А., Камскова И.Д., Горская Н.Н., Шестерикова Н.В.
Нижегород, ННГУ

Аннотация: В статье рассматривается актуальность применения современных Business Intelligence (BI) систем для анализа эффективности рекламных кампаний в условиях высокой конкуренции на цифровом рынке. Особое внимание уделено отечественному решению – облачному сервису Yandex DataLens. Авторами проведен обзор функциональных возможностей платформы, включая инструменты визуализации данных, построения интерактивных дашбордов и проведения многомерного анализа. На практических примерах продемонстрированы методы оценки ключевых показателей эффективности (KPI), таких как CTR, CR, CPC и ROMI. Показано, как с помощью DataLens можно выявлять наиболее конверсионные объявления и анализировать качество.

Ключевые слова: digital-маркетинг, BI-системы, DataLens

Цифровой маркетинг занял значительное место в маркетинговой деятельности большинства компаний. Бизнес, который не имеет собственного представительства в глобальной сети в наше время большая редкость. Одним из каналов привлечения клиентов является реклама в поисковой системе Яндекс, реализуемая с помощью сервиса Яндекс Директ.

В условиях роста конкуренции в цифровой среде на первый план выходит своевременная аналитика результатов маркетинговой деятельности для выявления точек роста и оптимизации расходов.

Традиционные методы сбора и обработки данных зачастую не позволяют получать своевременную и достоверную информацию, что приводит к снижению рентабельности инвестиций в рекламу.

В контекстной рекламе после ухода Google Ads утвердилась монополия Яндекс Директ, что в свою очередь привело к закономерному разогреву аукционов и росту ставок. Процесс разогревания рекламных аукционов неминуемо будет увеличивать среднюю цену заявки и цену привлеченного клиента [1]. Это приводит к острой необходимости проведения своевременного и полного анализа хода рекламной кампании – эффективности креативов, качество площадок показа, детализация аудитории и пр.

Эффективным инструментом, способствующим оптимизации восприятия и понимания полученных аналитических результатов, выступает визуализация данных, в основе которой лежат принципы наглядности, информативности и актуальности представляемых сведений [2]. С этой точки зрения особую роль в бизнес-аналитике играют Business Intelligence (BI)-системы, предназначенные для автоматизации сбора, обработки и визуализации данных.

BI-инструменты позволяют интегрировать информацию из различных источников, строить интерактивные отчеты и дашборды, а также проводить глубокий анализ эффективности маркетинговых мероприятий. Одним из перспективных решений на российском рынке является DataLens – облачный сервис для визуализации и анализа данных, обладающий широкими возможностями для работы с рекламными метриками.

Анализ эффективности рекламных кампаний – это комплекс мероприятий, направленных на оценку результатов маркетинговых активностей с точки зрения достижения поставленных бизнес-целей. Основная задача такого анализа заключается в определении степени влияния рекламы на поведение потребителей, объемы продаж и финансовые показатели компании. Ключевыми целями анализа являются:

- оценка возврата инвестиций в рекламу (ROMI);
- выявление наиболее и наименее эффективных объявлений;
- оптимизация распределения рекламного бюджета;
- повышение конверсии и снижение стоимости привлечения клиента;
- формирование статистической базы данных для будущих кампаний.

В современных условиях анализ эффективности рекламы невозможен без использования цифровых инструментов, позволяющих собирать, обрабатывать и визуализировать большие объемы данных.

Для количественной оценки результатов рекламных кампаний используется система ключевых показателей эффективности (KPI), среди которых наиболее распространены следующие [3]:

- CTR (Click-Through Rate) – показатель кликабельности, отражающий отношение числа кликов по рекламному объявлению к количеству его показов. Высокий CTR свидетельствует о релевантности объявления и интересе аудитории.
- CPA (Cost Per Action / Acquisition) – стоимость целевого действия или привлечения клиента. Показывает, сколько компания тратит на одно совершённое пользователем действие (покупку, регистрацию, заявку).
- CR (Conversion Rate) – коэффициент конверсии. Доля пользователей, совершивших целевое действие, от общего числа посетителей сайта или целевой страницы.

- CPC (Cost Per Click) – стоимость клика. Сумма, которую рекламодатель платит за один переход по объявлению.
- ROMI (Return on Marketing Investment) – возврат на инвестиции. Основной финансовый показатель, демонстрирующий прибыльность рекламной кампании.

Комплексное использование этих метрик позволяет получить объективную картину эффективности рекламных вложений и выявить точки роста.

Business Intelligence (BI)-системы играют ключевую роль в современной рекламной аналитике, обеспечивая автоматизацию процессов сбора, обработки и визуализации данных. Их внедрение позволяет проводить интеграцию данных из разных источников, создавать интерактивные дашборды для клиентов (заказчиков рекламы) и специалистов, запускающих рекламные кампании.

В качестве BI системы для анализа результатов рекламных кампаний была выбрана разработка от Яндекс – DataLens – облачный сервис визуализации и анализа данных. В качестве преимуществ можно назвать быстрый доступ, простоту использования, быструю обработку больших объемов данных, гибкую визуализацию и наличие прямого подключения к Яндекс Метрике – сервису веб-аналитики поведения посетителей на сайте.

DataLens пока можно отнести к развивающимся системам – она и имеет ограниченный функционал продвинутой аналитики, пока нет возможностей проводить предиктивную аналитику. Также подключение к некоторым внешним источникам может требовать дополнительных технических усилий.

Одним из самых больших недостатков можно назвать отсутствие встроенных инструментов получения данных в режиме реального времени – их приходится готовить и подгружать вручную или создавать собственные решения реализации этой возможности. Однако DataLens в силу своей доступности является надежным инструментом аналитики, который всегда находится «под рукой» и не попадет под запреты и ограничения.

Рассмотрим возможности DataLens на примере кейса – рекламной кампании кафе.

Конверсии – важный показатель, который показывает насколько клики приводят к совершению целевых действий. Позволяет оценить качество посадочной страницы. Если конверсий существенно меньше чем кликов, следует проанализировать поведение пользователей на сайте, например, с помощью инструмента Вебвизор Яндекс Метрики, чтобы понять, почему они не совершают конверсии.

Мы можем оценить это соотношение показав напрямую количество кликов и конверсий (рис. 1).

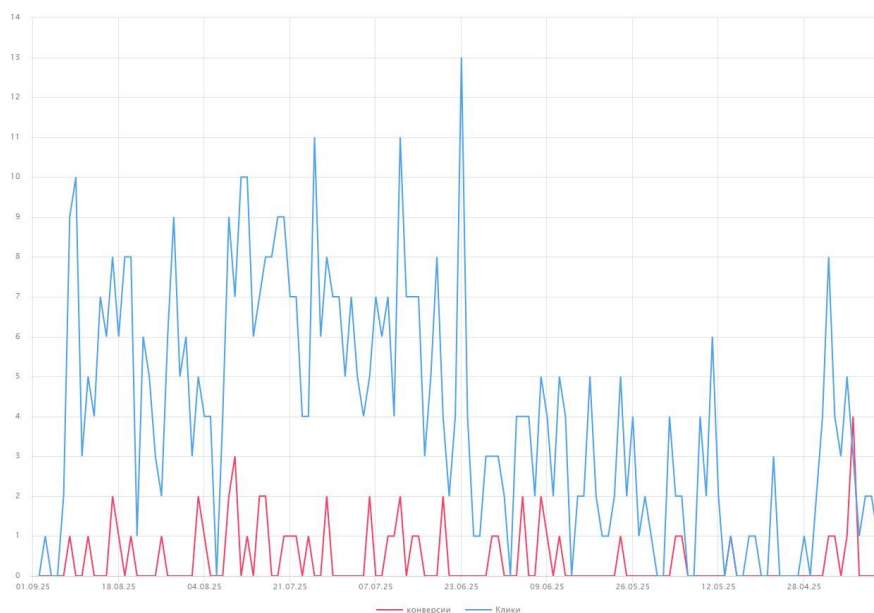


Рис.1. Соотношение кликов и конверсий по дням

Или используя показатели CTR и CR (рис. 2).

CTR (синяя линия) показывает, насколько привлекательным было объявление для аудитории в конкретный день/неделю.

CR (красная линия) показывает, насколько релевантным и убедительным был сайт для тех, кто кликнул.

В нашем случае проблему нужно искать на сайте.

DataLens позволяет легко проанализировать качество объявлений. Для этого в чарте необходимо выбрать тип «Комбинированная диаграмма» и создать два слоя: Слой 1 – коэффициент конверсии (CR, вычисляемое поле), Слой 2 – средний CTR объявления. Результат представлен на рисунке 3.

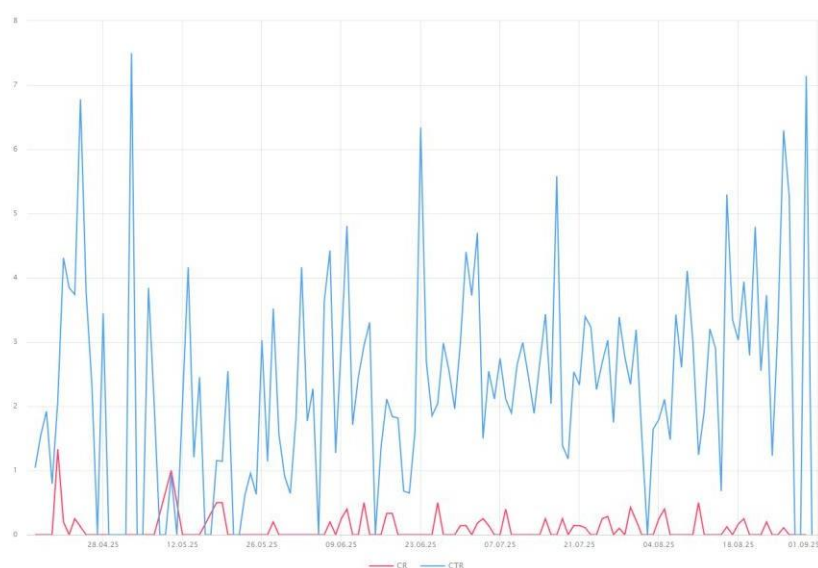


Рис.2. Соотношение коэффициентов кликабельности и конверсий

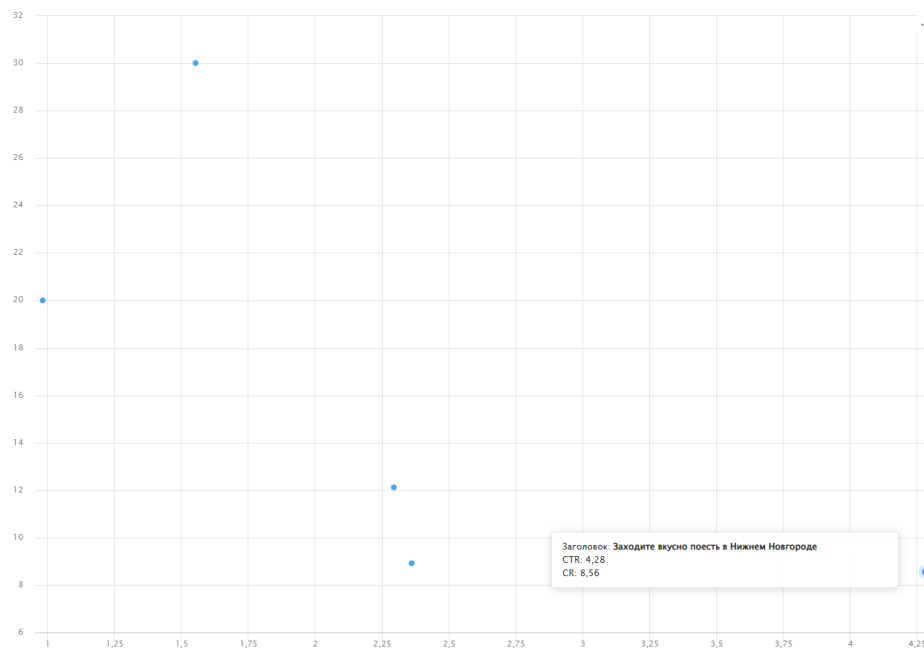


Рис.3. Оценка качества объявления

Здесь мы наглядно видим и можем быстро оценить кликабельность каждого объявления и как клики конвертируются в конверсии. Например, у нас самое конверсионное объявление является наименее кликабельным. Скорее всего, объявление составлено так, что на него кликают только «горячие» клиенты, готовые оставить заявку прямо сейчас. «Холодная» аудитория, которая просто интересуется или сравнивает цены, игнорирует его. Если наша цель – максимальная эффективность и окупаемость (ROMI), а не максимальный охват, то нужно делать ставку на это объявление. Для этого можно выделить его в отдельную кампанию, повысить ставки, чтобы оно показывалось на более высоких позициях и выигрывало аукцион у конкурентов и расширить семантику (добавить больше ключевых слов, по которым это узкое предложение будет релевантно).

Еще один пример – оценка выбранных ключевых запросов для показа объявления. На рисунке 4 видно какие запросы являются самыми конверсионными (рост по оси Y), а какие хорошо кликаются, но не приносят конверсий (рост по оси X при отсутствии роста по оси Y). Это повод посмотреть на релевантность выбранного запроса по отношению к нашему предложению в целом. Точки, лежащие на оси X как раз и есть такие ключевые фразы.

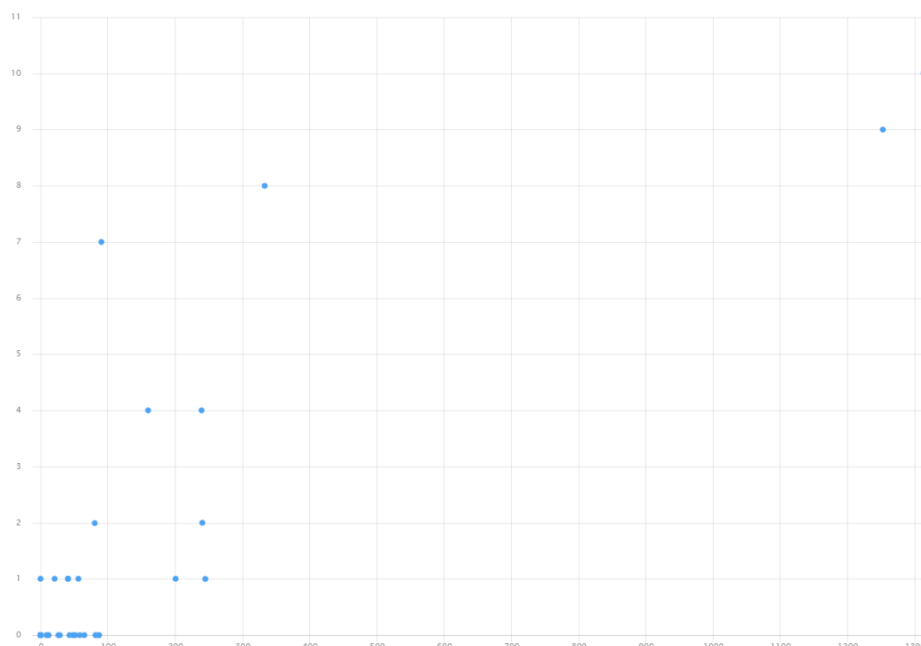


Рис.4. Соотношение расхода и конверсий по ключевым фразам

Анализ соотношения средней цены клика и CTR покажет какие объявления расходуют бюджет впустую в кампании РСЯ, настроенной на клики (рис.5). Обычно в таких кампаниях важен трафик, поэтому нужно стремиться к снижению цены клика.

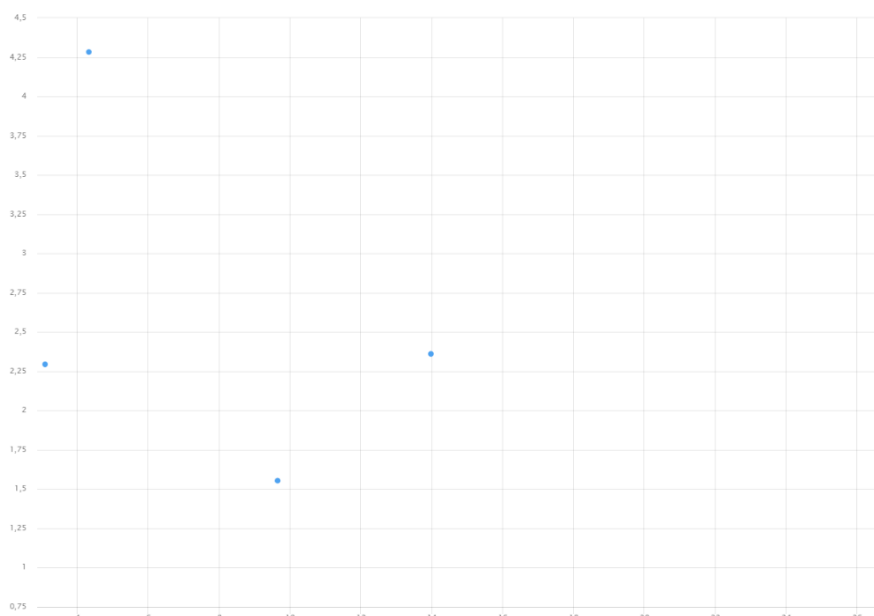


Рис. 5. Соотношение средней цены клика и CTR по объявлению

Для пяти объявлений на диаграмме мы видим, что в левую часть (самые дешевые клики) попали два объявления с самым высоким CTR, а вот объявление из правой части является самым неудачным, его можно отключить от показа.

DataLens предоставляет удобный инструмент для многомерного анализа – Pivot Tables. Аналогом в Excel являются сводные таблицы, однако здесь строить проще. Рассмотрим на примере аналитики соотношения кликов и отказов по ключевым фразам в разрезе объявлений (рис. 6).

Здесь сразу видно какое объявление какому запросу соответствует, и есть возможность проанализировать поведение пользователей.

Условие показа	Заходите вкусно поесть в Нижнем Новгороде		Не знаете где пожить в Нижнем Новгороде?		- бар ресторан в Нижнем Новгороде		- крафт бар в Нижнем Новгороде		- лучший г. в Нижнем Новгороде	
	Отказы	Клики	Отказы	Клики	Отказы	Клики	Отказы	Клики	Отказы	Клики
-самый										
лучшие пабы нижнего новгорода -рейтинг									50,00	
лучшие рестораны нижнего новгорода -10 -мясной -рождественская -рейтинг					19,35	33				
лучшие рестораны нижнего новгорода рейтинг -2025					33,33	3				
места где поесть нижний новгород -хороший	50,00	2								
необычные бары нижнего новгорода							100,00	1		
нижний новгород бары и клубы -ночной							0,00	1		
нижний новгород где поесть вкусно и недорого	21,92	76								
нижний новгород где покушать вкусно и недорого	30,00	10								
нижний новгород необычные кафе и рестораны					0,00	1				
нижний новгород отмечать день рождение ресторан					0,00	1				
паб нижний новгород -бар -хороший -меню -рождественская -пивная									33,33	
пабы в нижнем новгороде рейтинг-лучших									100,00	
пив бар нижний новгород							0,00	1		
пивной бар нижний новгород -хороший -рождественская -ресторан -рейтинг							0,00	1		
пивной ресторан нижний новгород -бар					0,00	3				
ресторан дичь нижний новгород					0,00	1				

Рис. 6. Сводный анализ объявлений и ключевых фраз

Также в таблице можно увидеть, нет ли дублей ключевых фраз по объявлениям, что неправильно – в таком случае объявления начинают конкурировать между собой.

Одним из самых удобных инструментов DataLens является дашборд. Можно создать дашборды для заказчиков (владельцев бизнеса), для специалистов по рекламе, для аналитиков. Если настроена автоматическая выгрузка данных из рекламного кабинета и Метрики, то создаются шаблоны дашбордов, которые автоматически заполняются при открытии.

Покажем дашборд на примере аналитики показателей в разрезе объявлений. Селектор – элемент дашборда, позволяющий выбрать один или несколько значений выбранного показателя. В нашем случае в качестве селектора был выбран заголовок объявления. На дашборд выведены показы, клики, конверсии, отказы, CR по объявлениям (рис. 7).

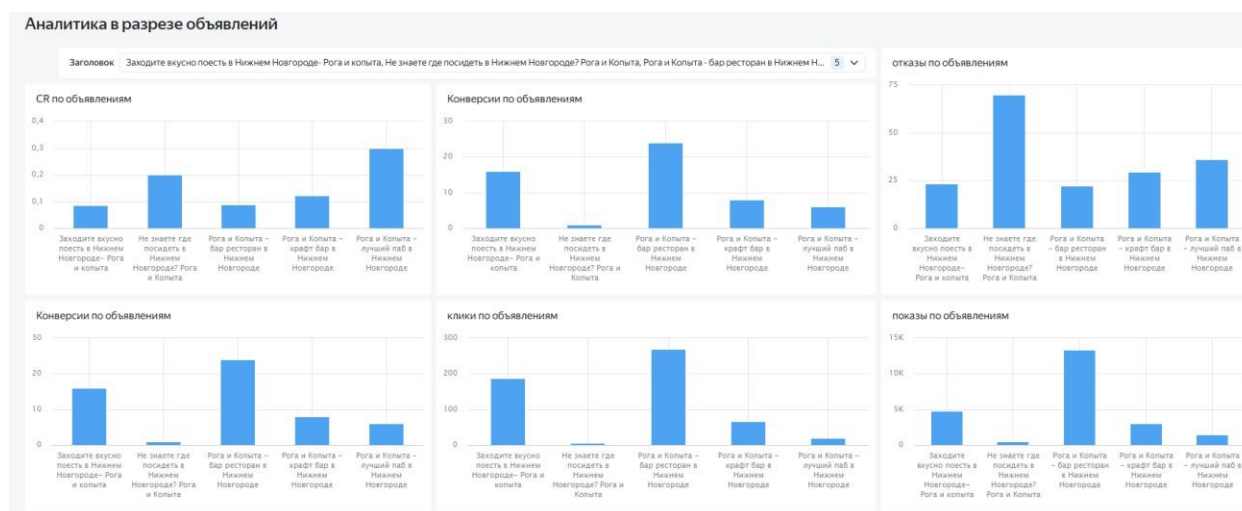


Рис. 7. Аналитика в разрезе объявлений

Подобный анализ можно проводить в разрезе демографических, возрастных, географических и прочих данных.

Для владельца рекламируемого бизнеса важны не показы и клики, а ценовые KPI – расход, стоимость привлечения клиента, окупаемость инвестиций.

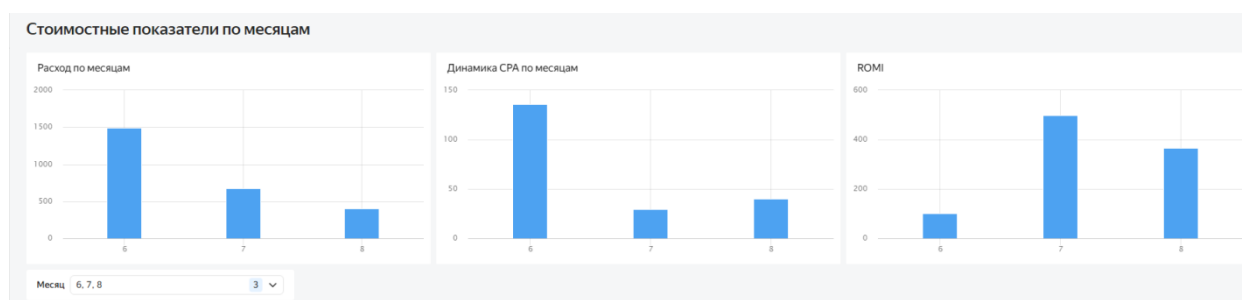


Рис. 8. Дашборд стоимостных показателей рекламной кампании

Дашборд наглядно показывает динамику стоимости основных показателей.

Демонстрация возможностей DataLens подтверждает, что данная система является мощным инструментом для трансформации сырых данных из рекламных кабинетов в наглядные управленческие отчеты. Переход от анализа разрозненных метрик к интерактивным дашбордам способствует повышению скорости и качества принятия маркетинговых решений.

Список использованной литературы:

1. Петров, А. С. Анализ рекламных кампаний с помощью сквозной BI аналитики / А. С. Петров, Ю. Ю. Шитова // Образование 4.0: Конкуренция, компетенции, коммуникации и креатив: Сборник научных трудов по материалам VI Международной научно-практической конференции, М., 01 апреля 2022 года / Редколлегия: А.А. Абаев, А.Г. Голова, Л.А. Часовская, В.Н. Акулинин. – М.:

- Российский государственный гуманитарный университет, 2022. – С. 76-85. – EDN GTGAPF
2. Шепелова, Н. С. Веб-аналитика как инструмент повышения эффективности цифрового маркетинга в России / Н. С. Шепелова, Н. Н. Шепелов // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. – 2025. – № 2. – С. 153-162. – EDN TXJRBS
 3. Леонова, Д. П. Анализ эффективности рекламных кампаний с помощью VI-систем / Д. П. Леонова, М. Е. Надеждина // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2025. – № 1(35). – С. 7-10. – EDN KQMVGP

РОЛЬ НЕЙРОСЕТЕЙ В ПРОДВИЖЕНИИ САЙТОВ

Беспалько А.А., Тутынина О.И.,
Нижний Новгород, ННГУ
Строганова Н.В., Тощев А.П.
*Нижний Новгород, Волго-Вятский
филиал ФГБОУ ВО Московского
института связи и информатики*

Аннотация: В статье рассматривается роль нейросетевых технологий в современном продвижении сайтов, с акцентом на использование искусственного интеллекта как инструмента для автоматизации рутинных задач SEO-специалистов. Описаны ключевые этапы поисковой оптимизации: анализ конкурентов, исследование ниши, сбор и кластеризация семантического ядра, создание и оптимизация контента, техническая и внешняя оптимизация, а также мониторинг результатов. Особое внимание уделено практическим аспектам внедрения нейросетей – от анализа структуры сайтов конкурентов и профилирования целевой аудитории до генерации текстов и LSI-элементов. Подчеркивается, что искусственный интеллект позволяет существенно повысить эффективность работы, однако финальное решение и контроль качества остаются за экспертом. Делается вывод о необходимости интеграции нейросетевых инструментов в digital-стратегии для достижения устойчивых конкурентных преимуществ в условиях роста сложности поисковых алгоритмов и увеличения конкуренции.

Ключевые слова: искусственный интеллект, нейросети, SEO

В последние годы нейросетевые технологии стремительно проникают во все сферы цифрового мира, и продвижение сайтов не стало исключением. Современные алгоритмы искусственного интеллекта позволяют автоматизировать рутинные задачи, анализировать поведение пользователей и формировать персонализированные рекомендации, что существенно повышает эффективность SEO и интернет-маркетинга.

Цель данной статьи – рассмотреть, как именно нейросети меняют подходы к продвижению сайтов, какие инструменты уже сегодня доступны специалистам и какие перспективы открываются перед бизнесом благодаря внедрению искусственного интеллекта в digital-стратегии.

Эффективное продвижение сайта включает последовательное выполнение ряда шагов, направленных на достижение максимальной видимости ресурса в сети и привлечение целевой аудитории [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Рассмотрим основные этапы продвижения сайтов.

1. Анализ конкурентов

Анализ конкурентов в SEO – это систематический процесс сбора, сравнения и интерпретации данных о сайтах – конкурентам с целью выявления эффективных практик и областей для улучшения собственной стратегии продвижения [1].

Основная цель этого этапа – увидеть общую концепцию будущей работы, разобраться в причинах попадания конкурента в ТОП выдачи. При этом снимаются такие показатели как ключевые слова, структура сайта, контент-активность, профили обратных ссылок и технические факторы на страницах, а также поведение пользователей и динамику рейтингов. В результате анализа формируются гипотезы для оптимизации и плана действий.

2. Аналитика и исследование ниши

Важный этап любого коммерческого проекта – тщательный анализ текущего состояния рынка и целевой аудитории [2].

Специалист проводит комплексное исследование ниши, выявляя ключевые тенденции, потребности аудитории и конкурентные преимущества, что позволяет сформировать эффективную стратегию продвижения. Исследование ниши включает анализ спроса, конкурентной среды и поведенческих факторов, что обеспечивает принятие обоснованных решений на всех этапах развития проекта.

3. Сбор семантики

Семантическое ядро представляет собой совокупность ключевых слов и фраз, отражающих содержание сайта и его тематику. Основной составляющей ядра являются ключевые фразы. Они помогают алгоритмам поисковых систем находить веб-страницы, наиболее соответствующие тематике запроса.

Ключевые фразы служат двум целям:

1. Показать поисковой системе, по каким запросам пользователей продвигается страница.
2. Понять пользовательские интенции и оптимизировать страницу под них.

В рамках этого этапа на основе семантического ядра осуществляется настройка метаданных, заголовков, описания страниц и всего контента

сайта, что является едва ли не главной составляющей успеха в продвижении сайта.

Сбор семантики подразумевает выполнение нескольких шагов.

Сбор исходных данных. Включает анализ конкурентов, проведение опросов и интервью с представителями целевой аудитории, выявление популярных запросов в своей отрасли. Согласно [4] в контент-маркетинге и SEO под интендом подразумевают желание, намерение или потребность пользователя. Это то, ради чего затевается поиск в Интернете, своего рода мотив пользователя.

Построение базиса. Базис – это несколько ключевых слов, который наиболее полно отражают тематику бизнеса в целом, именно на их основе будет строиться структура семантического ядра. Это короткие фразы, обычно состоящие из одного-двух слов, которые обозначают главные интенды.

Поиск ключевых фраз. Семантическое ядро представляет собой максимально полный набор ключевых фраз, отражающих тематику, структуру и содержание сайта [5].

Обычно семантически выделяют следующие виды ключей:

1. Информационные. Отвечают на самые актуальные вопросы пользователей о предлагаемом продукте/услуге. Используются на страницах блога или часто задаваемых вопросов.
2. Транзакционные. Говорят нам о том, что пользователь готов совершить целевое действие – купить, заказать, скачать. Этот набор ключевых фраз используется на посадочных страницах, подводя клиента к совершению целевого действия.
3. Навигационные. Включают поисковые запросы, отражающие желание пользователя перейти на определенный ресурс или страницу в Интернете. Потенциальные клиенты ищут конкретную компанию, продукт или услугу, уже зная название бренда или домен нужного сайта. Такие запросы применяются для оптимизации брендовых страниц.

Кластеризация. Чтобы каждая страница сайта соответствовала одному интенду, ядро разбивают на кластеры – сходные поисковые запросы [6]. Кластеризация запросов – это процесс группировки поисковых фраз по смысловой близости и намерению пользователя, что позволяет структурировать семантическое ядро сайта. Такой подход помогает создавать более релевантные страницы, улучшать структуру сайта и повышать эффективность SEO-продвижения. Один кластер соответствует контенту одной страницы сайта.

4. Оптимизация контента

Контент играет ключевую роль в привлечении трафика и удержании внимания пользователей. Синергия между оптимизацией сайта и его контентом не только повышает позиции в поисковой выдаче, но и создает

ценность для пользователей. С точки зрения SEO это благотворно влияет на поведенческий фактор, а с точки зрения маркетинга укрепляет позиции бренда на рынке.

Кроме ключевых фраз из семантического ядра используются LSI-фразы. Латентно-семантическое индексирование (LSI) – семантический алгоритм, который индексирует и находит тематически связанные фразы и слова. Благодаря этому контент становится более «живым» и адаптированным к пониманию человеком.

5. Техническая оптимизация

Сайт должен соответствовать современным стандартам качества и производительности [7]. Техническая оптимизация – это комплекс мероприятий, направленных на улучшение технических характеристик сайта: скорости загрузки, корректности кода, мобильной адаптивности и индексации поисковыми системами. Она обеспечивает стабильную работу ресурса, улучшает пользовательский опыт и способствует росту позиций в поисковой выдаче.

6. Внешнее продвижение

Внешняя оптимизация направлена на улучшение репутации сайта в глазах поисковых систем [8]. Подразумевает прежде всего наращивание качественной внешней ссылочной массы, публикация статей на сторонних ресурсах, взаимодействие с соцсетями и ведение активного блога. Чем больше естественных ссылок ведет на сайт, тем выше доверие к нему со стороны поисковых роботов.

7. Мониторинг и оценка результатов

Регулярный мониторинг показателей эффективности (посещаемости, глубины просмотра, коэффициентов конверсии) позволяет своевременно вносить коррективы в стратегию продвижения. Включает регулярный анализ ключевых показателей эффективности сайта, таких как трафик, позиции в поиске, конверсии и поведенческие факторы. Позволяет своевременно выявлять проблемы, корректировать стратегию продвижения и принимать обоснованные решения для дальнейшего развития проекта.

Внедрение нейросетевых технологий в процесс продвижения сайта

Внедрение нейросетевых технологий в процесс продвижения сайта становится важным шагом для повышения эффективности работы специалистов, позволяя делегировать рутинные и трудоёмкие задачи искусственному интеллекту. Современные SEO-инструменты, построенные на основе машинного обучения, берут на себя автоматический сбор и анализ семантического ядра, кластеризацию запросов, мониторинг позиций и техническую диагностику сайта, но помимо этого SEO-специалист выполняет множество ручной работы, занимающей много времени и сил. В рамках этой статьи мы не будем рассматривать такие инструменты как PR-CY, активно использующие AI. Наша задача выбрать те задачи, которые решаются при продвижении сайта непосредственно специалистом без

использования платных сервисов (по сути посредников, предоставляющих готовые решения). Мы выбрали три направления, в которых присутствует прямое взаимодействие оптимизатора и систем AI.

Анализ конкурентов на основе нейросетевых моделей

Технический анализ страниц сайта конкурента выполняется с помощью специальных сервисов. Вручную seo-специалист анализирует структуру – это достаточно трудоемкий процесс. В настоящее время доступны сервисы AI, умеющие анализировать структуру сайта постранично. Например, ChadGPT. Полученная структура используется как опорная и безусловно требует проверки и корректировки. Однако наличие базового плана существенно сокращает время на проведение этой работы.

На этапе анализа конкурентов нейросети также применяются для выборки базисных ключей на основе конкурентов. Дополнительно они могут указать на самые важные с точки зрения привлечения клиентов разделы, то есть фактически провести анализ целевой аудитории.

Еще один немаловажный момент, в котором помогает нейросеть – выделение УТП (уникального торгового предложения) на сайте, а также основных конкурентных преимуществ. В дальнейшем это будет существенным подспорьем в формировании контента сайта при выборе акцента позиционирования бизнеса.

Анализ целевой аудитории с применением нейронных сетей

Модели обработки естественного языка и эмбединги пользователей позволяют строить детальные профили аудитории и сегментацию по поведению. Маркетологи используют нейросети для классификации целевой аудитории, выявления мотивов и болевых точек аудитории. При продвижении сайта эта информация необходима при построении структуры блога, выборе тем статей и формировании ТЗ.

Грамотно сформулированные промпты [9] прекрасно работают и нейросеть делает полноценную сегментацию целевой аудитории. Приведем пример промпта:

Ты интернет-маркетолог, твоя задача - проанализировать целевую аудиторию сайта по продаже стройматериалов, в частности вагонки. Выдели четыре основных сегмента аудитории, опиши их страхи и желания. Желательно использовать информацию с форумов. Для каждого факта определи степень достоверности по пятибалльной шкале, укажи источники информации.

Информация о целевой аудитории также напрямую участвует в формулировке УТП и контента сайта.

Создание контента с участием нейросетевых инструментов

Этот этап является самым благодатным для применения нейросетей. Создание контента с участием нейросетевых инструментов позволяет значительно ускорить процесс генерации текстов, изображений и других медиаэлементов для сайта. Искусственный интеллект способен

анализировать интересы аудитории, предлагать актуальные темы, формировать структуру статей и даже генерировать уникальные изображения, что делает контент более разнообразным и привлекательным для пользователей. Такой подход не только экономит время специалистов, но и способствует поддержанию высокого качества и регулярности публикаций.

Для примера можно привести промпт на написание коммерческого текста для страницы под ключ «Купить вагонку».

Сгенерируй текст на 1000 символов для страницы под ключ «Купить вагонку». Ключ должен присутствовать в прямом вхождении один раз, слова из ключа по 3 раза дополнительно. Добавь слова LSI: «Панель деревянная» «Отделочный материал» «Интерьер» «Отделка» «Экологически чистый» «Природный декор» «Древесина натуральная» «Эстетика интерьера» «Стеновая панель» «Термообработка дерева» «Теплоизоляция помещения»

Следует помнить, что результат всегда требует тщательной проверки и доработки, но для опытного копирайтера, и даже для SEO-специалиста это не составит проблем.

Также нейросети предлагают различные варианты УТП на выбор и формулируют дополнительные контент элементы, например, заголовок страницы и описание для поисковых систем (сниппет). Причем практика показала, что с соблюдением требования гармонично и грамотно вписать в сниппет как можно больше слов LSI нейросеть справляется отлично.

Приведем пример промпта на написание УТП и сниппета.

Ты копирайтер для сайта по продаже стройматериалов. напиши УТП, которое будет размещено в заголовке H1, заголовок title и описание description. Требования: title не более 60 символов, ключ «Купить вагонку», Description не более 160 символов, ключ «Купить вагонку», добавить слова «скидка», «дерево», «липа», «осина», «Сосна», «доставка». H1 под ключ «Купить вагонку»

Результат вполне удовлетворителен и не требует доработки.

Также нейросеть отлично помогает сформировать контент-план или подобрать тематику статьи в соответствии с семантическим ядром.

Такой подход позволяет студентам не только понять принципы SEO-контента, но и развить навыки оценки качества материалов и адаптивного управления контент-стратегией.

Подводя итог, можно утверждать, что нейросети становятся не просто вспомогательным инструментом, а фундаментом современной индустрии продвижения сайтов. Интеграция искусственного интеллекта в процессы SEO и маркетинга позволяет бизнесу перейти от стратегии проб и ошибок к принятию решений на основе глубокого анализа данных.

Автоматизация анализа конкурентов, генерация оптимизированного контента и внедрение интеллектуальных систем аналитики значительно

сокращают временные затраты специалистов, освобождая ресурс для решения стратегических и творческих задач. Однако, несмотря на мощные возможности алгоритмов, роль человека остается ключевой: именно эксперт задает вектор развития, контролирует качество и адаптирует технологические решения под уникальные потребности бренда.

В условиях постоянно растущей конкуренции и усложнения алгоритмов поисковых систем использование нейросетей становится необходимым условием для сохранения лидирующих позиций. Те компании, которые смогут эффективно внедрить технологии искусственного интеллекта в свои digital-стратегии уже сегодня, получают долгосрочное преимущество, обеспечив своим ресурсам высокую видимость и лояльность целевой аудитории.

Список использованной литературы:

1. Ямали Д. Д. Современные тенденции и подходы к seo-продвижению сайтов // Научно-исследовательский центр «Technical Innovations». – 2023. – № 16. – С. 205-210. – EDN XELIOK.
2. Титова Н. А. Повышение конкурентоспособности компании за счет оптимизации коммерческих, поведенческих факторов и юзабилити сайта // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 12(149). – С. 872-880. – DOI 10.34925/EIP.2022.149.12.169. – EDN VKXZRI.
3. Лукина А. А., Маслова Ю. В. Контент профессиональных сайтов в аспекте продвижения библиотек // Вестник Казанского государственного университета культуры и искусств. – 2022. – № 3. – С. 39-43. – EDN VXPACV.
4. Климович Н. Г. Контент: топовые техники SEO-продвижения: практическое руководство – М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2025. - 364 с. - ISBN 978-5-9729-2178-2. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2226892> (дата обращения: 20.01.2026). – Режим доступа: по подписке.
5. Щербакова Д. В., Миндубаев Р. SEO оптимизация сайтов: эффективные технологии продвижения бизнеса через поисковые системы интернета Управление и экономика: исследования и разработки: Монография (научное издание) / Под общей редакцией Б.Н. Герасимова. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – С. 260-283. – EDN VXLRUO.
6. Щербакова Д. В., Миндубаев Р. Инструменты автоматизации SEO-процессов // Вопросы инновационной экономики. – 2023. – Т. 13, № 3. – С. 1477-1494. – DOI 10.18334/vines.13.3.118986. – EDN XEMCQJ.
7. Богомолов И. А., Дмитриев А. С., Киселев Ю. В. Использование машинного обучения для продвижения сайтов // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 5(101). – С. 59-68. – EDN KSHHFA.
8. Горячкин Б. С., Ковалева Н. А., Силантьева Е. Ю., Елизаров О. О. Разработка методов повышения эффективности SEO-оптимизации // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2023. – № 6-2. – С. 51-57. – DOI 10.37882/2223-2982.2023.6-2.10. – EDN TGGXYR.
9. Гришин Н. В. Применение инструментов на основе искусственного интеллекта в практической работе маркетолога // Практический маркетинг. – 2025. – № 7(337). – С. 31-36. – DOI 10.24412/2071-3762-2025-7337-31-36. – EDN NXRHLM.

РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ КОМПЕТЕНТНОСТИ ПЕРСОНАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Бичурин Э. В.
Москва, РТУ МИРЭА

Аннотация: В работе рассматривается подход к оценке компетентности персонала на основе методов машинного обучения. Актуальность исследования определяется усложнением кадровых решений, ростом объема данных о сотрудниках и необходимостью повышения воспроизводимости оценки. Компетентность трактуется как интегральная характеристика работника, отражающая уровень профессиональной подготовки, качество выполнения задач, способность к развитию, устойчивость результатов и особенности делового поведения. Исследование опирается на набор данных, сформированный по открыто публикуемым кадровым показателям, применяемым в практике оценки персонала. В работе реализован полный цикл анализа данных, включающий их подготовку, обработку пропусков, преобразование признаков, построение классификационной и регрессионной моделей, оценку качества, интерпретацию факторов и повторный запуск алгоритма после корректировки признакового пространства. Полученные результаты показывают, что машинное обучение позволяет повысить согласованность кадровой оценки, выявить наиболее значимые факторы компетентности и использовать единую аналитическую схему для поддержки решений о развитии, обучении и продвижении сотрудников.

Ключевые слова: Оценка компетентности персонала, управление персоналом, машинное обучение, кадровая аналитика, модель компетенций, прогнозирование, цифровизация, кадровые решения

Постановка проблемы

Оценка компетентности персонала остается одной из самых сложных задач в системе управления человеческими ресурсами. Организация принимает решения о развитии, обучении, продвижении и включении работника в кадровый резерв на основании большого числа разнородных признаков. В эту совокупность входят результаты профессионального тестирования, выполнение ключевых показателей, участие в проектах, дисциплинарные эпизоды, вовлеченность, экспертная оценка руководителя и обратная связь от коллег [1].

Главная трудность состоит в том, что традиционная кадровая оценка во многом зависит от субъективных факторов. Разные руководители могут по-разному трактовать одинаковые результаты, а различные подразделения используют отличающиеся подходы к фиксации достижений сотрудников.

В результате итоговая оценка теряет воспроизводимость и становится неудобной для сопоставления между подразделениями и периодами.

В таких условиях возникает потребность в модели, которая могла бы объединить разнородные кадровые показатели в единую систему и использовать их для расчета интегрального уровня компетентности [2, 3]. Подобная модель должна быть достаточно точной, чтобы отражать реальные различия между сотрудниками, и достаточно прозрачной, чтобы ее можно было применять в практике управления персоналом без потери управленческого смысла [4].

Цель выполненной работы заключалась в разработке подхода к оценке компетентности персонала с использованием методов машинного обучения и в проверке его работоспособности на наборе кадровых данных, сформированном на основе открытых источников и открыто публикуемых показателей оценки персонала.

Для достижения поставленной цели были решены несколько взаимосвязанных задач. Сначала была определена структура признаков, способных описать сотрудника с позиции профессиональной готовности, результативности и делового поведения. Затем был подготовлен набор данных, выполнена его очистка и унификация, после чего построен алгоритм предсказания интегрального балла компетентности и категориального уровня компетентности. На завершающем этапе были рассчитаны метрики качества, выполнен анализ влияния признаков и подготовлены визуальные материалы, позволяющие интерпретировать результаты.

Работа строилась как полный аналитический цикл. Это означает, что внимание уделялось не только обучению модели, но и этапам подготовки данных, формированию признаков, проверке качества результата и содержательному объяснению полученных выводов. Такой подход особенно важен в задачах управления персоналом, где числовой результат должен быть понятен специалисту кадровой службы и руководителю подразделения.

В исследуемом наборе данных использованы показатели, описывающие сотрудника с нескольких сторон. В таблице 1 представлены основные группы признаков, которые были включены в модель.

Выбранная структура признаков позволила описать сотрудника не с одной формальной стороны, а через сочетание профессиональной подготовки, реальной результативности и делового поведения. Для целей моделирования использовались две зависимые переменные. Первая переменная отражала интегральный балл компетентности и применялась в задаче регрессии. Вторая переменная представляла собой уровень компетентности и использовалась в задаче классификации.

Таблица 1

Состав ключевых признаков для оценки компетентности персонала

Группа признаков	Содержание
Социально-профессиональный профиль	Возраст, пол, образование, должность, подразделение, общий стаж, стаж в компании
Развитие и квалификация	Количество обучений и количество сертификаций
Контрольные показатели	Результаты профессионального и когнитивного тестирования
Результативность	Эффективность KPI, соблюдение сроков, число проектов, сложность проектов
Оценочные показатели	Оценка руководителя и оценка коллег
Поведенческий блок	Вовлеченность, инициативность
Дисциплина	Дисциплинарные эпизоды и дни отсутствия

Источник: Составлено автором

Логика алгоритма включала несколько повторяющихся стадий. На вход в систему поступали кадровые показатели сотрудника, после чего данные проходили этап контроля качества, заполнения пропусков и преобразования признаков. Затем выполнялось обучение модели или применение уже обученной модели к новым данным, рассчитывался прогноз и проводилась проверка результата. При накоплении новых наблюдений цикл повторялся. Схема работы алгоритма представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Циклическая схема работы алгоритма оценки компетентности персонала

Источник: Составлено автором

В качестве основных моделей были использованы ансамблевые методы на основе деревьев решений. Такой выбор объясняется устойчивостью этих алгоритмов к смешанной структуре признаков и возможностью оценивать вклад отдельных факторов в итоговый результат. До этапа обучения данные были разделены на обучающую и тестовую выборки, а для категориальных признаков применялось кодирование, обеспечивающее корректную работу модели с текстовыми значениями.

После завершения обучения модели были рассчитаны метрики качества классификации и регрессии. Основные результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2

Основные метрики качества построенных моделей

Задача	Метрика	Значение
Классификация уровня компетентности	Accuracy	0,537
Классификация уровня компетентности	Precision weighted	0,565
Классификация уровня компетентности	Recall weighted	0,537
Классификация уровня компетентности	F1 weighted	0,515
Регрессия интегрального балла	MAE	5,76
Регрессия интегрального балла	RMSE	7,25
Регрессия интегрального балла	R ²	0,302

Источник: Составлено автором

Полученные значения показывают, что модель улавливает значимую часть структуры кадровых данных и пригодна для аналитической поддержки решений. Наибольшую точность удалось получить в задаче определения интегрального балла, где средняя абсолютная ошибка осталась в приемлемых пределах. Классификационная постановка дала более сдержанный результат, что объясняется близостью отдельных групп сотрудников по ряду признаков и наличием пограничных случаев.

Для того чтобы понять, какие переменные сильнее всего влияют на итоговый прогноз, был выполнен анализ важности признаков. Результаты этого анализа показаны на рисунке 2.

Содержательный анализ подтверждает, что наибольшее влияние на оценку компетентности оказывают результаты профессионального тестирования, уровень выполнения ключевых показателей эффективности, оценка руководителя, соблюдение сроков и вовлеченность сотрудника [5]. Это означает, что модель опирается не на случайные характеристики, а на показатели, которые действительно связаны с качеством профессиональной деятельности.

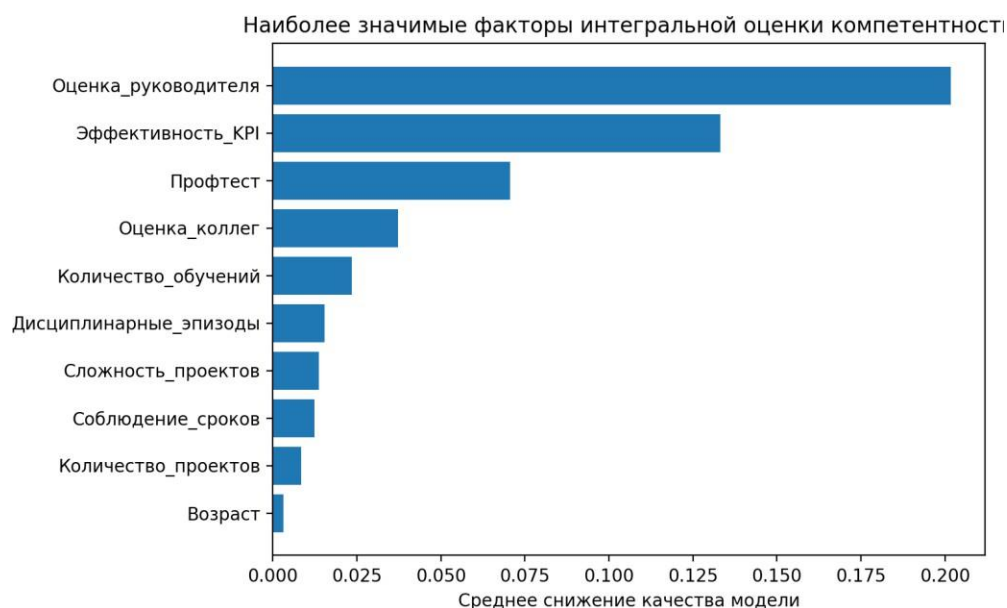


Рис. 2. Наиболее значимые признаки в модели оценки компетентности

Источник: Составлено автором

Дополнительное представление о структуре результата дает сравнение средних показателей по уровням компетентности. В таблице 3 приведены усредненные значения нескольких ключевых параметров для групп с низким, средним и высоким уровнем.

Таблица 3

Усредненные показатели по уровням компетентности

Уровень	Интегральный балл	Эффективность KPI	Профтест	Оценка руководителя	Обучения
Низкий	61,81	99,4	76,1	3,91	2,80
Средний	72,61	102,5	79,2	4,11	3,25
Высокий	83,69	106,5	82,4	4,31	3,80

Источник: Составлено автором

Данные таблицы показывают устойчивую тенденцию. По мере перехода от низкого уровня компетентности к высокому возрастают интегральный балл, значения профессионального теста, оценка руководителя и число обучающих мероприятий. Это свидетельствует о том, что модель различает сотрудников не по одному признаку, а по целостному набору показателей.

Разработанный подход может использоваться как аналитическая надстройка над существующими процедурами оценки персонала. Он подходит для предварительного ранжирования сотрудников, поддержки решений о включении в кадровый резерв, определения зон развития и

выявления случаев, когда экспертная оценка заметно расходится с фактическими показателями деятельности. Практическая ценность подхода состоит еще и в том, что он задает единый порядок работы с кадровыми данными. При регулярном обновлении набора наблюдений организация может повторно запускать цикл обработки, отслеживать динамику компетентности и получать более сопоставимые результаты между подразделениями и периодами.

Вместе с этим результаты следует интерпретировать как инструмент поддержки решений, а не как полную замену профессиональному кадровому суждению [6]. Любая модель ограничена качеством исходных данных и структурой наблюдаемых признаков. Там, где сотрудник работает в уникальном контексте или выполняет нестандартный набор задач, алгоритмическая оценка должна сопровождаться экспертным анализом.

Заключение

Выполненная работа показала, что задача оценки компетентности персонала может быть решена в формате полного аналитического цикла, включающего подготовку данных, построение признаков, обучение моделей машинного обучения и интерпретацию результатов. Предложенный подход позволил объединить в единой системе показатели профессиональной подготовки, результативности, дисциплины, развития и экспертной оценки. Результаты моделирования подтверждают, что наиболее значимыми факторами для оценки компетентности выступают результаты профессионального тестирования, эффективность выполнения задач, соблюдение сроков, оценка руководителя и вовлеченность. Это делает разработанный подход содержательно обоснованным и пригодным для прикладного использования в цифровых системах управления персоналом. Перспективы дальнейшего развития работы связаны с расширением набора признаков, адаптацией модели под отдельные профессиональные группы и совершенствованием процедур интерпретации результата. В практической плоскости предложенная схема может использоваться как база для регулярной аналитической оценки персонала и как инструмент, повышающий согласованность кадровых решений.

Список использованной литературы:

1. Зоткин, А. О. Компетентностный подход в управлении персоналом / А. О. Зоткин, Ю. О. Натейкина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 1-2(32). – С. 85-86.
2. Герасименко О.В., Лайхо М.К. Компетентностный подход в оценке персонала как фактор повышения ее эффективности // Телескоп. – 2024. – №2.
3. Решетникова А. А. Аналитика в управлении персоналом // Вестник магистратуры. – 2017. – № 1-3(64). – С. 102-103.
4. Воронова И.В., Рассказова О.А. Искусственный интеллект для управления персоналом // Путеводитель предпринимателя. – 2024. – №3.

5. Климчук, Т. В. Искусственный интеллект в сфере управления персоналом / Т. В. Климчук, М. А. Уваров // Вестник науки и образования. – 2020. – № 13-2(91). – С. 31-36.
6. Непомнящая Д.О. Использование компетентностного подхода при оценке персонала методом «360 градусов» // Бизнес-образование в экономике знаний. – 2018. – №2 (10).

ЦИФРОВЫЕ НАВЫКИ СОТРУДНИКОВ КАК ОСНОВА ВНЕДРЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В БИЗНЕС- ПРОЦЕССЫ

Винник В.К.

Нижний Новгород, ННГУ

Аннотация. Статья посвящена исследованию роли цифровых навыков сотрудников, как ключевого фактора успешного внедрения искусственного интеллекта в бизнес-процессы. В условиях стремительной цифровизации общества авторы анализируют понятие и виды цифровой компетентности. Уделяют особое внимание методологическим подходам к измерению базовых и специальных цифровых компетенций, необходимых для работы с искусственным интеллектом. Выявляют факторы, влияющие на развитие цифровых навыков среди населения. Представлены ключевые эмпирические данные за 2023–2025 годы: статистика внедрения ИИ, показатели дефицита цифровых компетенций, результаты прикладных обследований, а также конкретные кейсы корпоративных программ. Особое внимание уделено категориям персонала, чьи навыки критически влияют на успех ИИ-проектов.

Ключевые слова: цифровые навыки, искусственный интеллект базовые и специальные цифровые компетенции, методы оценки

Внедрение искусственного интеллекта (ИИ) в бизнес-процессы перешло из стадии экспериментов в фазу системной интеграции. По данным McKinsey (2025), 78% организаций применяют ИИ хотя бы в одной бизнес-функции. В 2024 году этот показатель составлял 72%. В 2023-м – лишь 55%. Темпы нарастают [1,2]. Одновременно, как зафиксировано в том же обследовании, только 23% компаний уверены, что обладают кадровым потенциалом для реализации своих ИИ-амбиций. Разрыв очевиден.

По данным Enterprise Strategy Group (2024), почти треть организаций уже запустили генеративный ИИ в продуктивную эксплуатацию, а доля зрелых инициатив удвоилась: с 4% до 8% [3]. В России объём проектов по работе с данными и ИИ вырос в 2024 году на 40% по сравнению с 2023 годом, сообщает ООО «Рексофт».

Успех определяется не столько мощностью инфраструктуры, сколько цифровыми компетенциями персонала. Провалы ИИ-проектов носят не технологический, а кадровый характер.

По оценке Pluralsight (2023), 95% руководителей и 94% ИТ-специалистов убеждены: инициативы в области ИИ потерпят неудачу из-за сотрудников, не умеющих эффективно пользоваться инструментами. Эти цифры впечатляют. В опросе TechTarget (2024) 41% компаний назвали нехватку экспертизы главным препятствием для поддержки генеративного ИИ [4]. Показатель вырос по сравнению с предыдущим периодом.

Согласно отчету Data Camp «The State of Data & AI Literacy 2024», основанному на опросе 550 бизнес-лидеров, 62% руководителей признают наличие разрыва в AI-грамотности внутри своих организаций. Еще 86% респондентов считают информационную грамотность критически важной для повседневных задач сотрудников [5].

Результаты Cedefop (2025) показывают: более четверти взрослого трудоспособного населения Европы уже экспериментируют с ИИ на рабочем месте [6]. Стихийное освоение. Без системной подготовки.

Парадоксальную картину дают исследования Tech.io (2023): 63% работников назвали своих руководителей «цифрово-неграмотными», а две трети бизнес-лидеров не внедряли ИИ именно из-за недостаточной осведомленности о его возможностях. Управленческий уровень становится узким горлышком цифровой трансформации. По данным Docusign (2024), 72% британских компаний испытывают нехватку компетенций в таких областях, как ИИ, аналитика данных и кибербезопасность – рост с 69% в 2023 году. Количество компаний, применяющих ИИ для закрытия кадровых пробелов, выросло на 42% за 2024 год [7].

Провалы ИИ-проектов имеют измеримые экономические последствия. По отчету McKinsey, 90% пилотных проектов генеративного ИИ полностью проваливаются. Причина – отсутствие информационной грамотности у персонала, а не технические ограничения. Лишь 50% компаний обладают необходимыми компетенциями в сфере ИИ. В британской экономике дефицит цифровых навыков обернулся потерей производительности в размере £275 млн, согласно отчету Docusign (2024). Потери ощутимые.

Согласно Pluralsight (2023), 97% организаций, внедривших ИИ, получили положительный эффект. Однако 25% компаний не планируют внедрение ИИ вовсе, ссылаясь на нехватку бюджета или квалифицированных кадров. Среди внедривших 18% отметили рост производительности, 13% – улучшение клиентского сервиса, 11% – снижение затрат.

Всемирный экономический форум в отчете «Future of Jobs Report 2025» прогнозирует чистый прирост 78 млн рабочих мест к 2030 году (170 млн новых ролей против 92 млн вытесненных). При этом 85,7%

работодателей рассматривают ИИ, большие данные, виртуальную и дополненную реальность как главный технологический драйвер трансформации бизнеса.

Опрос обучающихся высших школ образования показал: 46% студентов считают ИИ обязательным элементом учебной программы – против 40% в 2023 году и 29% ранее. Рост очевиден.

На основе анализа вакансий в странах-членах установила: в профессиях с высокой экспозицией к ИИ наиболее востребованы управленческие и деловые компетенции: управление проектами, финансы, администрирование. Специализированные навыки машинного обучения требуются меньшинству работников. При этом в указанных профессиях доля вакансий, требующих как минимум одного эмоционального, когнитивного или цифрового навыка, выросла на 8 процентных пунктов.

Отдельного внимания заслуживает гендерный аспект. Женщины составляют в среднем 26,8% специалистов с AI-инженерными навыками. Лидирует Сингапур с показателем 35%. В России число вакансий, связанных с ИИ и машинным обучением, выросло в 2023–2024 годах почти вдвое.

В 2024 году 40% российских компаний применяли ИИ для разработки обучающих курсов для сотрудников. В 2023 году таких было лишь 13%, сообщает сообщество Digital Learning. Рост втрое за год.

По оценке старшего преподавателя факультета компьютерных наук НИУ ВШЭ Марии Горденко (2025), спрос на корпоративные курсы по ИИ в России увеличился в 2,5 раза. В Москве 22% тендеров на обучение нейросетям в 2024 году приходились на корпоративный сектор [10].

ПАО «Ростелеком» в 2023 году запустило программу «Аналитика данных и методы искусственного интеллекта» объёмом 256 часов, состоящую из четырёх модулей с промежуточной и итоговой аттестацией.

По данным RB.RU (2024), спрос на специалистов, владеющих ИИ-технологиями, в России вырос на 62% за два года; 39% компаний планировали увеличить бюджет на корпоративное обучение в 2024 году [11].

На международном уровне DataCamp (2024) зафиксировал: 72% руководителей готовы платить зарплатную надбавку сотрудникам с развитой data literacy. GMAC (2024) подчеркивает: работодатели ценят стратегическое мышление и коммуникативные навыки не меньше, чем технические компетенции. Интеграция ИИ в развитие этих навыков становится для них всё более приоритетной.

В ходе нашего исследования было выявлено, что две трети бизнес-лидеров не внедряют ИИ из-за недостаточной осведомленности о его полезности. Без цифровой грамотности управленческого звена любые инициативы «снизу» обречены на бюрократическое угасание.

Согласно «Рексофт» (2024), внедрение мультиагентных систем на базе больших языковых моделей позволяет экономить 1–2 часа на каждую задачу для топ-менеджеров. Однако эффективность генераторов кода в полном цикле разработки ПО пока не превышает 15%. Квалификация ИТ-персонала напрямую влияет на отдачу от внедрения [12]

DataCamp отмечает: 4 из 7 наиболее быстрорастущих навыков, ожидаемых руководителями от своих команд, относятся к сфере данных и ИИ. Без базовой цифровой грамотности персонала автоматизация превращается в хаос.

Принято разделять цифровые компетенции на базовые и специальные. При этом базовые цифровые компетенции представляют собой совокупность знаний и практических навыков, необходимых для эффективного использования современных ИТ-технологий в повседневной жизни и профессиональной деятельности, не связанной непосредственно с ИТ-профессиями. Эти компетенции отражают уровень цифровой грамотности человека, определяя способность адаптироваться к цифровизированному обществу и эффективно решать повседневные задачи. Формирование базовых цифровых компетенций является непрерывным процессом, происходящим на протяжении всей жизни и не зависящим исключительно от формального профессионального образования.

«Специальные цифровые компетенции – это категория, которая включает в себя знания и умения применять ИТ-технологии в рамках своей профессиональной деятельности (профессии) для эффективного решения рабочих задач» [13]. Специальные цифровые компетенции формируются в ходе прохождения специального узкопрофессионального обучения. Например, для программистов и специалистов, связанных с программным обеспечением, тестированием и разработкой информационных систем таковым является знание программных языков. В процессе профессиональной деятельности специальные компетенции плотно переплетаются с базовыми, дополняя или заменяя их.

Цифровые компетенции (базовые и специальные) включают широкий спектр навыков, необходимых для эффективного взаимодействия с технологиями и информацией в цифровом пространстве.

Оценка уровня развития цифровых навыков сотрудников осуществляется на двух этапах: при трудоустройстве и в ходе дальнейшей профессиональной деятельности. Работодатель получает конкретные данные о степени сформированности информационных навыков у своих сотрудников.

Для оценки цифровых компетенций применяются разнообразные подходы и методы.

Опросники и анкетирование. Опросники включают вопросы, касающиеся осведомленности пользователей о цифровых ресурсах, умения

решать задачи с использованием ИТ-технологий и способности критически оценивать полученную информацию.

К примерам известных инструментов анкетирования относятся:

1. Европейская рамочная программа оценки цифровой компетенции населения (European Digital Competence Framework for Citizens (DigComp));
2. Международное исследование компьютерной и информационной грамотности школьников (International Computer and Information Literacy Study (ICILS)).

На втором месте стоит метод *тестирования*. Использование тестов позволяет оценить уровень конкретных навыков и умений пользователей. Тесты часто ориентированы на проверку знаний и практических навыков работы с офисными приложениями, интернет-ресурсами, базами-данных и специализированными профессиональными программами. Тест могут проводиться офлайн и онлайн. Примерами подобных тестов являются:

- сертифицированные экзамены Microsoft Office Specialist (MOS);
- профессиональные сертификации Google Analytics и Google ADS;
- экзамены по кибербезопасности.

Преимуществом данного метода является объективность результатов, стандартизация подходов, возможность сертификации. Но при этом необходимо наличие специализированных платформ тестирования, ограниченная оценка реальных практических навыков.

Для российских промышленных предприятий Васяйчева В.А. (2024) разработала механизм оценки цифровой зрелости персонала. Предложенный инструментариум расширяет методологическую базу руководителей и формирует опору для ускорения модернизационных процессов, переводящих предприятия в состояние инновационной активности.

Особо критична оценка цифровых компетенций для сотрудников промышленных предприятий. Как показало исследование Васяйчевой В.А. (2024), осуществление тотальной цифровизации без учета цифровой зрелости персонала может стать началом трудно реализуемого пути, сопровождающегося большим количеством кадровых рисков и экономических потерь.

Мерзликин Н.А., Чернова М.П., Каракешисян Н.П. и Магомедова К.З. (2025) разработали методику оценки цифровых компетенций работников предприятия, основанную на системном подходе. Методика позволяет объективно определять имеющийся уровень цифровых навыков сотрудников, выявлять пробелы и потребности в обучении, использовать результаты оценки в области управления персоналом.

Наблюдения и кейсовые задания – метод, который предполагает наблюдение за деятельностью субъектов образовательной среды в реальных ситуациях, связанных с применением цифровых технологий. Участникам предлагается решить практические задачи, отражающие реальные жизненные ситуации, что помогает определить качество сформированных навыков. Наблюдатели фиксируют процесс выполнения, выявляя сильные и слабые стороны. Например:

- анализ поведения студентов при работе над исследовательским проектом с использованием онлайн-ресурсов;
- оценка эффективности педагогического мастерства преподавателя при применении интерактивных методик обучения;
- разработка простейшего приложения;
- настройка локальной сети;
- создание инфографики и т.д.

Данный метод позволяет оценить реалистичность условий проверки, возможность оценки способности применять знания на практике. При этом, конечно, это трудоемко для организации наблюдения, существует сложность разработки заданий.

Метод портфеля достижений «портфолио» основан на сборе и анализе работ и проектов, выполненных студентом или преподавателем с использованием цифровых ресурсов.

Оценка цифровых компетенций перестает быть вспомогательной HR-процедурой. Она становится стратегическим инструментом обеспечения технологической конкурентоспособности организации. Многие крупные коммерческие организации начали обучать своих сотрудников и предлагать свои школы для обучения всех желающих.

В 2025 году Совкомбанк реализовал многоуровневую систему обучения по работе с ИИ, охватив 90% сотрудников. Проведены хакатоны, запущены чат-боты и созданы ИИ-дайджесты. Реализовано свыше 300 проектов в области автоматизации и цифровизации процессов. Разработана стратегия с пятиуровневой программой обучения. Запущена локальная языковая модель для безопасной работы с конфиденциальными данными.

Альфа-Банк представил проект GenAI-аватаров для обучения сотрудников. Цифровые двойники создают обучающий видео контент с помощью ИИ. Время создания контента сократилось до 30 минут. Бюджет на обучение снижен на 90%.

СберУниверситет в 2025 году удостоился премии Digital Learning. Победа усилила его позиции как одного из лидеров корпоративного обучения в России. Ахеніх провела обучение по цифровой культуре для 70 руководителей среднего звена компании «Мондэлис Русь» с акцентом на развитие цифрового мышления и навыков работы с современными

технологиями. Внедрение платформы iSpring Learn в Sela позволило поднять показатель обученности персонала до 89 [14].

Крупные компании называют дефицит навыков главным барьером для масштабного внедрения ИИ. 75% существующих рабочих мест потребуют перепроектирования, повышения квалификации или перераспределения к 2030 году. Лишь 8% предприятий успешно масштабировали несколько ИИ-инициатив; большинство застряли в пилотном режиме.

Список использованной литературы:

1. McKinsey & Company. The State of AI 2025 survey. – URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai> (дата обращения 14.04.2026)
2. McKinsey & Company. Global AI Survey 2024. – URL: <https://www.mckinsey.com/about-us/new-at-mckinsey-blog/mckinsey-alliances-bring-the-power-of-generative-ai-to-clients>(дата обращения 14.04.2026)
3. Pluralsight. AI Skills Report 2023. – URL: <https://www.pluralsight.com/resource-center/ai-skills-report-2023> (дата обращения 14.04.2026)
4. Enterprise Strategy Group. The State of the Generative AI Market 2024. – URL: <https://www.techtarget.com/esg-global/research-report/the-state-of-the-generative-ai-market-widespread-transformation-continues-2/>(дата обращения: 14.04.2026).
5. DataCamp. The State of Data & AI Literacy Report 2024. – URL: <https://www.datacamp.com/report/data-ai-literacy-report-2024> (дата обращения 14.04.2026)
6. Cedefop. Skills empower workers in the AI revolution: first findings from Cedefop's AI skills survey (2025). DOI: 10.2801/6372704 (дата обращения: 14.04.2026).
7. Docusign. Digital Maturity Report 2024. – URL: <https://www.docusign.com/digital-maturity-report> (дата обращения: 14.04.2026).
8. Tech.io Research 2023, цит. по Fortune Europe. – URL: <https://fortune.com/europe/2024/11/01/6-out-of-10-ceos-digitally-illiterate-workers/> (дата обращения: 14.04.2026).
9. OECD. Artificial intelligence and the changing demand for skills in the labour market (2024). DOI: 10.1787/dee339a8-en (дата обращения: 14.04.2026).
10. Горденко М., НИУ ВШЭ. Анализ спроса на корпоративное обучение ИИ в РФ (2025). – URL: <https://www.mskagency.ru/materials/3484891>(дата обращения 14.04.2026)
11. RB.RU. Исследование рынка труда и корпоративного обучения (2024). – URL: <https://rb.ru/story/korporativnoe-obuchenie-2024/> (дата обращения 14.04.2026)
12. Рексофт. Анализ рынка ИИ-решений в России (2024). – URL: <https://data.korusconsulting.ru/press-center/blog/ii-analitiki-multiagency-i-generatory-kodov-spros-na-ii-resheniya-v-rossiyskom-biznese-vyros-na-40/>(дата обращения: 14.04.2026).
13. Симарова И.С., Алексеевичева Ю.В., Жигин Д. В. Цифровые компетенции: понятие, виды, оценка и развитие // Вопросы инновационной экономики. – 2022. – №2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-kompetentsii-ponyatie-vidy-otsenka-i-razvitiye> (дата обращения: 14.04.2026).
14. СберУниверситет удостоился премии Digital Learning 2025. – URL: <https://sberuniversity.ru/about/news/748/> (дата обращения: 14.04.2026).

СОЦИАЛЬНЫЕ СЕТИ КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ БИЗНЕСА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Горская Н. Н., Ганюшина А.М.
Нижний Новгород, ННГУ

Аннотация: Роль социальных сетей в современном мире меняется от простого места для общения с друзьями до стратегически важной полноценной площадки для коммуникации бизнеса с клиентами., особенно учитывая особенности поколения Z и рекомендательных алгоритмов. В связи с этим возникает такое явление как «информационный хаос», который приводит к потере клиентов за счет неструктурных бизнес-процессов в отделе по работе с социальными сетями. В связи с ростом важности социальных сетей бизнесу необходимо автоматизировать процессы и делать это максимально грамотно.

Ключевые слова: цифровизация, социальные сети, информационная система

В условиях цифровой трансформации бизнес все чаще вынужден коммуницировать с потенциальными клиентами или соискателями с помощью социальных сетей. В 2026 году социальные сети перестали второстепенным каналом для коммуникации. Сейчас социальные сети – это полноценные торговые площадки, платформы для клиентской поддержки и инструменты глубокой бизнес-аналитики.

Особенно такая коммуникация важна с поколениями Z и Alpha. По данным исследования [1], в среднем, представитель поколения Z проводит от 2 до 6 часов в социальных сетях ежедневно.

Time spent on social media daily,¹ % of respondents (n = 41,960)

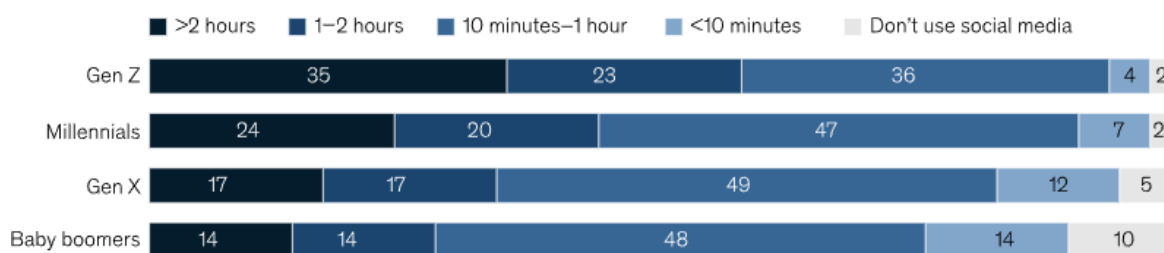


Рис. 1. Время, которое разные поколения проводят
в социальных сетях

Именно поэтому социальные сети являются «точкой входа» для знакомства с компанией и покупки. Учитывая важность взаимодействия с социальными сетями, многие компании создают отделы по работе с социальными медиа, где SMM-специалисты (SMM – социальный медиа

маркетинг) занимаются продвижением бренда или продукта через социальные сети.

Обычно используются публичные группы в таких социальных сетях как ВКонтакте и МАХ. Помимо этого есть дополнительные площадки (Яндекс.Дзен, VC.ru и прочие) и форматы (каналы во ВКонтакте, чаты в МАХ).

Почти каждая из площадок на данный момент имеет рекомендательные алгоритмы.

Рекомендательные алгоритмы – это технология, которая позволяет на основе анализа данных о пользователе предлагать ему соответствующие его потребностям товары, услуги и цифровой контент [2].

Рекомендательные алгоритмы можно сравнить с продавцом-консультантом, который готов помочь с поиском товара, сообщить о похожих товарах. Отличие рекомендательного алгоритма от продавца в том, что последний, как правило, ничего о вас не знает, а рекомендательному алгоритму может быть известно даже то, что вы, возможно, предпочли бы никому не рассказывать.

Международная консалтинговая компания Mc Kinsey&Company отмечает, что рекомендательные алгоритмы генерируют 35% продаж для компании Amazon, а на платформе Netflix 75% контента, к которому пользователи проявляют интерес, предлагается рекомендательными алгоритмами [3]. Кроме того, благодаря рекомендательным алгоритмам пользователи проводят больше время в социальных сетях, так как они смотрят контент, который им интересен.

Стоит понимать, что современный SMM – это не просто текст с фотографией, а большая технологическая цепочка. Данная цепочка включает в себя:

1. Формирование SMM-стратегии (анализ и сегментация целевой аудитории, разработка рубрикаторов, разработка коммуникационной стратегии и прочее).
2. Создание контент-плана с учетом маркетинговых мероприятий и целей, инфоповодов.
3. Создание и оформление визуального фото- и видео-контента (на данный момент для создания контента нет необходимости организовывать съемки, многие компании используют для этого искусственный интеллект).
4. Создание и оформление текстовых материалов.
5. Адаптация под разные площадки и публикация контента.
6. Сбор и анализ статистики.
7. Корректировка SMM-стратегии.

Из-за роста рынка и объемов данных ручное управление процессами по реализации продвижения в социальных сетях становится невозможным даже в малом и среднем бизнесе. Так, например, в SMM есть основная

метрика – Engagement Rate (ER) – для подсчета которой надо сложить все реакции (лайки, комментарии, репосты) на посте и разделить на охват поста. При выкладке в среднем 20 постов в месяц такая задача займёт более часа, не учитывая анализ данных. При этом бизнес не может себе позволить оплачивать такие простые задачи, поэтому возникает потребность в автоматизации данной и других задач.

Переход от периодической выкладки постов к регулярному целенаправленному процессу по продвижению в социальных сетях всегда сопровождается резким ростом сложности управленческих процессов [3]. На этом этапе бизнес сталкивается с таким понятием как «информационный хаос». Основными факторами, усложняющими масштабирование SMM-деятельности, являются:

1. Многоканальность контент-производства. Современная стратегия продвижения требует одновременного ведения нескольких площадок (VK, Telegram, одноклассники и др.), каждая из которых имеет свои технические требования и форматы. В отсутствие единой системы координации возникает риск рассинхронизации процессов и в следствии нарушения графиков публикаций.

2. Высокая интенсивность внешних коммуникаций. Рост популярности бренда в социальных сетях ведет к увеличению потока входящих сообщений и комментариев. Скорость ответа в цифровой среде становится важным фактором конкурентоспособности: согласно исследованиям, современные потребители ожидают реакции бренда в течение первых 30–60 минут. Ручная обработка запросов в разных мессенджерах неизбежно ведет к потере лидов и снижению лояльности аудитории.

3. Сложность сбора и интерпретации аналитических данных. Для принятия обоснованных управленческих решений бизнесу необходимо отслеживать десятки метрик (ER, Reach, CPF, количество лидов). При ручном управлении сбор статистики из разрозненных кабинетов и её сведение в таблицы (например, MS Excel) занимает до 30–40% рабочего времени специалиста. Более того, возрастает вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором, что искажает реальную картину окупаемости инвестиций (ROI).

Использование «традиционных» методов управления, таких как электронные таблицы или чаты в мессенджерах, на этапе роста становится неэффективным.

Так, например, в Таблице 1 представлено сравнение временных затрат на основные бизнес-процессы.

Таблица 1

**Сравнительная характеристика трудозатрат при нагрузке 40
постов/месяц**

Наименование процесса	Организация деятельности без автоматизации, ч	Использование автоматизированного подхода, ч	Экономия времени, %
Сбор статистики и формирование отчета для руководства	6	1	83%
Постановка и контроль статуса задач (координация)	4	1,5	62%
Согласование контент-плана и правок с руководителем отдела	5	2	60%
Поиск и систематизация медиаматериалов	3	0,5	83%
Итого в месяц при нагрузке 40 постов/месяц	18	5	72%

Источник: составлено автором на основе анализа бизнес-процессов

Как видно из таблицы 1, суммарная экономия времени на обслуживание одного проекта может составить до 72%. В условиях цифровизации это позволяет отделу снизить затраты на сотрудников перенаправив бюджет в рекламный бюджет, что однозначно принесёт больше прибыли компании.

Таблица 1 показывает необходимость внедрения информационной системы для автоматизации рабочих процессов отдела по работе с социальными сетями.

Для работы с социальными сетями существуют различные программные средства:

1. Для планирования и контент-стратегии
2. Для создания контента
3. Для управления публикациями
4. Для анализа и отчетности
5. Для автоматизации

В рамках развития бизнеса важны средства для управления публикациями, анализа, отчетности и автоматизации. Для сравнительного анализа программных средств возьмём из каждого из этих групп по одному самому популярному средству:

1. Для управления публикациями – SMM PLANNER
2. Для анализа и отчетности – Bitrix24
3. Для автоматизации – Trello

Результаты анализа различных программных продуктов возможных для использования в деятельности отдела, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительный анализ программных продуктов

Критерии сравнения	SMMplanner	Bitrix24	Trello	Необходимое требование
Планирование и автопостинг	Да (отлично)	Нет	Нет	Частично (только планирование)
Встроенный модуль Lead Management	Нет	Да (сложно)	Частично	Да (специализированный)
Многоуровневое согласование (workflow)	Нет	Да	Да	Да (упрощенное)
Автоматическая аналитика и отчеты	Да	Нет	Нет	Да
Гарантированный архив (6 месяцев)	Нет (зависит от тарифа)	Да	Нет	Да (локальный/облачный)
Ролевой доступ (Дизайнер/Копирайтер)	Ограниченно	Да	Да	Да (полный)
Сложность внедрения и стоимость	Низкая (подписка)	Высокая	Средняя	Низкая (собственная разработка)

В условиях глобальной цифровизации социальные сети превратились из вспомогательной площадки в стратегический актив и ключевой канал продаж для бизнеса. Однако для оценки финансового результата необходима четкая архитектура управления, связывающая творческий этап разработки идеи с этапом глубокой бизнес-аналитики.

Анализ популярных программных продуктов, таких как SMMplanner, Bitrix24 и Trello/Asana, показал, что существующие готовые решения обладают функциональной ограниченностью. Ни одно из них не способно в полной мере закрыть специфический цикл задач SMM. Использование разрозненных инструментов неизбежно ведет к росту потере данных.

В связи с этим проектирование и последующая разработка специализированной информационной системы являются необходимым шагом для перехода к системному управлению SMM-отделом.

Список использованной литературы:

1. Gen Z mental health: The impact of tech and social media. McKinsey Health Institute [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mckinsey.com/mhi/our-insights/gen-z-mental-health-the-impact-of-tech-and-social-media> (дата обращения: 08.04.2026).

2. Рекомендательные алгоритмы: [Электронный ресурс]. – URL: <https://4people.grfc.ru/analytics-and-legislation/case-studies/rekomendatelnye-algoritmy> (дата обращения: 14.04.2026).
3. How retailers can keep up with consumers : [Электронный ресурс] // McKinsey & Company, 2023. – URL: <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/how-retailers-can-keep-up-with-consumers> (дата обращения: 14.04.2026).

МНОГОЗАДАЧНАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ С МНОГОВХОДОВОЙ АРХИТЕКТУРОЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ БЮДЖЕТНЫХ ИНДИКАТОРОВ

Граница Ю.В.

ННГУ им. Н.И. Лобачевского

Аннотация. Статья посвящена анализу результатов прогнозирования региональных бюджетных индикаторов на основе многозадачной полносвязной нейронной сети прямого распространения. Актуальность темы обусловлена высокой неопределённостью динамики доходов и расходов региональных бюджетов и необходимостью повышения качества бюджетного планирования, при этом традиционные методы прогноза часто не учитывают нелинейные и многомерные связи между экономическими и фискальными индикаторами, что приводит к значительным ошибкам.

В работе реализованы адаптивная схема краткосрочного прогнозирования, при которой модель на каждом шаге пересматривает свои параметры с учётом фактически реализовавшихся значений ряда, а также встроенная процедура обработки неполных панельных данных через маскирование и медианную импутацию, что обеспечивает устойчивость модели к пропускам и позволяет формировать последовательные краткосрочные прогнозы даже в условиях существенной неполноты исходной информации.

Ключевые слова: полносвязная нейронная сеть прямого распространения, панельные данные, прогнозирование, региональные бюджетные индикаторы, гибридный подход.

На современном этапе развития российской экономики усиливается пространственная неоднородность темпов роста, налогового потенциала и бюджетной обеспеченности регионов, что делает качество планирования и прогнозирования региональных бюджетов определяющим условием устойчивости всей бюджетной системы и результативности региональной политики государства. Устойчивость финансов субъектов Федерации зависит от того, насколько органы власти способны заранее оценивать динамику доходов и расходов, гибко подстраивать бюджетную политику под изменения макроэкономической конъюнктуры и институциональной среды.

Применяемые в регионах подходы к бюджетному прогнозированию зачастую основаны на механической экстраполяции прошлых трендов и субъективных экспертных оценках. Такие методы слабо отражают сложный, нередко нелинейный характер связей между динамикой реального сектора, формированием налоговой базы и параметрами бюджетов, что порождает значительные ошибки прогнозов, в результате усиливается неопределённость бюджетных ориентиров, что сужает горизонты стратегического планирования

Преимущества нейросетевых моделей в сравнении с традиционными подходами для прогнозирования региональных социально-экономических индикаторов отмечены в работах российских и зарубежных авторов, в частности, Александрова Е.Е. [1], Liang H, Zeng H [2], Ugulava Gocha [3], M. Wu [4], Meng L.[5] , Zhang Q, Yan L. [6]

Полносвязные сети наиболее универсальны для моделирования сложных нелинейных зависимостей между экономическими показателями, когда временной аспект не является доминирующим.

Авторы отмечают, что полносвязные нейросетевые модели подходят для прогнозирования показателей регионов с волатильными данными, при этом снижая ошибку прогноза на 15–20% в сравнении с классической линейной регрессией, эффективны для интеграции множественных индикаторов, но нуждаются в регуляризации для борьбы с переобучением.

Объект анализа в текущем исследовании представляет собой панельные данные, включающие региональные социально-экономические и бюджетные индикаторы, характеризующиеся ограниченным временным периодом наблюдения с 1999 по 2023 гг.

Отбор целевых переменных для построения нейросетевой модели нами осуществлен на основе анализа трудов, посвященных вопросам региональной экономической безопасности таких исследователей как Zakharchuk , E. A., Pasyukov , A. F. [7], Pravdina , N. V., Danilova, I. V.[8], Kirsanova, N.; Nevskaya, M.[9], Волошенко К. Ю. [10], Vladimir V. Klimanov, Sofia M. Kazakova [11].

Для реализации задач предложим полносвязную нейронную сеть прямого распространения, прогнозирующую одновременно налоговые, неналоговые доходы расходы и бюджетные расходы на национальную экономику, включающие затраты на мероприятия, направленные на развитие экономической сферы, поддержку бизнеса, инфраструктурные проекты.

В предлагаемой нами модели используется гибридный подход, объединяющий числовые и категориальные данные через embedding-слои. Каждый регион получает 8-мерный вектор, который обучается вместе с моделью. Вектор кодирует не строку, а регион как сущность с собственной структурой. Такой прием позволяет моделировать латентные факторы региона при панельной структуре данных.

Фактически embedding работает как нелинейный обучаемый аналог региональных фиксированных эффектов.

Независимые переменные модели – это текущие признаки и лаги региональных социально-экономических индикаторов, в частности, инвестиции в основной капитал, численность населения, среднегодовая численность занятых, объем основных фондов, среднедушевые денежные доходы населения, стоимость фиксированного набора потребительских товаров и услуг, внутренние затраты на научные исследования и разработки и валовой региональный продукт.

Эффективность многозадачного прогнозирования для сформированного нами набора данных обусловлена корреляционной связью между выбранными целевыми переменными, что позволяет осуществлять их совместное обучение. Преимущество многозадачного подхода заключается в том, что интегрированная сетевая модель позволяет идентифицировать скрытые системные закономерности в бюджетной сфере региона, после чего формирует три отдельных выходных сигнала для различных бюджетных статей.

Практическая реализация показывает, что такой подход эффективнее трёх отдельных моделей, если целевые переменные коррелируют между собой и демонстрируют схожую реакцию на макро- и структурные детерминанты.

В исследовании был применен краткосрочный метод прогнозирования (one-step-ahead forecasting), который предсказывает значение временного ряда только на один период вперёд, используя имеющиеся исторические данные и оценённые параметры модели.

После фиксации фактического значения на прогнозируемом шаге алгоритм выполняет обновление модели с учётом новых данных для расчёта последующего прогноза. Процесс реализуется в итеративном режиме.

При получении реальных значений по итогам прогнозируемого этапа система производит актуализацию модели для формирования следующего прогноза.

В ходе анализа панельных данных был выявлен существенный объём пропущенных значений, что требует обязательного учёта на этапе построения пайплайна модели. Для обработки пропусков была применена методика маскирования с последующей импутацией пропущенных значений посредством замещения их медианными значениями.

Обучение нейросетевой модели осуществлялось с применением библиотеки Keras.

Архитектура нейросетевой модели представлена на рисунке 1.

В числе ключевых ограничений разработанной в ходе исследования модели выделим простоту временной структуры, ограниченную использованием исключительно лагов первого порядка, жёсткую фиксацию архитектурного решения без оптимизации гиперпараметров, а также отсутствие учёта межрегиональных взаимосвязей в рамках модели.

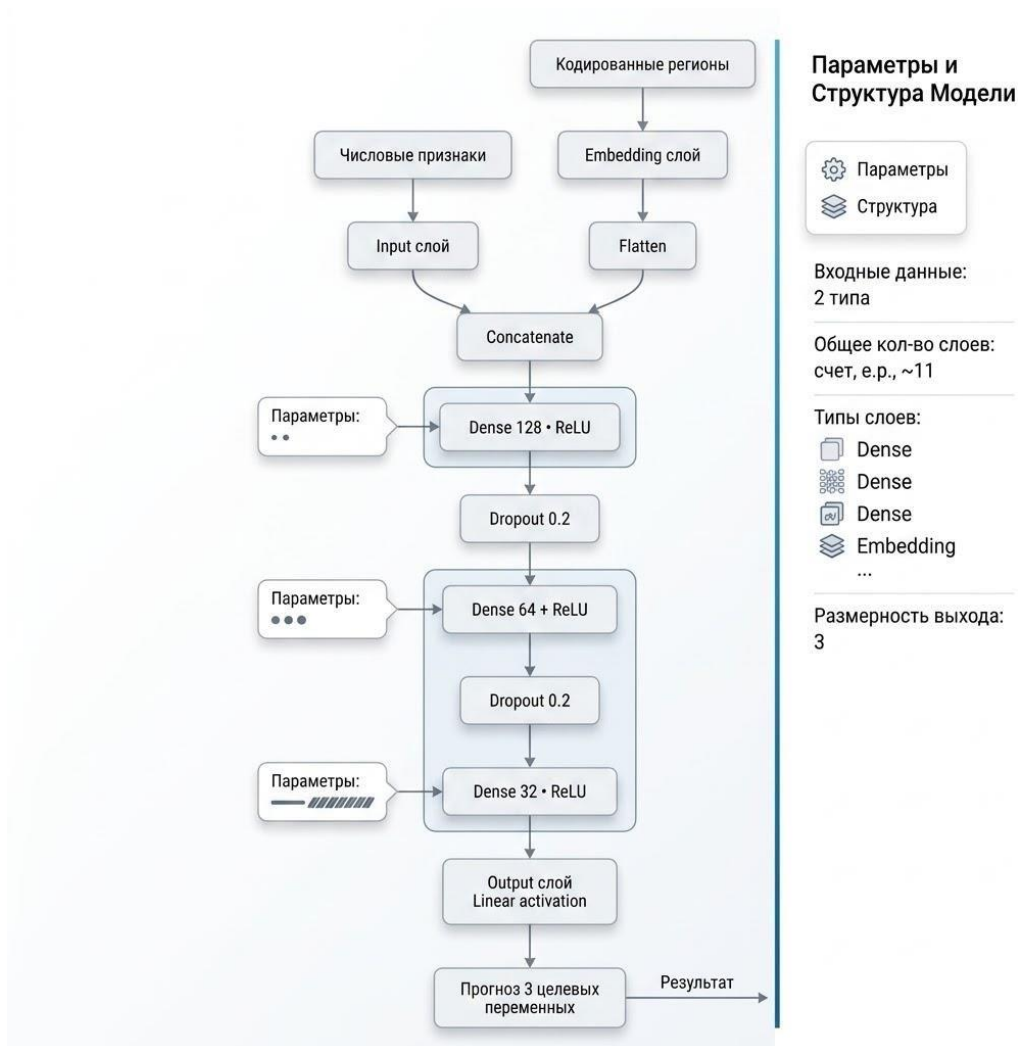


Рис. 1. Архитектура полносвязной нейронной сети

Метрики оценки качества полученной модели представлены в таблице 1.

Таблица 1

Метрики качества нейросетевой модели

Целевая переменная	Средняя абсолютная ошибка	Коэффициент детерминации
Налоговые доходы	2.876061e+04	0.968
Неналоговые доходы	3.859451e+03	0.929
Расходы на национальную экономику	1.197402e+06	0.844

Соотношение истинных и прогнозных значений нейросетевой модели представлено на рисунке 2.

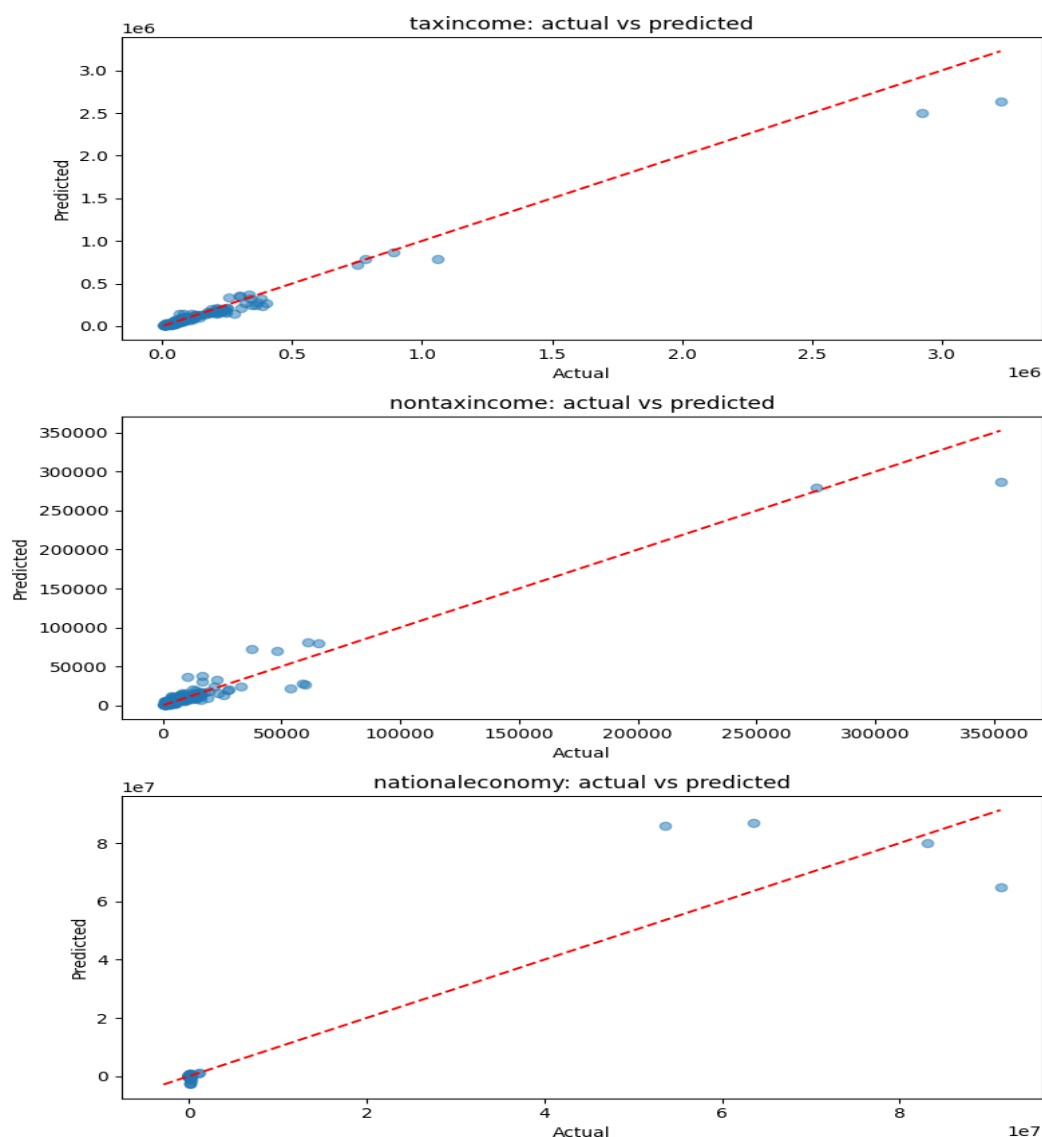


Рис. 2. Соотношение истинных и прогнозных значений нейросетевой модели по каждой целевой переменной

Наилучшую точность модель показала для налоговых доходов, умеренную для неналоговых доходов, умеренную со сложностями в предсказаниях больших значений индикаторов для расходов на национальную экономику.

На рисунке 3 отражено соотношение между прогнозным и фактическим значением неналоговых доходов за 2023 год по Нижегородской области.

Неналоговые доходы 2023: Нижегородская область

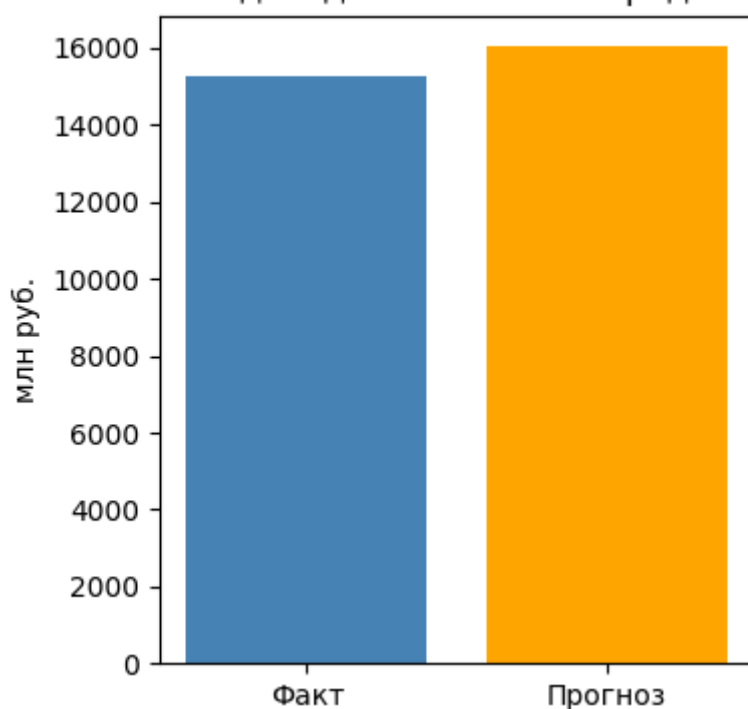


Рис. 3 Соотношение прогнозного и фактического значения неналоговых доходов за 2023 год по Нижегородской области

Таким образом, считаем, что разработанная модель позволит снизить ошибки прогнозов фискальных показателей в сравнении с классическими регрессионными схемами.

Предложенная конструкция модели может рассматриваться как методологически оправданный шаг от преимущественно инерционных и экспертных подходов к более формализованным, адаптивным инструментам бюджетного планирования, способным повысить устойчивость региональных финансов и поддержать выработку более взвешенной, ориентированной на долгосрочные цели региональной фискальной политики.

Список использованной литературы:

1. Александров Е.Е. Применение искусственных нейронных сетей для прогноза инвестиционной активности в регионе / Е.Е. Александров // Международный научно-исследовательский журнал. — 2025. — №7 (157). — URL: <https://research-journal.org/archive/7-157-2025-july/10.60797/IRJ.2025.157.22> — DOI: 10.60797/IRJ.2025.157.22.
2. Liang H, Zeng H, Dong X (2024) Regional economic forecast using Elman neural networks with wavelet function. PLOS ONE 19(3): e0299657. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0299657>
3. Ugulava, Gocha. (2019). USE OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS TO PREDICT TERRITORIAL ECONOMIC INDICATORS. Globalization and Business. 4. — 143-146. 10.35945/gb.2019.08.019.

4. M. Wu, "Neural Network Algorithm in Regional Macroeconomic Forecast," 2022 IEEE 2nd International Conference on Mobile Networks and Wireless Communications (ICMNWC), Tumkur, Karnataka, India, 2022. — pp. 1-4. — doi: 10.1109/ICMNWC56175.2022.10031670.
5. Meng L. A Study on the Application of BP Neural Network Based on Visual Recognition in Regional Economic Forecasting. *Comput Intell Neurosci*, 2022. — 2022:3531011. doi: 10.1155/2022/3531011. PMID: 36199956; PMCID: PMC9529471.
6. Zhang Q, Yan L, Hu R, Li Y, Hou L. Regional Economic Prediction Model Using Backpropagation Integrated with Bayesian Vector Neural Network in Big Data Analytics. *Comput Intell Neurosci*. 2022 Feb 16;2022:1438648. doi: 10.1155/2022/1438648. PMID: 35222620; PMCID: PMC8865972.
7. Zakharchuk, E. A., & Pasyukov, A. F. (2025). Assessment of Self-Development of Russian Regions as a Measure of Sustainability. *Economy of Regions*, 21(4), 915–929. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2025-4-1>
8. Pravdina, N. V., Danilova, I. V., & Karpushkina, A. V. (2025). Regional Industrial Specialization as a Driver of Russia's Industrial Sovereignty. *Economy of Regions*, 21(4), 945–962. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2025-4-3>
9. Kirsanova, N.; Nevskaya, M.; Raikhlin, S. Sustainable Development of Mining Regions in the Arctic Zone of the Russian Federation. *Sustainability* 2024, 16, 2060. <https://doi.org/10.3390/su16052060>
10. Волошенко К. Ю. Экономическая безопасность как фактор экономического развития российского эксклава в национальных интересах // Балтийский регион. — 2024. — Т. 16, № 4. — С. 31—50. doi: 10.5922/2079-8555-2024-4-2
11. Vladimir V. Klimanov, Sofia M. Kazakova, Anna A. Mikhaylova, Economic and Fiscal Resilience of Russia's Regions, *Regional Science Policy & Practice*. — 2020. — Volume 12, Issue 4. — Pages 627-641, ISSN 1757-7802, <https://doi.org/10.1111/rsp3.12282>.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ КРІ ВО ВЗАИМОСВЯЗИ С ВНУТРЕННЕЙ И ВНЕШНЕЙ МОТИВАЦИЕЙ СОТРУДНИКОВ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ САМОДЕТЕРМИНАЦИИ

Гульм А.С.
Челябинск, ЮУрГУ

Аннотация. В статье проанализировано воздействие системы КРІ на внутреннюю и внешнюю мотивацию персонала. Теоретической базой работы является теория самодетерминации Э. Деси, Р. Райана, дающая возможность рассмотреть процессы мотивации через призму удовлетворения базовых психологических потребностей. На основе эмпирического анализа определены закономерности влияния свойств КРІ на автономию, компетентность и связанность, а также на структуру трудовой мотивации. Показано, что контролирующая форма КРІ подавляет внутреннюю мотивацию и провоцирует формализм поведения, тогда как поддерживающий формат стимулирует интернализацию целей и

стабильную вовлечённость. Сформулирован вывод о необходимости учёта психологических механизмов при проектировании бизнес-аналитики.

Ключевые слова: KPI, мотивация персонала, теория самодетерминации, внутренняя мотивация, бизнес-анализ.

Эффективное управление персоналом - один из ключевых факторов устойчивости современных организаций. В решении этой задачи широко применяются инструменты бизнес-аналитики для количественной оценки эффективности работы персонала и совершенствования управленческих решений, ключевыми из которых являются системы KPI. Такие системы переводят стратегические цели компании в измеримые метрики, связывая стратегию с ежедневной работой. Несмотря на явные плюсы KPI по части управляемости и прозрачности, их воздействие на поведение работников и мотивационные механизмы остается спорным и нуждается в более серьезном междисциплинарном изучении.

Традиционно KPI рассматриваются в управленческих и экономических исследованиях как инструмент повышения эффективности труда, позволяющий оценивать вклад сотрудников и стимулировать достижение поставленных целей. Однако такой подход представляется недостаточно полным, поскольку он в большей степени сосредоточен на количественной оценке результатов и практически не учитывает психологические аспекты мотивации и особенности человеческого поведения. На практике внедрение KPI часто ведёт к формализму, снижению качества работы и выгоранию. Подобные эффекты указывают на противоречие между стандартизированной логикой KPI и более сложной природой трудовой мотивации, что делает актуальным обращение к теориям, способным объяснить данные процессы.

Теория самодетерминации Э. Деси и Р. Райана позволяет проанализировать влияние организационной среды на мотивацию. Согласно данной концепции, мотивация не является однородным явлением, а включает различные формы регуляции поведения, от внутренней мотивации, связанной с интересом к самой деятельности, до внешней мотивации, основанной на системе вознаграждений и санкций. Центральное место в теории занимает идея о базовых психологических потребностях личности. Именно степень их удовлетворения определяет характер мотивации сотрудника. При благоприятных условиях усиливается внутренняя мотивация и происходит принятие организационных требований как собственных, тогда как дефицит удовлетворения данных потребностей приводит к преобладанию внешне контролируемой мотивации и снижению психологического благополучия [3].

Важное место в теории самодетерминации занимает интернализация, которая понимается как переход от внешне заданных целей к целям, принимаемым человеком на внутреннем уровне [2]. В организационной

среде это проявляется в том, что сотрудники могут воспринимать КРІ либо как форму внешнего контроля, либо как инструмент, связанный с профессиональным ростом и развитием. Такое восприятие определяется особенностями организационной среды, в том числе стилем управления, характером коммуникации и подходами к внедрению КРІ. Поэтому результативность зависит не только от структуры самих показателей, но и от того, каким образом они включены в систему взаимодействия внутри организации. Влияние на автономию определяется тем, насколько система допускает гибкость и позволяет сотрудникам участвовать в постановке целей и выборе способов их достижения [4]. Если КРІ носят жестко регламентированный характер и сопровождаются санкциями за невыполнение, уровень автономии снижается, а у сотрудников усиливается ощущение внешнего давления и контроля. Но потребность в компетентности может укрепляться, когда показатели являются понятными, реалистичными и достижимыми, поскольку в таком случае сотрудники получают возможность объективно оценивать собственные результаты и отслеживать свой прогресс. При чрезмерно высоких или изменчивых требованиях возможен обратный эффект, связанный со снижением уверенности в своих профессиональных возможностях. Это особенно заметно в организациях, где акцент делается преимущественно на индивидуальных результатах. В подобных условиях конкуренция между сотрудниками может усиливаться, а уровень сотрудничества и доверия внутри коллектива, напротив, снижаться.

В исследовании приняли участие 127 сотрудников коммерческих организаций (58 мужчин, 69 женщин, средний возраст составил 34,2 года). Выборка включала представителей 4 отраслей: IT (32 чел.), розничная торговля (41 чел.), производство (29 чел.), финансовый сектор (25 чел.). Средний стаж работы в текущей организации 4,7 года. Для сбора данных использовались стандартизированные методики, среди которых шкала восприятия КРІ, шкала удовлетворенности базовых психологических потребностей на рабочем месте BPNSS-W и шкала трудовой мотивации MWMS. Применение данных инструментов позволило повысить надежность и достоверность результатов исследования. Анализ данных проводился с использованием методов описательной статистики, корреляционного анализа и множественной регрессии.

Результаты исследования показали, что в целом система КРІ воспринимается сотрудниками как умеренно контролирующая, и это отражается на структуре их трудовой мотивации. Наиболее выраженным эффектом стало снижение удовлетворенности потребности в автономии, которое проявляется в ощущении ограниченности выбора и зависимости от внешних требований. Полученные данные подтверждают предположение о том, что избыточно контролирующий характер КРІ затрудняет развитие внутренней мотивации, поскольку ослабляет чувство самостоятельности и

возможности влиять на собственную деятельность. При этом потребность в компетентности, напротив, демонстрирует более высокий уровень удовлетворенности. Вероятно, это связано с тем, что КРІ позволяют сотрудникам лучше понимать ожидаемые результаты и оценивать эффективность своей работы. Эффект зависит от особенностей конкретной системы КРІ, прежде всего от реалистичности поставленных показателей и качества обратной связи со стороны организации.

Проведенный корреляционный анализ подтвердил наличие статистически значимых связей между восприятием КРІ и мотивационными характеристиками сотрудников. Корреляционный анализ Пирсона выявил следующие значимые связи при уровне значимости $p < 0,01$: восприятие КРІ как инструмента контроля отрицательно коррелирует с удовлетворённостью автономии ($r = -0,54$); удовлетворённость автономии положительно связана с уровнем внутренней мотивации ($r = 0,61$); удовлетворённость компетентности положительно коррелирует с мотивацией ($r = 0,48$); восприятие КРІ как поддерживающего инструмента отрицательно связано с внешней регуляцией поведения ($r = -0,39$). Это подтверждает теоретические положения о связи КРІ с автономией и компетентностью. Результаты показали, что поддерживающее восприятие КРІ соотносится с более высоким уровнем идентифицированной мотивации. Это указывает на возможность принятия организационных целей сотрудниками при наличии благоприятных условий внутри организации. Результаты множественного регрессионного анализа показали, что построенная модель объясняет 47% дисперсии внутренней мотивации ($R^2 = 0,47$, $F(3,123) = 36,2$, $p < 0,001$). Значимыми параметрами оказались удовлетворённость потребности в автономии ($\beta = 0,42$, $p < 0,001$) и удовлетворённость потребности в компетентности ($\beta = 0,31$, $p < 0,01$). Удовлетворённость потребности в связанности не достигла уровня статистической значимости ($\beta = 0,15$, $p = 0,08$).

Более детальный анализ результатов позволяет сделать вывод о том, что КРІ следует рассматривать не как прямой механизм мотивации, а как элемент организационной среды, который влияет на мотивационные процессы через удовлетворение либо фрустрацию базовых психологических потребностей. Иными словами, одна и та же система КРІ может приводить к разным последствиям в зависимости от условий ее применения и особенностей организационного контекста. По этой причине при оценке эффективности КРІ необходимо учитывать субъективное восприятие сотрудников. В ситуациях, когда КРІ воспринимаются как средство профессионального развития и поддержки, они способствуют укреплению внутренней мотивации и повышению вовлеченности. Если же система строится преимущественно на жестком контроле, это, напротив, усиливает внешнюю регуляцию поведения и приводит к формальному отношению к работе.

Особое внимание следует уделить долгосрочным эффектам внедрения КРІ, поскольку именно на временном горизонте проявляются наиболее устойчивые изменения мотивационной структуры сотрудников. Но в долгосрочной перспективе КРІ снижают внутреннюю мотивацию и инновационный потенциал, особенно в креативных сферах [1].

В условиях цифровизации и активного развития инструментов бизнес-аналитики значение КРІ продолжает возрастать, что связано с широким внедрением автоматизированных систем сбора и обработки данных, включая ВІ-платформы, системы управления эффективностью и решения предиктивной аналитики. С одной стороны, это обеспечивает более высокую точность и оперативность оценки результатов деятельности. С другой стороны, усиливается риск формирования у сотрудников ощущения постоянного контроля, а также снижения восприятия автономии в процессе работы. В этой связи возрастает необходимость разработки новых подходов к проектированию КРІ-систем, которые учитывали бы не только технологические возможности, но и психологические механизмы их влияния на сотрудников.

Практическая значимость проведенного исследования заключается в возможности использования его результатов для формирования рекомендаций по повышению эффективности КРІ систем. В частности, целесообразным представляется переход от преимущественно контролирующих моделей к более гибким и поддерживающим подходам, предполагающим участие сотрудников в постановке целей, обеспечение прозрачности критериев оценки и использование КРІ не только как инструмента контроля, но и как средства профессионального развития. 63% опрошенных сотрудников охарактеризовали систему КРІ, которая действует в их компании, как преимущественно контролирующую. В этой группе уровень внутренней мотивации оказался в 2,3 раза ниже по сравнению с группой, воспринимающей КРІ как поддерживающий инструмент ($t = 4,7$, $p < 0,001$). Отдельное значение приобретает внедрение командных показателей, способствующих укреплению взаимодействия между сотрудниками и формированию коллективной ответственности за результаты работы. Практические рекомендации для внедрения КРІ с учётом теории самодетерминации включают следующие конкретные шаги. Во-первых, совместная постановка целей и вовлечение сотрудников в обсуждение КРІ на этапе планирования. В компаниях, где практикуется совместное целеполагание, уровень воспринимаемой автономии на 37% выше. Во-вторых, частота обратной связи должна составлять не реже одного раза в месяц, так как регулярная поддерживающая обратная связь повышает удовлетворённость компетентности в 1,8 раза. В-третьих, рекомендуется соотношение командных и индивидуальных КРІ как 50/50, поскольку акцент на индивидуальных показателях снижает удовлетворённость потребности в связанности ($r = -0,44$). В-четвёртых, показатели должны

находиться в реалистичном диапазоне (превышение текущих результатов на 15-25%).

Несмотря на полученные результаты, проведенное исследование имеет ряд ограничений. Они связаны с относительно небольшим объемом выборки, а также возможным влиянием субъективных факторов при заполнении опроса. В связи с этим перспективным направлением дальнейших исследований является проведение последующей работы, позволяющей проследить динамику мотивационных процессов во времени. Дополнительно целесообразно расширение выборки за счет включения представителей различных отраслей и типов организаций.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что система ключевых показателей эффективности представляет собой сложный и многоуровневый инструмент управления, эффективность которого определяется не только его формальными характеристиками, но и совокупностью психологических условий его применения. К ним относятся особенности восприятия системы сотрудниками, уровень доверия к ней, степень участия работников в процессах целеполагания, а также общий характер организационной среды.

Необходимо рассматривать KPI не только в рамках традиционного управленческого подхода, ориентированного преимущественно на количественные показатели, но и в более широком междисциплинарном контексте, учитывающем психологические и поведенческие аспекты функционирования организации. В этом отношении интеграция положений теории самодетерминации в практику управления и бизнес анализа приобретает особую значимость. Она позволяет по-новому интерпретировать роль KPI, выходя за пределы их понимания как инструмента формального контроля и оценки результативности, и рассматривать их как средство, способное влиять на формирование внутренней мотивации, развитие профессионального потенциала сотрудников и поддержание их психологического благополучия. Такой подход предполагает смещение акцента с традиционной логики внешнего стимулирования, основанной на системе вознаграждений и санкций, к более устойчивой модели управления, ориентированной на поддержку базовых психологических потребностей личности. Особую актуальность подобное переосмысление приобретает в современных условиях функционирования организаций, характеризующихся высокой неопределенностью внешней среды, ускорением инновационных процессов, цифровизацией бизнес-моделей и возрастанием роли человеческого капитала.

Список использованной литературы:

1. Богданова, Р. М. Специфика управления человеческими ресурсами и компетенциями предприятия / Р. М. Богданова // Модернизация экономики России: отраслевой и региональный аспект: материалы международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и

- студентов, Ростов-на-Дону, 26–30 апреля 2021 года. – Ростов-на-Дону: Индивидуальный предприниматель Беспмятников Сергей Владимирович, 2021. – С. 384-389. – EDN EKRHNY.
2. Камнева, Е. В. Теория самодетерминации и управление персоналом / Е. В. Камнева, М. М. Симонова // Социально-гуманитарные знания. – 2024. – № 1. – С. 82-83. – EDN PALWZR.
 3. Шеремет, К. В. Современные тренды мотивации сотрудников в коммерческих организациях от KPI к вовлечённости / К. В. Шеремет, Е. И. Артемова // Наука и общество: Сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции, Киров, 07–10 ноября 2025 года. – Киров: ООО "ЭкАгро", 2025. – С. 41-43. – EDN FUXTWQ.
 4. Язова, А. В. Стимулирование как ключевой показатель эффективности деятельности персонала / А. В. Язова, И. В. Петрова // Аспирант. Приложение к журналу Вестник Забайкальского государственного университета. – 2020. – Т. 14, № 1. – С. 125-132. – EDN JHCSZL.

ТИПОЛОГИЯ РЕГИОНОВ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН НА БАЗЕ СТРУКТУРЫ ЭКОНОМИКИ ПО ВИДАМ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Дьяков А.В.

Нижний Новгород, ННГУ

Аннотация: В данной работе определена типология регионов Республики Казахстан на базе структуры их экономик по видам экономической деятельности, включаемых в статистику валового регионального продукта (ВРП). В качестве исходных данных для исследования были использованы статистические показатели Республики Казахстан за 2024 год, опубликованные Бюро национальной статистики страны. В качестве метода исследования был использован нейросетевой кластерный анализ с применением программы Deductor Studio. В результате было получено 5 типовых групп регионов, каждая из которых характеризуется специфическим преобладающим видом экономической деятельности. Полученные результаты могут быть полезны при разработке региональной экономической политики Республики Казахстан.

Ключевые слова: карта Кохонена, кластеризация регионов, нейронные сети, программа Deductor Studio, регионы Казахстана.

Республика Казахстан поделена на 20 регионов: 17 областей и 3 города республиканского подчинения. Регионы Казахстана неоднородны по видам экономической деятельности. На западе страны преобладает нефтедобыча, южные и ряд северных регионов ориентированы на сельское хозяйство. Объем оказываемых услуг также неравномерно представлен в регионах.

В данной работе проведена кластеризация регионов Республики Казахстан на базе структуры их экономик по видам экономической деятельности, включаемых в статистику валового регионального продукта. Методы кластерного анализа активно используются специалистами и позволяют эффективно выявлять типологическую структуру регионов [1, 2].

Объектом данного исследования являются регионы Республики Казахстан, предметом – их структура экономики, на базе которой проведена кластеризация и определена дальнейшая типология.

Целью данного исследования является выявление типологии регионов Республики Казахстан, определение групп областей, схожих между собой по структуре экономики. Для это в работе решены следующие задачи: подготовка массива данных на основе статистических показателей; кластеризация массива данных с использованием программы Deductor Studio; расчет коэффициента силуэта для выбора наиболее качественного разбиения; формирование выводов по исследованию.

В качестве исходных данных для исследования были использованы статистические показатели Республики Казахстан за 2024 год, полученные с сайта Бюро национальной статистики страны (<https://stat.gov.kz/ru/classifiers/statistical/21/>). Из всех видов экономической деятельности регионов были выбраны наиболее ключевые: сельское, лесное и рыбное хозяйство; горнодобывающая промышленность и разработка карьеров; обрабатывающая промышленность; строительство и операции с недвижимым имуществом; транспорт, оптовая и розничная торговля. В результате был сформирован массив данных, который представлен в таблице 1. Числовые значения в таблице 1 представляют собой долю видов экономической деятельности в общем объеме ВРП в процентах.

Подготовленный массив данных был подвергнут кластеризации с использованием программы Deductor Studio. Такой подход был разработан в исследованиях [3, 4]. Методика кластеризации объектов, а также использование программы Deductor Studio для этих целей описаны в вышеотмеченных работах.

Таблица 1

**Показатели регионов Республики Казахстан
по видам экономической деятельности в 2024 году**

Регионы	Сельское, лесное и рыбное хозяйство, %	Горнодобывающая промышленность и разработка карьеров, %	Обрабатывающая промышленность, %	Строительство и операции с недвижимым имуществом, %	Транспорт, оптовая и розничная торговля, %
	X1	X2	X3	X4	X5
Абай	9,57	29,27	10,02	19,21	15,50
Акмолинская	14,73	5,75	26,59	16,49	15,24
Актюбинская	4,98	14,14	14,87	19,35	21,55
Алматинская	6,56	0,22	21,89	18,23	18,10
Атырауская	0,64	43,69	4,57	18,43	17,20
Западно-Казахстанская	3,77	42,52	4,70	16,92	14,83
Жамбылская	8,59	3,60	10,20	18,57	27,22
Жетісу	12,44	0,28	7,57	27,88	18,91
Карагандинская	3,04	9,12	33,57	23,65	20,85
Костанайская	9,81	8,66	23,42	23,56	22,03
Кызылординская	6,16	14,70	9,40	18,67	17,60
Мангистауская	0,87	33,55	4,30	14,19	14,41
Павлодарская	5,69	10,01	24,32	20,94	19,74
Северо-Казахстанская	23,42	0,50	15,07	21,60	21,35
Туркестанская	13,34	10,75	8,57	15,70	13,67
Ұлытау	1,52	39,02	26,80	10,01	9,35
Восточно-Казахстанская	6,14	9,12	29,40	26,84	22,37
г. Астана	0,02	0,00	7,77	34,94	35,20
г. Алматы	0,02	0,00	3,42	34,30	36,14
г. Шымкент	0,64	0,02	18,96	31,01	30,98

Источник: построено автором по результатам расчетов на базе официальной статистики

Было произведено разбиение регионов на 4, 5, и 6 кластеров. Для каждого разбиения были проведены по 9 экспериментов, для которых изменялись следующие характеристики: скорость обучения и радиус обучения в конце процесса самоорганизации карты Кохонена. Количество эпох было принято везде равным 2000. Функция соседства для всех экспериментов была выбрана Гауссова.

Важными параметрами результатов обучения являлись средняя ошибка квантования (СОК), максимальная ошибка квантования (МОК), а

также мощность каждого кластера, т.е. количество регионов, входящих в него. Результаты лучшего эксперимента с разбиением регионов на 4 кластера приведены в таблице 2

Таблица 2

Значения характеристик лучшего разбиения на 4 кластера					
Данные эксперимента: 2000 эпох, скорость в конце 0,005, радиус в конце 1,2					
Кластер	0	1	2	3	Сумма значений
Мощность	5	7	3	5	20
МОК	0,26	0,17	0	0,17	0,6
СОК	0,16	0,11	0	0,07	0,34

Источник: построено автором по результатам расчетов

Лучший эксперимент был выбран на основании критерия минимума сумм ошибок квантования, разработанного в исследовании [5].

Далее было проведено разбиение регионов на 5 кластеров. Результаты лучшего эксперимента приведены в таблице 3.

Таблица 3

Значения характеристик лучшего разбиения на 5 кластеров						
Данные эксперимента: 2000 эпох, скорость в конце 0,05, радиус в конце 1						
Кластер	0	1	2	3	4	Сумма значений
Мощность	6	5	4	3	2	20
МОК	0,09	0,3	0,15	0	0,13	0,67
СОК	0,06	0,17	0,12	0	0,13	0,48

Источник: построено автором по результатам расчетов

После этого было проведено разбиение регионов на 6 групп. Результаты этого эксперимента приведены в таблице 4.

Таблица 4

Значения характеристик разбиения на 6 кластеров							
Данные эксперимента: 2000 эпох, скорость в конце 0,005, радиус в конце 1							
Кластер	0	1	2	3	4	5	Сумма значений
Мощность	4	0	6	3	5	2	20
МОК	0,23	0	0,14	0,1	0,23	0	0,7
СОК	0,11	0	0,06	0,07	0,14	0	0,38

Источник: построено автором по результатам расчетов

Как видно из приведенной таблицы 4, появляется кластер 1 с нулевой мощностью. Такой результат свидетельствует о том, что разбиение на 6 кластеров избыточно для исследуемого массива данных регионов Республики Казахстан, поэтому разбиение на такое количество кластеров больше не рассматривается в статье. В дальнейшем сравниваются между

собой лучшие разбиения на 4 и на 5 кластеров. Для этого был рассчитан коэффициент силуэта с целью выбора оптимального числа кластеров.

Коэффициент силуэта показывает степень подобия или различия элементов, включенных в один кластер. Значения коэффициента силуэта могут приобретать значения от -1 до +1. Чем ближе значение к единице, тем более качественно проведено разбиение.

Для расчета коэффициента силуэта используются значения среднего расстояния внутри данного кластера и среднего расстояния между этим кластером и ближайшим соседним кластером. Наибольшее значение коэффициента силуэта, полученное для исследуемых разбиений и будет указывать на то, что данный состав кластеров является оптимальным и может быть взят за основу для дальнейшего анализа.

Результаты расчета коэффициента силуэта для разбиений на 4 и 5 кластеров приведен в таблице 5.

Таблица 5

Расчет коэффициента силуэта

Данные экспериментов						Коэффициент силуэта
2000 эпох, скорость в конце 0,05, радиус в конце 1 (разбиение на 5 кластеров)						
Кластер	0	1	2	3	4	0,62
Мощность	6	5	4	3	2	
МОК	0,09	0,3	0,15	0	0,13	
СОК	0,06	0,17	0,12	0	0,13	
2000 эпох, скорость в конце 0,005, радиус в конце 1,2 (разбиение на 4 кластера)						
Кластер	0	1	2	3		0,58
Мощность	5	7	3	5		
МОК	0,26	0,17	0	0,17		
СОК	0,16	0,11	0	0,07		

Источник: построено автором по результатам расчетов

В результате расчета коэффициента силуэта оптимальным оказалось разбиение на 5 кластеров. Значение коэффициента силуэта составило 0,62. Это говорит о качественной кластеризации исследуемого массива данных, поскольку значение близко к единице. В таблице 6 приведены средние значения по координатам каждого кластера.

Таблица 6

**Средние значения секторов экономики регионов по видам
экономической деятельности для полученных кластеров**

Кластеры	Сельское, лесное и рыбное хозяйство, %	Горнодобывающая промышленность и разработка карьеров, %	Обрабатывающая промышленность, %	Строительство и операции с недвижимым имуществом, %	Транспорт, оптовая и розничная торговля, %
	X1	X2	X3	X4	X5
Кластер 0	7,66	7,15	23,53	21,62	19,72
Кластер 1	3,27	37,61	10,01	15,75	14,26
Кластер 2	8,27	10,80	10,76	18,07	20,01
Кластер 3	0,23	0,01	10,05	33,42	34,11
Кластер 4	17,93	0,39	11,32	24,74	20,13

Источник: построено автором по результатам расчетов

Далее рассмотрим составы кластеров оптимального разбиения и определим типовые группы регионов Республики Казахстан.

В кластер №0 вошли Акмолинская, Алматинская, Карагандинская, Костанайская, Павлодарская, Восточно-Казахстанская области. Эта типовая группа регионов характеризуется тем, что в нее вошли области с наиболее развитой обрабатывающей промышленностью со средним значением по кластеру 23,53%. При этом агропромышленный сектор этой группы регионов развит слабо. Его доля составляет менее 10% (за исключением Акмолинской области, у которой это значение равно 14,73%). Добывающий сектор не превышает 10% для всех регионов. Строительство находится на втором месте, торговля, с минимальным отрывом, на третьем.

В кластер №1 вошли Абайская, Атырауская, Западно-Казахстанская, Мангистауская и Улытауская области. Это регионы с наиболее развитой добывающей промышленностью (среднее значение 37,61%), слабым агропромышленным сектором (3,27%), неразвитой обрабатывающей промышленностью (среднее значение 10,01%, за исключением Улытауской области, чья доля составляет более 26% в структуре ВРП). Строительство и торговля находятся в средних диапазонах.

В кластер №2 вошли Актыбинская, Жамбылская, Кызылординская, Туркестанская области. Это регионы, где развиты торговля (20,01%), достаточно развиты строительство и операции с недвижимым имуществом (18,07). Промышленность и сельское хозяйство имеют небольшую, не превышающую 15%, долю в ВРП.

В кластер №3 вошли три города республиканского значения: Астана, Алматы, Шымкент. Поскольку это города, сельское хозяйство и добывающая промышленность измеряются там сотыми долями процента,

либо совсем отсутствуют. Наибольшая доля в 60-70% процентов ВРП приходится на строительство и торговлю.

В кластер №4 вошли две области: Жетису и Северо-Казахстанская области. Наиболее развитые сектора экономики – строительство (24,74%) и на втором месте – торговля (20,13%). В данных регионах на долю добывающей промышленности приходится не более 0,5% ВРП. Сельское хозяйство в данных регионах имеет наивысшую долю по сравнению с другими типовыми группами (17,93%).

В результате проведения исследований была определена типология регионов Республики Казахстан по видам экономической деятельности. Выявлено 5 типовых групп регионов страны, которые отражают реальные особенности территориальной специализации экономики Казахстана. Существует группа регионов, специализирующаяся на добыче полезных ископаемых. Другая группа областей специализируется на обрабатывающей промышленности, а третья – на сельском хозяйстве. Кроме того, выявлена группа регионов – городов, основная специализация которых – строительство, операции с недвижимостью и торговля.

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования полученных кластеров для решения широкого круга задач: проведение сравнительного анализа и выявление скрытых закономерностей в развитии регионов, разработку региональной экономической политики. Кроме того, результаты кластеризации могут быть использованы для формирования расширенного массива данных для обучения прогностических моделей валового регионального продукта и некоторых других макроэкономических показателей регионов Республики Казахстан.

Список использованной литературы:

1. Прохоренков П.А., Регер Т.В., Гудкова Н.В. Методы кластерного анализа в региональных исследованиях // *Фундаментальные исследования*. – 2022. – № 3. – С. 100-106. – EDN KOVJWZ.
2. Исследование влияния отраслевой структуры российских регионов на их экономическое развитие с использованием методов искусственного интеллекта / М. Ю. Малкина, Ю. О. Плехова, В. И. Перова, А. Л. Сочков // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2025. – Т. 24, № 2. – С. 123-143. – EDN YCLCJX.
3. Research of the innovative development of the Russian Federation regions and its impact on the eco-friendliness of the economy based on neural network cluster analysis for the purpose of economic security / S. Yashin, Yu. Trifonov, A. Sochkov [et al.] // *E3S Web of Conferences*. – 2021. – Vol. 291. – P. 03008. – EDN ZVOVWC.
4. Трифонов Ю.В., Сочков А.Л., Куликова А.В. Построение и реализация моделей интеллектуальных цифровых коммуникаций в социально-политических сферах // *Экономика и предпринимательство*. – 2021. – № 8(133). – С. 1087-1095. – EDN UGMSUS.
5. Трифонов Ю.В., Сочков А.Л., Миронов Е.А. Типология российских регионов с точки зрения развития человеческого капитала на базе нейросетевого кластерного анализа // *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки*. – 2021. – № 4(64). – С. 23-34. – EDN PRFXZA.

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РЕГИОНА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Зеленая Е.А.
Москва, РТУ МИРЭА

Аннотация: В статье рассматриваются аспекты оценки инновационного потенциала региона в условиях цифровой трансформации. На основе анализа национальной и региональной инновационных систем, а также обзора современных подходов к оценке инновационного потенциала, было выявлено, что подходы не в полной мере включают цифровую составляющую. В результате обоснована необходимость выделения нового цифрового компонента, который будет учитывать показатели цифровой составляющей региона. Для каждого компонента разработана система показателей, что дает возможность использовать их для мониторинга инновационного потенциала региона.

Ключевые слова: инновации, инновационный потенциал региона, региональная экономика, цифровые продукты.

В современной экономике, характеризующейся глобальной конкуренцией, а также учитывая условия цифровизации инновационный потенциал региона выступает ключевым фактором устойчивого развития и его конкурентоспособности. Необходимо системное понимание того, как ресурсы формируют способность территории к созданию и внедрению инноваций. Однако традиционные подходы к оценке инновационного потенциала зачастую фокусируются на показателях, которые не учитывают изменения, вызванные цифровизацией. Появление цифровых продуктов меняют механизмы воздействия между субъектами инновационной деятельности. Целью данной работы является анализ подходов к инновационной системе регионов, обоснование показателей для мониторинга, учитывая цифровую трансформацию.

В рамках данного исследования под инновационным потенциалом понимается динамическая совокупность доступных и мобилизуемых взаимосвязанных ресурсов, а именно кадровых, материально-технических, финансовых, которые определяют способность территориальной социально-экономической системы к осуществлению полного инновационного цикла для обеспечения устойчивого развития и долгосрочной конкурентоспособности. При этом цифровые продукты определяют как гибридный объект цифровой экономики, который сочетает свойства классических активов, товаров и услуг, основанный на цифровых технологиях для создания, предоставления и управления ценностью, характеризующийся нематериальной природой, интерактивностью, своей интеграцией, проактивностью, масштабируемостью и зависимостью от

данных и сетевых эффектов [1]. Поэтому они выступают ключевым интегратором и стратегическим активом, который трансформирует традиционные ресурсы, повышает эффективность их использования и создаёт синергетические эффекты в инновационной экосистеме региона. Существует концепция национальной инновационной системы (далее – НИС), которая была введена в научный оборот в середине 1980-х, авторами которой считаются Кристофер Фриман, Бенгт-Оке Лундвалл и Ричард Нельсон. В своих работах они заложили фундамент понимания того, что инновации возникают не изолированно, а в результате сложного взаимодействия множества институтов (государства, бизнеса, университетов, финансовых структур) и связи между ними. Позднее в 1990-х годах на волне интереса к территориальным аспектам экономического развития, концепция инновационной системы была адаптирована на региональном уровне. Филипп Кук ввел понятие региональной инновационной системы (далее – РИС) в 1992 году, он выделил три группы субъектов: организации, которые генерируют новые знания и технологии; предприятия, которые на практике применяют новые технологии и знания; посреднические структуры, обеспечивающие функционирование всей системы, представляющие инфраструктуру, финансирование и поддержку. Ключевое отличие РИС от НИС заключается в том, что она действует только в рамках специфической социально-экономической среде, присущей данному региону, учитывая его преимущества и ограничения.

Современные ученые также обращаются к данной теме, и если обобщить их подходы, то наборы выделяемых компонентов во многом повторяются, разница лишь в детализации. В работах выделяются следующие компоненты: человеческий, научный, технический, финансовый, информационный.

Рассматривая работу Калмыкова Т.С. и Астапенко Е.О. выделяют такие компоненты как научный, кадровый, технический, финансово-экономический, информационно-коммуникативный [2]. Однако техническая и информационная составляющие рассматриваются авторами только через ограниченный набор показателей: коэффициент обновления основных фондов, доля основных фондов исследований и разработок в общей их стоимости, а также доля использовавших ИТ технологий, удельный вес организаций, использующих персональные компьютеры.

Однако, работа Сорокиной А.В. предлагает иную структуру индекса инновационного развития регионов России, где выделяет следующие показатели: потенциал в создании инноваций, в котором представлены данные по численности студентов и исследователей, а также показатели по интеллектуальной деятельности; потенциал в коммерциализации инноваций, рассматривая удельный вес внедренных товаров с технологическими изменениями, а также показатели НИОКР (научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы); результативность

инновационной политики, то есть доля инновационных проектов, выделяемые средства, темп числа прироста малых предприятий и производительность региона [3].

Еще более нестандартный подход отмечается в работе Бабурина В.Л. и Земцова С.П., которые рассматривают факторы региональной инновационной активности с показателями – спецификации производственной функции знаний и региональная структура составляющих инновационного потенциала, оценка факторов региональной патентной активности, оценка факторов регионального инновационного выпуска [4]. Также вводится поведенческий параметр — активность населения как носителя и двигателя инноваций, что встречается далеко не во всех работах. В данной работе авторы пытаются уйти от статичного перечисления компонентов к более динамичным и функциональным моделям инновационного потенциала. Это важное различие, которое стоит учитывать при выделении будущих показателей системы.

Таким образом, анализ рассмотренных подходов позволяет сделать вывод, что в большинстве существующих работ компоненты инновационного потенциала либо не охватывают в полной мере современную цифровую реальность, либо используют показатели, которые не отражают глубинных изменений, вызванных цифровой трансформацией. Более того, ни в одном из проанализированных подходов цифровой продукт не рассматривается как самостоятельный, системообразующий компонент инновационного потенциала. Он либо отсутствует, либо присутствует в виде второстепенного технического индикатора. Это является серьёзным пробелом, поскольку в условиях цифровой экономики именно цифровые продукты становятся тем интегратором, который связывает воедино кадровые, материально-технические и финансовые ресурсы, ускоряя инновационный цикл.

На основе проведенного анализа существующих подходов к оценке инновационного потенциала региона и выявленных в них ограничений, в частности отсутствие цифрового продукта как системного элемента можно выделить пять ключевых компонентов – кадровый, материально-технический, финансовый, цифровой и результативный. Кадровый компонент является центральным, так как люди – это главный носитель знаний, компетенций, именно они выступают главным источником новых идей. Материально-технический охватывает вещественный фактор, обеспечивающий проведение исследований и разработок. Финансовый компонент отражает объем, структуру и доступность денежных средств, направленных на инновационную деятельность. Цифровой компонент в традиционных моделях либо отсутствовал, либо рассматривался как технический фактор, в условиях цифровизации он выполняет функцию интегратора, связывая воедино все компоненты и обеспечивая их синергию. Помимо основных компонентов, также необходимо добавить

результативный блок, который будет охватывать все инновационные открытия региона.

Для сбора статистики об инновационной деятельности в разных регионах России важно опираться на официальные и достоверные источники данных. Одним из таких источников является Федеральная служба государственной статистики (Росстат) [5], которая предоставляет обширные данные по социально-экономическому развитию, демографической ситуации, здравоохранению, образованию и другим важным аспектам. Эти данные регулярно обновляются и охватывают всю территорию России, включая как федеральные округа, так и отдельные субъекты. Исходя из предоставляемых показателей на сайте Росстата были выделены показатели по компонентам, рассмотрим эти данные в Таблице 1.

Таблица 1

Распределение показателей по компонентам

Компонент	Показатели	
Кадровый (КК)	КК ₁	Численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками
	КК ₂	Численность исследователей
	КК ₃	Численность исследователей с учеными степенями
	КК ₄	Численность аспирантов
	КК ₅	Численность докторантов
	КК ₆	Коэффициент изобретательской активности
	КК ₇	Число организаций, выполнявших научные исследования и разработки
	КК ₈	Уровень инновационной активности организаций
	КК ₉	Удельный вес организаций, осуществлявших технологические инновации
	КК ₁₀	Удельный вес малых предприятий, осуществлявших инновационную деятельность
Материально-технический (МТК)	МТК ₁	Используемые передовые производственные технологии в целом
	МТК ₂	Число используемых передовых производственных технологий
	МТК ₃	Число используемых нанотехнологий
	МТК ₄	Количество приобретенных организациями новых технологий (технических достижений), программных средств
	МТК ₅	Число персональных компьютеров, используемых в учебных целях, в государственных и муниципальных организациях на 1 000 обучающихся (студентов)
	МТК ₆	Число персональных компьютеров на 100 работников
Финансовый (ФК)	ФК ₁	Финансирование науки из средств федерального бюджета
	ФК ₂	Внутренние текущие затраты на научные исследования и разработки
	ФК ₃	Темп роста/снижения внутренних затрат на исследования и разработки

Компонент	Показатели	
	ФК ₄	Внутренние затраты на научные исследования и разработки
	ФК ₅	Затраты на инновационную деятельность организаций
	ФК ₆	Темп роста/снижения затрат на инновационную деятельность
	ФК ₇	Удельный вес затрат на инновационную деятельность в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг
	ФК ₈	Затраты на внедрение и использование цифровых технологий
Цифровой (ЦК)	ЦК ₁	Цифровая зрелость региона
	ЦК ₂	Использование цифровых технологий малым предприятием
	ЦК ₃	Организации, имевшие веб-сайт
	ЦК ₄	Использование специальных программных средств в организациях
	ЦК ₅	Использование цифровых технологий организациями
Результативный (РК)	РК ₁	Сведения о поступлении патентных заявок, выдаче охранных документов и об использовании объектов интеллектуальной собственности
	РК ₂	Разработанные передовые производственные технологии в целом
	РК ₃	Число разработанных нанотехнологий
	РК ₄	Число разработанных передовых производственных технологий
	РК ₅	Число принципиально новых разработанных передовых производственных технологий
	РК ₆	Инновационные товары, работы, услуги, вновь внедренные или подвергавшиеся значительным технологическим изменениям в течение последних трех лет
	РК ₇	Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг малых предприятий
	РК ₈	Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг
	РК ₉	Объем инновационных товаров, работ, услуг
	РК ₁₀	Темп роста/снижения объема инновационных товаров, работ, услуг

Для удобства были введены следующие сокращенные обозначения: КК – кадровый компонент, МТК – материально-технический компонент, ФК – финансовый компонент, ЦК – цифровой компонент, РК – результативный компонент. Соответственно для каждого показателя была использована нумерация. Данные показатели можно использовать для мониторинга инновационного потенциала регионов России.

В ходе исследования было замечено, что традиционные подходы к оценке инновационного потенциала регионов не в полной мере включают цифровую составляющую, что необходимо в современных условиях. В связи с этим в работе обоснована необходимость выделения цифрового компонента как системного интегратора. Также для оценки результативности был добавлен отдельный компонент, который включил в себя все инновационные достижения регионов. Таким образом были выделены показатели, которые позволят оценивать инновационный потенциал регионов в условиях цифровизации.

Список использованной литературы:

1. Митяков Е.С., Сибирская Е.В., Владыко И.Ю., Зеленая Е.А., Поздняков М.С. Цифровой продукт: противоречия, взаимосвязь с традиционными товарами и новая роль в экономике // Региональная и отраслевая экономика – 2025. – №1 – С. 150-156. – DOI: 10.47576/2949-1916.2025.1.1.018 – EDN: ISZVIE.
2. Астапенко Е.О., Колмыкова Т.С. Современные аспекты оценки инновационного потенциала регионов // Регион: системы, экономика, управление. – 2017. – № 2 (37). – С. 48-52. . EDN: ZAFMGB
3. Сорокина А.В. Построение индекса инновационного развития регионов России. М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2013. 230 с. EDN: TSFWBJ
4. Бабурин В. Л., Земцов С. П. Инновационный потенциал регионов России. М.: Университетская книга, 2017. EDN: YNNHIY
5. Федеральная служба государственной статистики (Росстат): официальный портал статистических данных России [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 01.04.2026).

**ПОДГОТОВКА ДАННЫХ ДЛЯ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА РЫНКА
УМНЫХ ЧАСОВ: ОТ СЫРЫХ ДАТАСЕТОВ К ОБОСНОВАНИЮ
ВЫВОДА НОВОГО ПРОДУКТА**

Камскова И.Д., Колотилев Д.И.
Нижний Новгород, ННГУ

Аннотация: В статье представлен подход к кластерному анализу рынка умных часов, основанный на комплексной подготовке данных (data engineering). Кластерный анализ проводится для гипотетической производственной компаний, рассматривающей выход на рынок умных часов. В работе реализован полный цикл предобработки данных: очистка от пропусков и дубликатов, нормализация числовых признаков, кодирование категориальных переменных с использованием One-Hot Encoding, Target Encoding, MultiLabelBinarizer, а также устранение низковариативных признаков. Для сегментации рынка применены пять алгоритмов кластеризации – K-Means, DBSCAN, иерархическая и спектральная кластеризация, Gaussian Mixture Model. Оценка качества моделей

выполнена на основе коэффициента силуэта, индекса Калински-Харабаша и индекса Дэвиса-Болдуина. Наилучшие результаты показал алгоритм DBSCAN. Однако для окончательного анализа были выбраны результаты спектральной кластеризации. Спектральная кластеризация определила пять устойчивых сегментов умных часов: универсальные часы массового спроса, премиальный сегмент, бюджетный сегмент с экспериментальными нишами, фитнес-ориентированные часы средней ценовой категории и специализированные спортивные часы.

Ключевые слова: умные часы, сегментация рынка, кластерный анализ, подготовка данных, data engineering.

В настоящее время большой популярностью у населения пользуются всевозможные носимые устройства, среди которых особое место занимают умные часы (smartwatches) – «это носимое устройство с датчиками, системой уведомлений и вычислительной платформой, выполненное в ... форме наручных часов, что делает его легкодоступным, ... заметным, идеально расположенным для датчиков и незаметным для пользователей» [1].

Сложность рынка умных часов заключается в многообразии представленных моделей, различающихся по функциональным характеристикам (мониторинг здоровья, автономность, наличие GPS, поддержка операционных систем), ценовым категориям и потребительским предпочтениям.

Датасеты с характеристиками умных часов содержат сотни моделей с десятками признаков различных типов (цены, технические характеристики, оценки пользователей, наличие медицинских датчиков, совместимость с ОС и пр.). Однако именно «сырые» данные, извлечённые из открытых источников или коммерческих баз, не готовы к прямому использованию в алгоритмах машинного обучения. Пропуски, выбросы, несовместимые шкалы измерения, категориальные переменные превращают этап инжиниринга данных (data engineering) в фактор, определяющий применение моделей машинного обучения, анализа и интерпретации результатов.

Кластеризация рынка умных часов призвана выявить сегменты продуктов и/или потребительских предпочтений. Без системной предобработки данных результаты кластеризации становятся некорректными. Таким образом, центральной задачей становится не столько выбор алгоритма машинного обучения, сколько трансформация «сырых» данных в пригодное для ML-модели признаковое пространство.

Конечная цель данной работы - исследовать, какие модели умных часов в настоящее время наиболее популярны среди населения. Эта задача решается в интересах гипотетической производственной компании, которая

рассматривает возможность выхода на рынок с новым продуктом - умными часами.

В результате применения data engineering и последующей кластеризации предполагается выделить от трёх до шести устойчивых сегментов умных часов, различающихся по ключевым характеристикам.

Рынок умных часов в России и за рубежом (Западная Европа, США и страны Азиатско-Тихоокеанского региона) имеет общие тренды. Однако в нем присутствуют и различия, обусловленные экономикой, потребительским поведением и политической ситуацией в мире. В России после ухода официальных представительств Apple и Google их долю рынка заняли китайские бренды - Huawei, Honor, Amazfit, Xiaomi, которые продолжают официальные продажи. Также представлен российский бренд Dexr.

В 2026 году продажи умных часов в России сократились на 10% по сравнению с таким же периодом прошлого года [2].

В проведении исследования рынка умных часов использован набор данных из открытого ресурса Kaggle [3]. Набор данных (датасет) содержит информацию об особенностях и ценах на популярные модели смарт-часов различных брендов, представленных на западном рынке. Он представляет собой структурированную таблицу в виде файла формата .scv, содержащую информацию о моделях умных часов различных производителей. Датасет включает 13 столбцов и 379 записей, каждая из которых соответствует продаже конкретной модели устройства. Данные охватывают широкий спектр брендов – от массовых (Apple, Samsung, Xiaomi) до специализированных спортивных и нишевых производителей (Garmin, Suunto, Polar, Fossil, Casio и др.). Временной охват данных является актуальным и включает как устоявшиеся, так и новейшие модели, представленные в 2023–2024 годах.

Следует отметить, что данные датасета содержат информацию по западному рынку. Авторы попытались, опираясь на характеристики умных часов, продаваемых в западных странах, спрогнозировать тенденции российского рынка, учитывая некоторые особенности и ограничения.

Столбцы «сырого» датасета содержат следующую информацию:

1. **Brand** – бренд-производитель умных часов (например, Apple, Samsung, Garmin). Номинальный признак.

2. **Model** – модель умных часов (например, Watch Series 7, Galaxy Watch 4). В сочетании с брендом может служить уникальным идентификатором, но возможны редкие повторы, если модель выпускается в разных годах или версиях. Номинальный признак.

3. **Operating System** – операционная система, на которой работает умные часы (например, watchOS, Wear OS, Garmin OS). Повторения возможны, так как одна ОС используется на многих устройствах. Номинальный признак.

4. **Connectivity** – варианты подключения, поддерживаемые часами (например, Bluetooth, Wi-Fi, Cellular). Данные хранятся в формате строки с перечислением вариантов подключения через запятую. При использовании алгоритмов машинного обучения данный столбец требует тщательного анализа и преобразования. Номинальный признак.

5. **Display Type** – тип дисплея (например, AMOLED, Retina, LCD). Номинальный признак.

6. **Display Size (inches)** – размер экрана в дюймах, хранится в строковом формате. Номинальный признак.

7. **Resolution** – разрешение экрана в пикселях (например, «396×484»). Хранится в строковом формате. При использовании алгоритмов машинного обучения данный столбец требует анализа и преобразования. Номинальный признак.

8. **Water Resistance (meters)** – степень водонепроницаемости в метрах. Хранится в строковом формате. Номинальный признак.

9. **Battery Life (days)** – заявленное время автономной работы в днях. Хранится в строковом формате. Номинальный признак.

10. **Heart Rate Monitor** – наличие датчика сердечного ритма. Значения в бинарном категориальном формате.

11. **GPS** – наличие модуля GPS. Значения в бинарном категориальном формате.

12. **NFC** – наличие NFC для бесконтактных платежей. Значения в бинарном категориальном формате.

13. **Price (USD)** – цена в долларах США. Хранится в строковом формате в виде «\$345». При использовании алгоритмов машинного обучения данный столбец требует анализа и преобразования. Номинальный признак.

Исходные значения «сырого» датасета представлены на рисунке 1.

В данном датасете отсутствует столбец с количеством продаж каждой модели умных часов. Но это количество «зашифровано» в количестве дубликатов строк для одной модели. Целесообразно ввести в датафрейм новый признак – Количество продаж - после определённых процедур data engineering.

Практическая реализация выполнена на языке Python с использованием библиотек pandas, plotly.express, scikit-learn и matplotlib.

	Brand	Model	Operating System	Connectivity	Display Type	Display Size (inches)	Resolution	Water Resistance (meters)	Battery Life (days)	Heart Rate Monitor	GPS	NFC	Price (USD)
0	Apple	Watch Series 7	watchOS	Bluetooth, Wi-Fi, Cellular	Retina	1.90	396 x 484	50	18	Yes	Yes	Yes	\$399
1	Samsung	Galaxy Watch 4	Wear OS	Bluetooth, Wi-Fi, Cellular	AMOLED	1.40	450 x 450	50	40	Yes	Yes	Yes	\$249
2	Garmin	Venu 2	Garmin OS	Bluetooth, Wi-Fi	AMOLED	1.30	416 x 416	50	11	Yes	Yes	No	\$399
3	Fitbit	Versa 3	Fitbit OS	Bluetooth, Wi-Fi	AMOLED	1.58	336 x 336	50	6	Yes	Yes	Yes	\$229
4	Fossil	Gen 6	Wear OS	Bluetooth, Wi-Fi	AMOLED	1.28	416 x 416	30	24	Yes	Yes	Yes	\$299
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
374	Withings	ScanWatch	Withings OS	Bluetooth, Wi-Fi	PMOLED	1.38	348 x 442	50	30	Yes	No	Yes	\$279
375	Zepp	Z	Zepp OS	Bluetooth, Wi-Fi, Cellular	AMOLED	1.39	454 x 454	50	15	Yes	Yes	Yes	\$349
376	Honor	Watch GS Pro	Lite OS	Bluetooth, Wi-Fi	AMOLED	1.39	454 x 454	50	25	Yes	Yes	Yes	\$249
377	Oppo	Watch Free	ColorOS	Bluetooth, Wi-Fi	AMOLED	1.64	326 x 326	50	14	Yes	No	Yes	\$159
378	TicWatch	Pro 3	Wear OS	Bluetooth, Wi-Fi, Cellular	AMOLED	1.40	454 x 454	50	72	Yes	Yes	Yes	\$299

379 rows x 13 columns

Рис. 1. Табличный вид датафрейма с первоначальными значениями

Для проведения кластерного анализа необходимо провести data-engineering датасета [4, 5], а именно:

- Стандартизировать текстовые данные;
- Выполнить импутацию пропусков;
- Выполнить multi-label бинаризацию для столбцов Connectivity и Resolution;
- Создать новый столбец Sales, в котором будет храниться количество продаж данной модели умных часов, удалив при этом дубликаты строк;
- Преобразовать значения всех столбцов к числовому типу. Для категориальных данных применить энкодеры библиотек Scikit-Learn OneHotEncoding, LabelEncoding;
- Масштабировать данные.

При анализе содержимого столбцов Brand, Model, Operating System и Display Type было обнаружено несколько одинаковых значений данных признаков, записанных в разном строковом формате, например, в столбце Display Type есть значения «E-Ink» и «E-ink», что по сути одно и то же. Используя инструментальные средства python данная проблема была решена. В результате количество уникальных значений в столбце:

- Brand уменьшилось на единицу.
- Model – на 5;
- Operating System – на 2;
- Display Type – на 3.

При анализе столбца Operating System обнаружены реальные несоответствия, которые вызвали сомнения. Например, ОС android, androidos и androidwear – это не одно и то же, хотя они тесно связаны. С точки зрения кластерного анализа рынка умных часов, их лучше объединить

в одну категорию. Но мы пока не будем этого делать. То же самое с ОС miui и miuiforwatch.

Однако значения «tizen» и «tizenos» – это скорее всего одно и то же. Для уточнения данных авторы обратились к инструкциям некоторых моделей умных часов, в результате чего подобные значения были объединены.

CustomOS – это обобщающий термин для операционных систем, которые производитель разрабатывает сам (или заказывает) под свои устройства, не используя готовые платформы. В нашем датасете три записи с таким значением, которые соответствуют модели Hybrid HR бренда Fossil с ОС FossilOS. Необходимо заменить значение CustomOS на FossilOS.

Аналогичным образом анализируем записи со значениями Proprietary и Proprietary OS. Proprietary OS (проприетарная операционная система) – это ОС, которая является закрытой собственностью конкретного производителя, это обобщенное название. При обработке значений Proprietary признака Operating System некоторые операции приходилось выполнять вручную, сверяясь с инструкцией конкретной модели умных часов. Параллельно с этим были отредактированы некоторые другие признаки, например, Display Type, Display Size (inches), Resolution у рассматриваемых моделей.

После преобразований количество значений признака Operating System сократилось до 30. Пропуски целесообразно заполнить модой, среднегрупповой по модели или по бренду.

В столбце Display Type встречаются данные, которые обозначают одно значение, но сохранены в разном строковом выражении, например, типы дисплеев TFT и TFT LCD – одно и то же. Была проведена стандартизация подобных текстовых данных.

Большую проблему представляет тот факт, что в данном столбце представлены не только типы дисплея, но и другие признаки дисплея, не относящиеся к типу матрицы:

- retina – маркетинговое название Apple для экранов с высокой плотностью пикселей,
- gorillaglass – наличие защитного стекла (Corning Gorilla Glass), а не тип дисплея,
- sunlightvisible – свойство, которое выводится из типа (MIP/transflective) – не тип дисплея.

Необходимо стандартизировать значения данного столбца для использования в кластеризации. Поскольку в данном столбце встречаются не только значения типа дисплея, но и наличие некоторых свойств: gorillaglass, sunlightvisible и colortouch, то целесообразно выделить эти значения в отдельные столбцы с бинарным признаком.

Значения Display Type amoled, superamoled, oled, poled, pmoled представляют собой одну технологию OLED и для целей кластеризации

закодированы значением oled. Значения ips, tft, lcd, stnlcd, memorylcd – относятся к семейству технологий LCD/TFT – закодированы значением lcd и т.п.

После преобразования в столбце Display Type осталось 7 уникальных значений признака, но появились новые бинарные признаки, характеризующие свойства дисплея умных часов.

Пропуски в столбце Display Size (inches) заполняем среднегрупповым значением по бренду.

Значения признака Connectivity представлены в строковом формате. В каждой строке через запятую перечислены соответствующие признаки модели умных часов: наличие технологии Bluetooth, Wi-Fi, Cellular, GPS, NFC. Авторы считают необходимым сопоставить значения этого признака и признаков GPS, NFC, которые уже есть в датасете, и при необходимости внести корректировку в соответствующие столбцы, сравнив данные с инструкциями моделей умных часов.

Значения признака Connectivity были закодированы по технологии OneHotEncoder с учетом наличия столбцов GPS и NFC, бинарные значения которых приведены к целому типу. Аналогичные действия выполнены со значениями столбца Heart Rate Monitor.

Столбец Water Resistance (meters) содержит данные в строковом формате, большинство из них может быть преобразовано в числовой формат, однако значение «Not specified» требует анализа. Данное значение представлено только у одной модели alpha бренда nubia. Изучив инструкцию к данным часам было установлено, что часы этой модели не обладают свойством water resistance. Значение столбца Water Resistance (meters) для данной модели = 0.

Значения в столбце Battery Life (days) представлены в разных строковых форматах. Авторами все значения были приведены к числовому формату. Кроме этого встречаются часы, которые не имеют показателя «Продолжительность зарядки батареи» – это особенность данной модели умных часов. Было замечено, что часть значений представлено в единицах измерения – часы – эти значения переведены в шкалу «дни».

Столбец Price (USD) содержит значения в строковом формате типа «\$456». Столбец преобразован в числовой формат.

Таким образом, выполнена стандартизация текстовых данных, импутация пропусков, выполнена multi-label бинаризация для столбцов Connectivity и Resolution.

Создаем столбец Sales, который будет отражать количество продаж конкретной модели умных часов и удаляем дубликаты строк.

Преобразуем категориальные признаки Brand, Model, Operating System и Display Type в числовой формат. Для этого будем использовать технологию OneHotEncoding для признака Display Type и TargetEncoding

для трех других признаков. После окончательных преобразований количество признаков увеличилось до 24.

Уберем неинформативные признаки, у которых значение дисперсии менее 0.01. Это столбцы Heart Rate Monitor, Have_Gorillaglass, Have_Colortouch, Bluetooth, Display_Type_dualayer, Display_Type_monochrome. В результате преобразований, размер датасета изменился и составляет 264 строки и 19 столбцов. Подготовленный к кластерному анализу датасет представлен на рисунке 2.

Display Size (inches)	1.900000	1.400000	1.300000	1.58	1.280000	1.430000	1.300000	1.750000	1.39	1.200000
Water Resistance (meters)	50.000000	50.000000	50.000000	50.00	30.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.00	30.000000
Battery Life (days)	18.000000	1.670000	11.000000	6.00	24.000000	14.000000	3.000000	4.000000	12.00	14.000000
GPS	1.000000	1.000000	1.000000	1.00	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.00	0.000000
NFC	1.000000	1.000000	0.000000	1.00	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.00	0.000000
Price (USD)	399.000000	249.000000	399.000000	229.00	299.000000	499.000000	199.000000	199.000000	199.00	195.000000
Width	396.000000	450.000000	416.000000	336.00	416.000000	466.000000	360.000000	372.000000	454.00	240.000000
Height	484.000000	450.000000	416.000000	336.00	416.000000	466.000000	360.000000	430.000000	454.00	240.000000
Cellular	1.000000	1.000000	0.000000	0.00	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.00	0.000000
Wi-Fi	1.000000	1.000000	1.000000	1.00	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.00	0.000000
Brand_encoded	330.428571	301.500000	442.333333	237.00	225.105263	264.454545	263.166667	245.666667	149.00	280.714286
OS_encoded	330.428571	370.388889	442.333333	237.00	370.388889	365.666667	370.388889	226.142857	149.00	195.000000
Model_encoded	399.000000	249.000000	399.000000	229.00	299.000000	499.000000	199.000000	265.000000	199.00	195.000000
Sales	1.000000	1.000000	1.000000	1.00	1.000000	1.000000	4.000000	1.000000	1.00	2.000000
Display Type_eink	0.000000	0.000000	0.000000	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.00	1.000000
Display Type_lcd	0.000000	0.000000	0.000000	0.00	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.00	0.000000
Display Type_mip	0.000000	0.000000	0.000000	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.00	0.000000
Display Type_monochrome	0.000000	0.000000	0.000000	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.00	0.000000
Display Type_oled	1.000000	1.000000	1.000000	1.00	1.000000	1.000000	0.000000	1.000000	1.00	0.000000

Рис. 2. Датасет, подготовленный к применению методов кластеризации, содержащий только числовые данные

Последний этап подготовки данных – масштабирование при помощи `MinMaxScaler()`.

Рассматриваемые методы кластеризации подразумевают заранее заданное количество кластеров (кроме метода DBSCAN). Существуют разные способы нахождения оптимального количества кластеров. В нашем исследовании мы использовали метод «локтя», который определил 5 кластеров.

Выполним кластеризацию методами k-mean, DBSCAN, GMM, иерархическую кластеризацию и спектральную кластеризацию и добавим метки кластеров к исходному датафрейму.

Визуализируем данные, создав точечные диаграммы, предварительно уменьшив размерность датафрейма при помощи метода главных компонент Principal Component Analysis – PCA [7].

Для оценки качества кластеризации используют различные метрики, например, коэффициент силуэта, который определяет, насколько хорошо каждая точка данных вписывается в назначенный ей кластер, индекс Калински-Харабаша, который измеряет отношение дисперсии между кластерами к дисперсии внутри кластера, и индекс Дэвиса-Болдуина, который измеряет среднее сходство между каждым кластером и его наиболее похожим соседом [6].

Радарная диаграмма сравнения оценок качества моделей по трем индексам представлена на рисунке 3. Значения метрик в табличном виде представлены на рисунке 4.

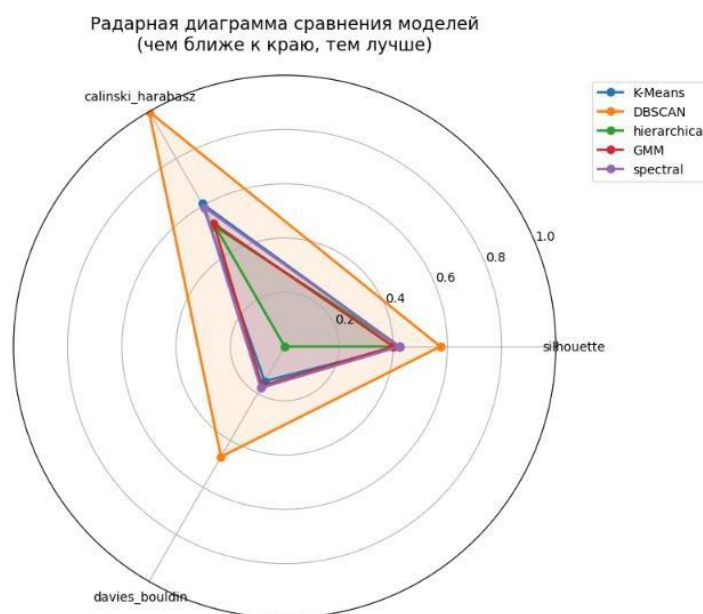


Рис.3. Радарная диаграмма сравнения оценок качества моделей по трем индексам

	K-Means	DBSCAN	hierarchical	GMM	spectral
silhouette	0.423022	0.574207	0.423303	0.400797	0.423089
calinski_harabasz	92.513338	152.097616	77.392100	79.597622	90.051432
davies_bouldin	1.109418	0.691276	1.302145	1.083935	1.072977

Рис.4. Значения индексов качества моделей

Наилучшие показатели качества по всем трем индексам представил метод DBSCAN, наихудшие – иерархическая кластеризация. Точечная диаграмма на рисунке 5 показывает, как метод DBSCAN разделил данные на отдельные кластеры.

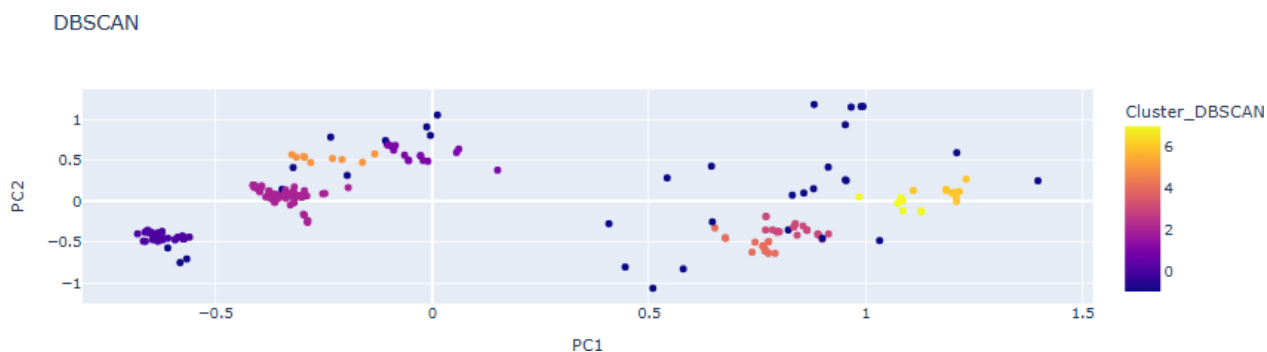


Рис. 5. Визуализация распределения объектов на кластеры методом DBSCAN

Всего методом DBSCAN кластеризации выделено 8 кластеров с номерами от 0 до 7 и шумов (точки, которые не принадлежат ни одному кластеру). Поскольку перед нами стояла задача определения не более шести устойчивых сегментов рынка умных часов, мы не будем анализировать результаты метода DBSCAN, а обратимся к следующему методу, показавшему наилучшие результаты – это метод спектральной кластеризации, результаты которого представлены на рисунке 6.

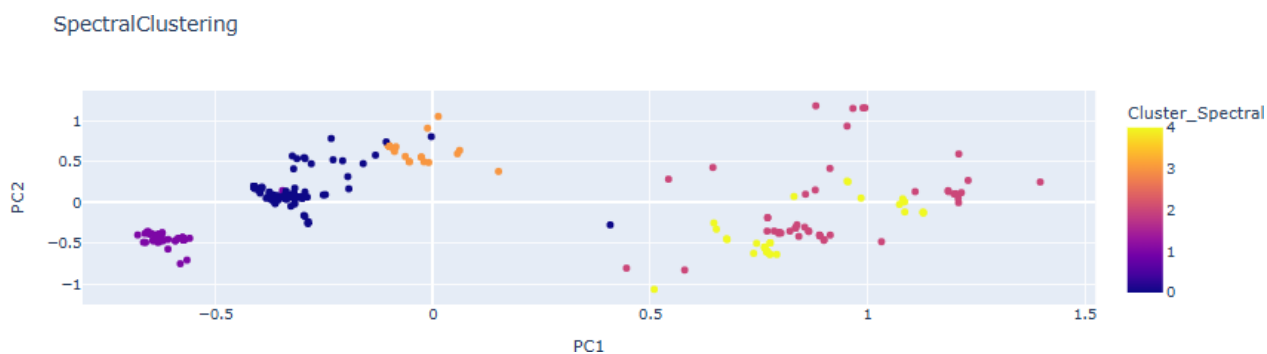


Рис. 6. Визуализация распределения объектов на кластеры методом спектральной кластеризации

Подробно проанализируем результаты спектральной кластеризации: определим, объекты с какими характеристиками объединены в кластеры. Всего выделено 5 кластеров с номерами от 0 до 4. Размеры кластеров:

- 0: 124 записи, 47%
- 1: 44 записи, 17%
- 2: 45 записей, 17%
- 3: 21 запись, 8%

4: 30 записей, 11%

Основные статистики каждого кластера представлены на рисунке 7.

Cluster_Spectral	Price (USD)				Sales				Display Size (inches)				Water Resistance (meters)				Battery Life (days)			
	min	max	mean	median	min	max	mean	median	min	max	mean	median	min	max	mean	median	min	max	mean	median
0	99.0	1650.0	296.10	275.0	1	8	1.47	1.0	0.9	1.78	1.34	1.37	30.0	100.0	44.76	50.0	1.00	25.0	9.22	3.5
1	139.0	1800.0	362.23	299.0	1	5	1.32	1.0	1.2	4.01	1.56	1.40	0.0	50.0	46.85	50.0	1.00	25.0	9.55	4.5
2	49.0	699.0	236.60	199.0	1	10	1.51	1.0	1.0	1.50	1.25	1.20	1.5	200.0	66.26	50.0	1.00	50.0	8.36	5.0
3	99.0	569.0	258.05	199.0	1	4	1.33	1.0	1.2	1.65	1.40	1.39	30.0	100.0	51.43	50.0	1.25	25.0	10.01	14.0
4	69.0	849.0	494.37	499.0	1	7	1.40	1.0	0.9	1.60	1.27	1.20	30.0	200.0	84.67	100.0	1.67	24.0	10.12	12.0

Cluster_Spectral	GPS				Wi-Fi				NFC				Cellular			
	min	max	mean	median	min	max	mean	median	min	max	mean	median	min	max	mean	median
0	0	1	0.90	1.0	0	1	0.96	1.0	1	1	1.00	1.0	0	0	0.00	0.0
1	1	1	1.00	1.0	1	1	1.00	1.0	0	1	0.93	1.0	1	1	1.00	1.0
2	0	1	0.76	1.0	0	1	0.87	1.0	0	1	0.62	1.0	0	1	0.07	0.0
3	0	1	0.95	1.0	0	1	0.95	1.0	0	0	0.00	0.0	0	0	0.00	0.0
4	0	1	0.97	1.0	1	1	1.00	1.0	0	1	0.63	1.0	0	1	0.03	0.0

Рис.7. Максимальные, минимальные и средние значения числовых признаков для каждого кластера

Самый многочисленный кластер 0. Это самые популярные часы у населения – массовый сегмент - которое предпочитает иметь умные часы ценового диапазона выше среднего, небольшого размера, у которых продолжительное время работы батареи и минимальное среднее значение показателя водонепроницаемости. У часов присутствуют технологии GPS, NFC, Wi-Fi и отсутствует технология Cellular. Бренды часов различные. Тип экрана – преимущественно OLED. Этот сегмент можно назвать **универсальными смарт-часами для повседневного использования**.

Общий вывод по кластеру 1: сегмент дорогих умных брендовых часов (Samsung, Apple, Oppo, Huawei) максимального размера, у которых продолжительное время работы батареи и среднее значение показателя водонепроницаемости. У часов обязательно наличие всех технологий связи GPS, Wi-Fi, Cellular, NFC – 93%. Тип экрана – OLED. Этот сегмент можно назвать **люксовым или премиальным**.

Общий вывод по кластеру 2: самые дешевые часы небольшого размера, с минимальным временем работы батареи и высоким значением показателя водонепроницаемости. У трети часов полностью отсутствуют технологии коммуникаций, у две трети есть технологии GPS, NFC, Wi-Fi – это самые простые умные часы разнообразных брендов (Garmin, Polar, Fossil, Casio), в которых преимущественно тип дисплея – LCD. Данный сегмент выполняет роль «**сборной**» для устройств, не вписавшихся в четкие рамки других групп. Возможно, что этот кластер объединяют устройства из **узких экспериментальных ниш**.

Общий вывод по кластеру 3: самый маленький сегмент умных часов невысокой ценовой категории, у которых максимальное время работы батареи и среднее значение показателя водонепроницаемости. У 95% часов наличие технологий GPS, Wi-Fi, отсутствуют технологии NFC и Cellular. Равномерное присутствие брендов Amazfit, Suunto, Huawei, Honor, Withings, Xiaomi превышает 60% от состава кластера. Тип экрана – OLED. Этот сегмент можно назвать универсальными смарт-часами **для повседневного использования и фитнеса**.

Общий вывод по кластеру 4: сегмент дорогих умных часов минимального размера, у которых достаточно продолжительное время работы батареи и максимальное значение показателя водонепроницаемости. У часов обязательно наличие технологий GPS, Wi-Fi, большинство из них имеет технологию NFC. Возможно наличие технологии Cellular. Умные часы преимущественно брендов Garmin, Polar, Suunto, Sony. Типы экранов Transflective – энергоэффективный дисплей. Можно назвать этот сегмент – умные часы для **спорта и фитнеса**.

Таким образом в рамках данного исследования была решена задача подготовки данных к кластерному анализу и проведение кластерного анализа рынка умных часов.

С практической точки зрения, полученные результаты позволяют производственной компании, рассматривающей выход на рынок умных часов, принять обоснованное стратегическое решение. Наиболее перспективными для входа на рынок представляются кластер 0 (универсальные часы массового спроса) и кластер 3 (фитнес-ориентированные часы средней ценовой категории), поскольку они демонстрируют высокую ёмкость при отсутствии жёсткой привязки к конкретному бренду или операционной системе. Вход в кластер 1 (премиальный) требует значительных инвестиций в бренд и экосистему, а кластер 2 (бюджетный) характеризуется низкой маржинальностью. Кластер 4 (спортивный) является нишевым и требует глубокой экспертизы в спортивной аналитике.

Список использованной литературы:

1. Maurer U., Rowe A., Smailagic A., Siewiorek D.P. eWatch: a wearable sensor and notification platform. // International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN'06), 3-5 April 2006, Publisher: IEEE, pp. 141-145. – URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1612916/metrics#metrics> (дата обращения 24.02.2026).
2. Носимая электроника (рынок России) // TAdviser - российский интернет-портал и аналитическое агентство, 04.02.2026. – URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Носимая_электроника_\(рынок_России\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Носимая_электроника_(рынок_России)). (дата обращения 25.02.2026).
3. Kaggle: Watch Price Prediction Dataset. – URL: <https://www.kaggle.com/code/jashanmalhotra/watch-price-prediction>. (дата обращения: 12.12.2025).
4. Маккинни Уэс. PYTHON и анализ данных. 3-е издание. – М: ДМК, 2023. – 536 с.

5. Силен Д., Мейсман А., Али М. Основы Data Science и Big Data. Python и наука о данных. – СПб.: Питер, 2017. – 336 с.
6. Quick Guide to Evaluation Metrics for Supervised and Unsupervised Machine Learning. – URL: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.6f33fc13-69a53491-09082af8-74722d776562/https/www.analyticsvidhya.com/blog/2020/10/quick-guide-to-evaluation-metrics-for-supervised-and-unsupervised-machine-learning. (дата обращения: 12.02.2026).
7. Орельен Жерон. Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn, Keras и TensorFlow. Концепции, инструменты. – М: Изд-во «Диалектика», 2020. – 1040 с.

КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ СОЦИОКУЛЬТУРНОЙ СТРУКТУРЫ РЕГИОНОВ РОССИИ

Капитанова О.В., Липатова Л.В.
Нижний Новгород, ННГУ

Аннотация. В работе проверяется гипотеза А.Аузана о разделении регионов России на «И-Россию» и «К-Россию» на основе социокультурных показателей. На основе 39 показателей (урбанизация, плотность населения, религиозный состав, преступность, инновационная активность и др.) проведена кластеризация 84 субъектов РФ (без Москвы) методами k-средних и иерархической кластеризации. Оптимальным признано разбиение на 3 кластера, которое не подтверждает исходное предположение, но выявляет три устойчивых типа регионов: традиционные национальные республики, ресурсно-сырьевые северные и восточные регионы, а также высокоурбанизированные регионы европейской части.

Ключевые слова: социокультурные показатели, индивидуализм, коллективизм, кластерный анализ.

На современном этапе развития России существует расхожее утверждение, что «Москва – это не Россия», и привычка делить страну на столицу и провинцию. Однако вопрос об однородности этой провинции становится темой для многочисленных исследований по пространственной экономике. Дифференциация регионов России по уровню развития не оставляет сомнений, и анализ причин этого является актуальным вопросом для научных исследований.

В работах А.Аузана [1,2] высказано предположение, что все регионы России можно разделить на две части: «И-Россию» и «К-Россию», основываясь на их социокультурных характеристиках. «Индивидуалистская» Россия состоит из столиц, регионов Урала, Сибири и Дальнего Востока. Ее жители ориентированы на личностное развитие, успех, инновации и готовность к риску. Представители остальной,

«Коллективисткой» России придерживаются традиционных семейных ценностей, осторожны и рассчитывают на государственную поддержку и защиту. В основе этого исследования лежат опросы сотрудников крупной российской компании, которая представлена в 81 российском регионе. На базе результатов был рассчитан индекс индивидуализма – коллективизма для каждого субъекта. После чего отслеживалась его связь с реальными экономическими и социальными показателями. Авторы делают вывод, что чем выше уровень индивидуализма в регионе, тем там выше предпринимательская активность, уровень доверия и инновационная активность. Коллективизм, по мнению авторов, коррелирует с установкой на многодетность. Кроме того, «И-Россия» создает спрос на формальные институты (законы, контракты), а «К-Россия» ждет «ручного управления» и социальной защиты от государства.

Однако, если такое разделение существует, то оно должно отслеживаться не только в результатах опроса жителей регионов, но и в макроэкономических показателях. Поэтому в рамках данной работы была поставлена цель проверить выдвинутую А. Аузаном гипотезу на основе общедоступных статистических данных по регионам России [5,7,8,9,11].

Также как А.Аузан при составлении опросника, при подборе статистических показателей в качестве основы была выбрана методика Г. Хофстеде [10,12], которая обнаруживает латентные факторы, описывающие социокультурные паттерны. Они представлены в табл. 1, также как показатели, которые были выбраны для описания соответствующей категории.

Коллективизм характеризуется плотной связью между людьми в обществе, следовательно, использован такой показатель, как плотность населения: чем выше её значение, тем ярче выражен показатель коллективизма. Ещё делает общество более настроенным на коллективизм распространённость патогенов [4]. Широкое распространение инфекций требовало разделения общества на своих и чужих. Для отражения этого факта взята статистика с числом зарегистрированных больных с впервые в жизни установленным диагнозом активного туберкулеза и ВИЧ-инфекции, а также число зарегистрированных случаев заболевания малярией. Коллективизм характерен для тех сообществ, которые чаще переживают стихийные бедствия, поэтому в исследование были включены данные по природным ЧС. Городское население обычно существует более обособленно, чем сельское.

Таблица 1.

Социокультурные показатели

Измерение	Выбранные показатели
Коллективизм – индивидуализм	Плотность населения; уровень «аграрности» региона (отношение ВДС по виду деятельности «сельское хозяйство» к ВРП); удельный вес городского населения в общей численности населения; природные ЧС; число зарегистрированных больных с впервые в жизни установленным диагнозом ВИЧ-инфекции, активного туберкулеза, малярией.
Гибкость – монументализм (долгосрочная – краткосрочная ориентация)	Число зарегистрированных умерших от убийств; коэффициент рождаемости для девушек в возрасте 17 лет и младше; доля несовершеннолетних участников преступлений от численности детского населения в возрасте от 14 до 17 лет; дорожно-транспортные происшествия.
Дистанция власти	Зарегистрировано преступлений по ст. 290 (получение взятки), 291 (дача взятки), 285 (злоупотребление должностными полномочиями) УК РФ; количество преступлений по ст. 290, 291, 285 УК РФ, уголовные дела о которых направлены в суд; доля граждан, использующих механизм получения государственных и муниципальных услуг в электронной форме; количество выявленных нарушений трудового законодательства; прямые выборы мэра; задолженность по налогам и сборам в процентах к общим поступлениям.
Феминность-маскулинность	Кол-во социально ориентированных некоммерческих организаций; предоставление прочих видов услуг в % от ВРП по ОКВЭД 2; удельный вес мужчин в общей численности населения; среднегодовая температура.
Избегание неопределенности	Относительный прирост числа организаций; уровень безработицы; ВДС креативной экономики в ВРП; доля занятых в малом и среднем бизнесе.
Культурное разнообразие	Более одного государственного языка в регионе; религиозный состав населения России (православие, своя вера, атеизм, прочие, ислам, католицизм, буддизм, старообрядчество, язычество).

Вторая группа факторов использовалась для косвенного описания параметров гибкости – монументализма или долгосрочной – краткосрочной ориентации общества. Будем считать, что люди,

ориентированные на долгосрочное планирование, обладают склонностью планировать свою жизнь, поэтому это может проявляться в меньшем числе спонтанных убийств, подростковых беременностей, аккуратному вождению и большему вниманию к детям.

Чтобы описать характеристику «дистанция власти», использована статистика о получениях взяток, их количестве и злоупотреблении должностными полномочиями и сколько из дел было передано в суд. Также рассматривалось количество выявленных нарушений трудового законодательства, задолженность по налогам и сборам. Для отражения другой стороны простоты взаимодействия с властью была учтена доля граждан, использующих механизм получения государственных и муниципальных услуг в электронной форме. Также этот показатель косвенно свидетельствует о расположении населения к инновациям. Активное использование инноваций относят к способам избегания неопределенности.

Чтобы охарактеризовать феминность или маскулинность региона был использован непосредственный показатель удельного веса численности мужчин в регионе. Согласно гипотезе Хофстеде холодный климат способствует меньшему акценту на соревновательность, поэтому был включен показатель среднегодовой температуры. Также рассматривалось количество благотворительных организаций и доля услуг в ВРП, что считается распространенной характеристикой «феминных» обществ.

Для описания степени избегания неопределенности использовались показатели, позволяющие описать предпринимательскую деятельность в регионе, как ту часть населения, которая принимает риск: относительный прирост числа организаций; уровень безработицы; доля креативной экономики, доля занятых в малом и среднем бизнесе.

Также необходимо учесть культурное разнообразие в регионе, что характеризуется наличием 2-го государственного языка и религиозным составом региона.

На основании ранее проведенных исследований [3,6,13] можно предположить, что в один кластер войдут субъекты европейской части (Восточно-Европейской равнины), Свердловская и Новосибирская области, а также, возможно, некоторые другие субъекты Урала, Сибири и Дальнего Востока. Регионы, в которых преобладает исламская религия, вероятно, образуют отдельный кластер вместе с оставшимися субъектами.

Собранный датасет (по 84 регионам, без учета Москвы и «новых территорий») был проверен на мультиколлинеарность: в матрице отсутствуют коэффициенты, модуль которых больше 0,75. Данные были стандартизованы.

Первым этапом исследования была кластеризация полученного датасета с помощью метода к-средних. Метод локтя не дает явного ответа об оптимальном количестве кластеров, а силуэтная оценка предполагает,

что наилучшим является разбиение на 2 кластера, а следующий по коэффициенту силуэта – это 3 и 7 кластеров.

В результате проведения кластерного анализа методом к-средних с применением Python были получены результаты, приведенные на рис. 1.



Рис. 1. Разбиение регионов на 2 кластера

Очевидно, что регионы разделились почти по географическому признаку, что не соответствует гипотезе, высказанной А.Аузаном. Разбиения на 3 и 7 кластеров представлены на Рис. 2 и Рис. 3, соответственно.



Рис. 2. Разбиение регионов на 3 кластера



Рис. 3. Разбиение регионов на 7 кластеров

Также с учетом относительно небольшого размера датасета было выполнено разбиение на кластеры иерархическим методом. Результат для 2-х кластеров представлен на Рис. 4.



Рис. 4. Разделение регионов на 2 кластера иерархическим методом

Также было выполнено преобразование исходного массива данных с помощью метода главных компонент и с помощью факторного анализа. Отметим, что критерий Кайзера-Мейера-Олкина (КМО), который проверяет силу и устойчивость взаимосвязей в данных, показал, что рассмотренный набор переменных не подходит для факторного анализа. Тем не менее, на рис. 5 и 6 представлены результаты разбиения регионов на 2 кластера, чтобы удостовериться, что никакой из вариантов не дает подтверждения выдвинутой гипотезы.



Рис. 5. Разбиение регионов на 2 кластера после факторного анализа методом к-средних



Рис. 6. Разбиение регионов на 2 кластера после факторного анализа иерархическим методом



Рис. 7. Разбиение регионов на 2 кластера для 25 главных компонент методом к-средних



Рис. 8. Разбиение регионов на 2 кластера для 25 главных компонент иерархическим методом

Проведенный кластерный анализ не подтвердил гипотезу А.Аузана о существовании в России двух кластеров, объединяющих регионы с ярко выраженным индивидуализмом и коллективизмом. Выбранные показатели не позволяют повторить указанный результат. Результаты, конечно, подтверждают, что в рамках выбранного набора показателей оптимальным количеством кластеров является два. Но разделение получается скорее географическим, чем социокультурным (на «европейскую» и «азиатско-северную» части) на основе географического положения, климата, плотности населения и развития аграрной промышленности в регионе.

Независимо от метода и числа кластеров устойчиво повторяются некоторые группы регионов:

- республики Северного Кавказа (Дагестан, Ингушетия, Кабардино-Балкария, Карачаево-Черкесия, Чечня) и иногда к ним примыкает Калмыкия. Это аграрные регионы с ярко выраженными демографическими особенностями и низкой урбанизацией.
- Республика Алтай. Часто выделяется в отдельный кластер, иногда группируется с Тывой, Бурятией, Якутией. Характеризуется очень низкой плотностью населения.
- Чукотский АО – почти всегда отдельный кластер, либо в составе «северного» кластера. Здесь экстремальные природно-климатические условия в сочетании с низкой плотностью населения.

При увеличении числа кластеров группируются Санкт-Петербург, Ленинградская область, Московская область и регионы ЦФО (Москва из исследования исключена). Отдельно выделяются промышленные регионы

Урала (Свердловская, Челябинская) вместе с Красноярским краем, Кемеровской областью. То есть группируются промышленные и сырьевые регионы. И выделяется малый кластер Тамбовская область, Камчатский край, Еврейская АО, вероятно, депрессивные регионы.

Отметим, что снижение размерности (25 главных компонент) практически не меняет структуру кластеров по сравнению с исходными данными. Это говорит о том, что основные 2–3 компоненты объясняют большую часть дисперсии и отражают ключевые факторы дифференциации регионов – географическое положение и связанные с ними социально-климатические характеристики (север/восток vs. запад/юг).

Если рассмотреть разбиение по исходным данным на три кластера методом К-средних, то можно выделить следующие закономерности. В кластер 0 входят республики Северного Кавказа (Адыгея, Дагестан, Ингушетия, Кабардино-Балкария, Карачаево-Черкесия, Северная Осетия – Алания, Чечня), Калмыкия, Башкортостан, Татарстан, Республика Алтай. Он характеризуется низкой степенью урбанизации, максимальной долей исламского населения, наличием второго государственного языка, высокой степенью рождаемости среди несовершеннолетних девушек, высокой безработицей, низкой плотностью населения, высокой долей аграрного сектора. Получается, что это традиционное, коллективистское общество с сильной ролью семьи, общинных связей, религиозных норм (ислам и традиционные верования). Экономика характеризуется патернализмом, дотационностью, низкой инновационной активностью. Относительно низкий уровень уличной преступности сочетается с высокой безработицей и слабым развитием гражданского общества (мало НКО). Регионы этого кластера сохраняют архаичные институты и слабо вовлечены в постиндустриальную модернизацию. Этот кластер можно назвать ядром «коллективистской России» по А.Аузану.

В кластер 1 входят северные, уральские, сибирские и дальневосточные регионы, включая Республику Коми, Ненецкий АО, ХМАО, ЯНАО, Тюменскую область (без АО), Челябинскую область, Республики Тыва, Хакасия, Бурятия, Саха (Якутия), Забайкальский край, Камчатский, Приморский, Хабаровский края, Амурскую, Магаданскую, Сахалинскую области, Еврейскую АО, Чукотку, а также Курганскую область. Он характеризуется высокой урбанизацией, которая, однако, достигается за счёт вахтовых посёлков и моногородов. Здесь тяжелые погодные условия, низкая плотность населения. Экономика строится на экстенсивной эксплуатации ресурсов, вахтовом методе и слабой диверсификации. Демографическое поведение (высокая рождаемость) напоминает традиционное, но в условиях сурового климата и высоких доходов от нефти/газа/алмазов. Высокий уровень нарушения трудового права означает, что работодатели экономят на издержках, в том числе на безопасности труда. Это снижает качество человеческого капитала и

демотивирует рабочую силу. Большое количество дорожно-транспортных происшествий напрямую ведёт к экономическим потерям из-за гибели и травматизма экономически активного населения, а также к затратам на медицину и реабилитацию. Высокий уровень заболеваемости туберкулёзом и ВИЧ-инфекцией является признаком кризиса в системе здравоохранения и низкого качества жизни. Низкая доля НКО говорит о слабом развитии гражданских институтов. Это не совсем та патриархальная «К-Россия» с традиционной, которую описывает А.Аузан, но и не является инновационной и индивидуалистической «И-Россией». Этот кластер – это некая особая «ресурсно-традиционная» разновидность «К-России» – сырьевая, мобилизационная, с высокой степенью социального неблагополучия и криминала. Анализируя показатели, можно сказать, что в данных регионах также преобладает коллективизм, но возможно он не так ярко выражен или на его преобладание повлияли иные социокультурные факторы, чем в кластере 0.

Кластер 2 включает все оставшиеся регионы, но их состав несколько отличается от того, что А.Аузан обозначил как «индивидуалистическую Россию», по описанию в представленном кластере преобладает индивидуализм. Высокая плотность населения является классическим признаком высокой степени урбанизации. Города – это центры концентрации капитала, знаний и услуг. В такой среде социальные связи становятся более формальными и менее обязывающими по сравнению с сельской местностью или малыми городами. Это способствует развитию индивидуалистических ценностей. Низкий коэффициент рождаемости среди подростков характерен для обществ с высоким уровнем жизни и образования. Высокая доля занятых в малом бизнесе является фундаментом рыночной, конкурентной экономики. В отличие от крупных корпораций или государственных структур, успех здесь напрямую зависит от личных качеств, компетенций и готовности к инновациям отдельного человека. Активное гражданское общество – ключевой институт индивидуалистического общества. Оно формируется там, где люди осознают свои личные интересы и готовы объединяться для их защиты и реализации вне рамок традиционной общины или семьи. Наличие множества некоммерческих организаций свидетельствует о высоком уровне доверия в обществе, «социальном капитале» и способности людей к самоорганизации для решения общих проблем. Низкое количество нарушений трудового законодательства – показатель прямо указывающий на сильную правовую культуру и эффективные институты. Высокий уровень ДТП можно рассматривать как негативный побочный эффект интенсивной экономической деятельности, мобильности населения и, возможно, дефицита качественной дорожной инфраструктуры при её высокой загруженности. Наличие личного автомобиля можно считать признаком индивидуализма.

Список использованной литературы:

1. Аузан, А. Культурные коды экономики. – М.: АСТ, 2025. – 160 с.
2. Аузан, А. А. Социокультурные факторы в экономике: пройденные рубежи и актуальная повестка / А. А. Аузан, А. И. Бахтигараева, В. А. Брызгалин [и др.] // Вопросы экономики. — 2020. — № 7. — С. 75–91. — DOI: 10.32609/0042-8736-2020-7-75-91.
3. Бахтигараева, А. И. Социокультурные особенности регионов России: общее и различия / А. И. Бахтигараева, В. А. Брызгалин, Е. Н. Никишина, Н. А. Припузова // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. — 2021. — № 5. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsiokulturnye-osobennosti-regionov-rossiiobschee-i-razlichiya>.
4. Галлямова, А. А. Культурное измерение «индивидуализм — коллективизм» как основной инструмент анализа сходств и различий культур / А. А. Галлямова, Д. С. Григорьев // Журнал социологии и социальной антропологии. — 2023. — Т. 26, № 3. — С. 115–148. — DOI: 10.31119/jssa.2023.26.3.5.
5. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2019 году» / МЧС России, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). – Москва, 2020. – 344 с.
6. Николайчук, И. А. Социокультурные аспекты приверженности россиян моделям коллективистского и индивидуалистического поведения: медиагеографические подходы в социологии / И. А. Николайчук, М. М. Янгляева, Т. С. Якова // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. — 2022. — № 3 (67). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsiokulturnye-aspekty-priverzhennosti-rossiyanmodelyam-kollektivistского-i-individualistического-povedeniya>.
7. Показатели преступности России // Генеральная прокуратура Российской Федерации Портал правовой статистики: сайт. – URL: http://crimestat.ru/regions_chart_total.
8. Российская база данных по рождаемости и смертности / Центр демографических исследований Российской экономической школы. – Москва, Россия. – URL: <https://www.nes.ru/demogr-fermort-data>.
9. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/10705>.
10. Хофстеде, Г. Возвращаясь к обсуждению личности и культуры: связь личностных черт и культурных осей / Г. Хофстеде, Р. Р. Маккрэй // Социологический журнал. — 2010. — № 4. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozvraschayas-k-obsuzhdeniyu-lichnosti-ikultury-svyaz-lichnostnyh-chert-i-kulturnyh-osey>.
11. Язык в России // Travel.ru: сайт. – URL: <https://guide.travel.ru/russia/people/language/>.
12. Minkov, M. The K factor, societal hypometropia, and national values: A study of 71 nations / M. Minkov // Personality and Individual Differences. — 2014. — Vol. 66. — P. 153–159. — DOI: 10.1016/j.paid.2014.03.021.
13. Sokolov, B. Individualism–Collectivism Differences Across 60 Russian Regions / B. Sokolov, A. Almakaeva, I. Lomakin [et al.] // Sotsiologicheskoe Obozrenie / Russian Sociological Review. — 2025. — Vol. 24. — P. 269–299. — DOI: 10.1732/1728-192X-2025-1-269-299.

АНАЛИЗ КЛЮЧЕВЫХ ГЛОБАЛЬНЫХ ТЕНДЕНЦИЙ И ИХ ВЛИЯНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ БУДУЩЕЙ МИРОВОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Карелина В.С., Кукушина О.С.
Великий Новгород, НОВГУ

Аннотация: В условиях быстрых и часто непредсказуемых изменений мировой экономики компании и государства вынуждены пересматривать подходы к развитию и управлению. Появление новых глобальных тенденций свидетельствует о глубокой трансформации экономической системы. В статье рассматривается влияние ключевых мировых трендов на экономику, анализируются подходы стран к преодолению возникающих вызовов, а также исследуются изменения бизнес-моделей, определяющие будущие экономические отношения. Особое внимание уделено выявлению взаимосвязей между цифровизацией, изменением потребительского поведения и трансформацией экономических институтов.

Ключевые слова: современные технологии, глобализация, инновации, мировая экономика, автоматизация.

Современная мировая экономика находится в состоянии глубоких изменений. Эти процессы нельзя рассматривать как отдельные явления – они взаимосвязаны и затрагивают практически все сферы: от производства и торговли до социальной структуры общества. Экономика всё больше зависит не только от ресурсов и капитала, но и от технологий, информации и человеческого потенциала.

На фоне усиливающейся неопределённости формируется новая модель мировой экономической системы. В ней привычные механизмы роста постепенно теряют устойчивость, а на первый план выходят гибкость и способность быстро адаптироваться.

В рамках данного исследования выявлено, что текущие изменения носят системный характер и затрагивают не отдельные элементы, а всю структуру мировой экономики в целом.

Одной из наиболее заметных тенденций является цифровизация. Развитие технологий, таких как искусственный интеллект, большие данные и автоматизация, существенно меняет принципы ведения бизнеса. Компании всё чаще переходят в цифровую среду, что позволяет им работать быстрее, дешевле и эффективнее [5].

Онлайн-торговля, цифровые финансовые сервисы и платформенные решения стали неотъемлемой частью экономики. В результате формируется новая реальность, где главным ресурсом становятся данные.

В современных условиях именно доступ к данным и способность их использовать становятся ключевым фактором конкурентоспособности, опережая традиционные ресурсы. Цифровизация напрямую влияет на рынок труда. С одной стороны, автоматизация вытесняет ряд профессий, особенно тех, которые связаны с рутинной работой. С другой – появляются новые направления занятости, требующие более высокого уровня квалификации. Работодатели всё чаще ищут специалистов с цифровыми навыками, способных быстро адаптироваться к изменениям. В то же время усиливаются такие проблемы, как структурная безработица и рост неравенства. Из вышесказанных слов можно сделать вывод о том, что изменения на рынке труда имеют долгосрочный характер и требуют перехода к модели непрерывного образования, а не разовой подготовки специалистов.

Серьёзные изменения происходят и в сфере потребления. Современные потребители стали более требовательными и информированными. Для них важны не только цена и качество, но и удобство, скорость обслуживания, а также ценности компании [2].

Всё большее значение приобретают такие факторы, как экологичность продукции, прозрачность производства и социальная ответственность бизнеса. Это формирует новую культуру потребления. Компании, в свою очередь, вынуждены адаптироваться к этим изменениям: внедрять гибкие подходы к управлению, использовать аналитику данных и выстраивать более тесные отношения с клиентами. Выявлено, что уровень персонализации услуг напрямую зависит от степени цифровой зрелости компании, а игнорирование этого фактора приводит к потере рыночных позиций.

Дополнительно стоит рассмотреть, как меняются подходы к управлению компаниями в современных условиях. Если раньше основной упор делался на стабильность, строгую иерархию и долгосрочное планирование, то сегодня такие методы уже не дают прежнего результата. Быстрые изменения во внешней среде требуют от бизнеса более гибкого и адаптивного поведения

Все чаще компании упрощают управленческие структуры, сокращают количество уровней и дают больше самостоятельности отдельным командам. Это позволяет быстрее принимать решения и оперативно реагировать на изменения рынка. При этом особое значение приобретает внутренняя координация, так как при высокой автономии важно сохранять общее направление развития.

Также значительно возрастает роль информации. Сегодня данные используются не только для анализа прошлого, но и для принятия решений в реальном времени. Компании активно внедряют аналитические инструменты, позволяющие лучше понимать клиентов и рынок [3].

Изменения затрагивают и стратегическое планирование. Компании всё чаще отказываются от жёстких долгосрочных планов в пользу гибких стратегий, которые можно корректировать по мере необходимости.

Таким образом, современные подходы к управлению строятся на трёх элементах: гибкости, работе с данными и готовности к постоянным изменениям. Именно это позволяет компаниям сохранять устойчивость и развиваться в условиях нестабильной экономики.

Также одновременно усиливается роль сервисной экономики. Всё чаще компании переходят от продажи товаров к предоставлению услуг. Подписки, аренда и совместное использование ресурсов становятся обычной практикой. Такой подход выгоден обеим сторонам: бизнес получает стабильный доход, а потребители – доступ к услугам без необходимости владения.

Кроме того, значительное влияние приобретают цифровые платформы. Они соединяют производителей и потребителей, формируя новые правила конкуренции. В результате усиливается концентрация рынка, что требует пересмотра подходов к регулированию.

Отдельно стоит отметить ускорение внедрения инноваций. Если раньше новые технологии распространялись десятилетиями, то сейчас этот процесс занимает считанные годы. Компании вынуждены постоянно меняться, инвестировать в разработки и пересматривать стратегии. Обосновано, что способность быстро адаптироваться становится важнее размера компании или объёма ресурсов.

Глобализация также меняет свою форму. Ранее она означала расширение торговли и интеграцию рынков. Сегодня наблюдается более сложная картина: усиливаются геополитические противоречия, вводятся ограничения и санкции. Это приводит к перестройке цепочек поставок. Компании стараются снизить зависимость от отдельных стран и делают ставку на устойчивость. Сделан вывод о переходе от классической глобализации к модели выборочной интеграции, при которой экономические связи формируются с учётом политических факторов. Важным направлением становится устойчивое развитие. Экологические проблемы уже нельзя игнорировать, поэтому государства и бизнес всё активнее переходят к «зелёной» экономике [1].

Развитие возобновляемой энергетики и энергоэффективных технологий формирует новую модель роста. Однако этот процесс требует значительных затрат и согласованных действий на международном уровне.

Серьёзное влияние оказывает демографический фактор. В развитых странах население стареет, что увеличивает нагрузку на экономику. В развивающихся регионах, наоборот, наблюдается рост населения. Это создаёт как возможности, так и риски. Увеличивается мобильность рабочей силы, меняется распределение экономической активности. Доказано, что

демографические различия становятся одним из ключевых факторов формирования новой экономической карты мира.

При этом важны не только количественные, но и качественные изменения. Меняются ценности, потребности и поведение людей. Это влияет на структуру спроса и развитие отдельных отраслей. С демографией тесно связана урбанизация. Города становятся центрами экономики, инноваций и инвестиций. Однако это приводит к росту нагрузки на инфраструктуру и экологию.

Роль государства в экономике заметно усиливается. В условиях кризисов оно активно вмешивается в процессы, поддерживая бизнес и население. Это ведёт к усилению регулирования и изменению экономической политики. При этом возрастает значение международного сотрудничества, хотя его эффективность часто ограничена политическими разногласиями.

Финансовая система также претерпевает изменения. Развиваются цифровые валюты и финансовые технологии, упрощаются операции и снижаются барьеры для новых участников. Появляются альтернативные финансовые инструменты, включая децентрализованные решения. Это делает систему более гибкой, но одновременно повышает риски.

Также геополитические факторы усиливают своё влияние. Экономика всё чаще используется как инструмент давления и конкуренции между странами. Это повышает нестабильность и требует более продуманного стратегического планирования.

Особую роль тогда начинает играть человеческий капитал. Образование, наука и инновации становятся основой экономического развития. Страны, инвестирующие в людей, получают долгосрочные преимущества. Тогда получается, что человеческий капитал становится ключевым ресурсом новой экономики, определяющим её устойчивость и конкурентоспособность.

В целом рассмотренные тенденции показывают, что мировая экономика становится более сложной и менее предсказуемой. Появляются новые центры силы, а глобальные процессы становятся фрагментированными. Успех стран и компаний всё больше зависит от их способности быстро адаптироваться, внедрять инновации и эффективно управлять рисками.

Проведённый анализ позволяет сделать вывод о том, что мировая экономика находится на этапе глубокой трансформации. Её будущее определяется сочетанием технологических, демографических, экологических и геополитических факторов [4].

Ключевой результат исследования заключается в обосновании системного характера этих изменений, при котором решающую роль играют три фактора: уровень цифровизации, качество человеческого капитала и способность к быстрой адаптации. Формирование устойчивой

экономической системы возможно только при комплексном подходе, учитывающем интересы различных участников и направленном на достижение баланса между экономическим ростом, социальной стабильностью и экологической безопасностью.

Список использованной литературы:

1. Островская Е. Н., Панова А. Ю., Грибановская С. В. Мировая экономика и международные отношения: учебное пособие. – СПб.: РГГМУ, 2020. – 202 с.
2. Смитиенко Б. М., Лукьянович Н. В. Мировая экономика: учебник для вузов. – Москва: Издательство Юрайт, 2025. – 442 с.
3. Ирхин Ю. В. Глобальные тренды развития: новые проблемы и вызовы для России/ Ирхин Ю. В. // Общество вчера, сегодня, завтра. – 2025. – № 3. – С. 1–17
4. Казова З. М., Циканова Л. М., Ельмирзокова С. Р. Современные тенденции развития мировой экономики // Прикладные экономические исследования. – 2025. – № 2. – С. 217–222
5. Сейитмырадова Г. Б. Мировая экономика: современные тенденции и вызовы // Молодой ученый. – 2025. – № 11. – С. 86–88.

РЫНОК ТРУДА НОВГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ: ДИНАМИКА 2015–2026 ГОДОВ И ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ ДО 2030 ГОДА

Крутовская Л.А., Кукушина О.С.
Великий Новгород, НОВГУ

Аннотация: В статье проведён комплексный анализ рынка труда Новгородской области за период 2015–2026 гг. На основе данных Новгородстата, отчётов службы занятости и сведений Роструда рассмотрена динамика численности трудовых ресурсов, производительности труда, уровня безработицы, занятости и заработной платы. Особое внимание уделено оперативной ситуации 2025–2026 годов: ежемесячному изменению числа зарегистрированных безработных и заявленных вакансий, территориальной дифференциации коэффициента напряжённости в разрезе муниципальных районов, доле трудоустроенных граждан. Выявлен устойчивый рост регистрируемой безработицы, сокращение числа вакансий и увеличение напряжённости. Показана высокая поляризация муниципальных образований. Сформулированы обоснованные выводы о необходимости корректировки региональной политики занятости в рамках реализации Стратегии социально-экономического развития Новгородской области до 2030 года.

Ключевые слова: Трудоспособное население, производительность труда, регистрируемая безработица, напряжённость рынка труда, вакансии.

Современный российский рынок труда характеризуется беспрецедентными показателями занятости, безработицы, спроса и

предложения, не имеющими аналогов в новейшей истории. Данная конъюнктура обусловлена как кумулятивными системными изменениями, в частности, демографическими последствиями кризиса 1990-х годов, так и резкими, разовыми трансформациями, такими как переход к рынку соискателя, существенное снижение уровня безработицы и повышенный спрос на рабочие специальности. Несмотря на территориальную дифференциацию и разнообразие условий функционирования регионов Российской Федерации, наблюдаемые изменения носят общенациональный характер, затрагивая все отрасли экономики. Особо выраженный кадровый голод отмечается в ключевых промышленных регионах, где предприятиям предстоит кратное увеличение объемов производства в рамках стратегии импортозамещения, однако существующие трудовые ресурсы недостаточны для обеспечения такого роста. В связи с этим, актуализируется задача детального анализа региональной кадровой ситуации и разработки адресных решений. Новгородская область, обладающая развитыми секторами обрабатывающей промышленности, сельского хозяйства и строительного комплекса, является репрезентативным примером региона, испытывающего на себе последствия общероссийского кадрового дефицита.

Целью настоящей статьи является анализ текущих показателей рынка труда Новгородской области и формулирование рекомендаций по его развитию в условиях ограничений и кадрового дефицита. Для достижения поставленной цели проведён ретроспективный анализ динамики показателей рынка труда за период 2015–2024 годов, дана оценка текущей ситуации на основе оперативных данных службы занятости и результатов еженедельного мониторинга, а также разработан комплекс мер, направленных на преодоление сложившихся условий деятельности субъектов рынка труда в рамках реализации Стратегии социально-экономического развития Новгородской области до 2030 года.

В последние годы на национальном рынке труда фиксируется кадровый дефицит, определяемый как нехватка квалифицированных кадров, способных удовлетворить запросы работодателей. Данный феномен представляет собой дисбаланс между предложением и спросом на работников определённой квалификации или в конкретных отраслях, который в текущих условиях распространился на всю экономику страны.

Исследовательский интерес к региональным рынкам труда обусловлен необходимостью анализа их специфических особенностей. Большинство работ приходят к выводу о саморегулирующемся характере синхронизации спроса и предложения, при этом отмечается ограниченная вовлечённость центров занятости в управление рыночными показателями, их роль сводится к сопровождению запросов отдельных категорий занятых. Это приводит к накоплению противоречий, потенциально негативно влияющих на систему трудовых отношений в долгосрочной перспективе.

Ещё в начале 2000-х годов исследователи констатировали значительное несоответствие между спросом и предложением рабочей силы, и последующие годы не продемонстрировали улучшения данной тенденции.

Применительно к Новгородской области в научной литературе накоплен определённый массив знаний. В работе С. Г. Давыдовой показано, что на фоне экономического роста всё более ощутимой становится проблема недостатка квалифицированных кадров, отсутствие которых тормозит развитие производства на многих предприятиях, в то время как поиск подходящей работы остаётся актуальным для безработных граждан, высвобождаемых работников и выпускников учебных заведений. В исследовании Т.И. Безденежных, И.Р. Кормановской и И. И. Якименко установлено, что российский рынок труда характеризуется не только дефицитом квалифицированных кадров, но и их структурным несоответствием существующим потребностям экономики, причём в большинстве регионов одновременно присутствует значительное число вакансий и безработного контингента. На примере Новгородской области авторы приходят к выводу, что если рынок труда не способен удовлетворить требования современной экономики, он становится тормозом на пути её развития. Отдельный блок исследований посвящён аграрному сектору Новгородской области. В работах Е.А. Окоминой изучен процесс формирования и использования трудовых ресурсов в агропромышленном комплексе региона, выявлено, что в сельской местности показатели смертности превышают показатели рождаемости, а доля людей старше трудоспособного возраста доходит до 30%, что создаёт серьёзные ограничения для воспроизводства трудовых ресурсов. Автором предложена усовершенствованная модель управления воспроизводством трудовых ресурсов с переориентацией сферы образования из отраслевой в регионально-отраслевую и созданием сбалансированной системы «рабочие места – трудовые ресурсы». Другое исследование, посвящённое занятости в аграрном секторе, обосновывает необходимость регулирования занятости на основе системного анализа влияния демографических процессов сельского населения, определения направлений профессиональной ориентации и установления состава и структуры занятости по видам собственности, полу, возрасту и образованию. По оценкам Национального агентства развития квалификаций, проведённым в 2023 году, Новгородская область испытывает нехватку специалистов высшей квалификации, занятых в подразделениях, отвечающих за основную деятельность компаний (24,2% организаций), а также квалифицированных рабочих (22,9%). Эти цифры подтверждают выводы других авторов о том, что кадровый дефицит в регионе имеет сложную структуру, затрагивая как высококвалифицированные, так и рабочие кадры.

В академических исследованиях уделяется значительное внимание анализу как долгосрочных траекторий развития региональных рынков труда

и их импакта на экономический потенциал территорий, так и влиянию макроэкономической конъюнктуры и ограничительных мер на занятость в субъектах Российской Федерации. Ограничивающим фактором для исследовательской деятельности выступает дефицит детализированной статистики по занятости и трудовым ресурсам в открытых источниках. Эта проблема обострилась после 2022 года в связи с сокращением доступности ряда данных Росстата для широкого круга научных работников, что вынуждает их использовать либо сведения последней государственной переписи населения, либо результаты собственных эмпирических изысканий. Тем не менее, результаты актуальных научных работ последних лет однозначно свидетельствуют о наличии кадрового дефицита в российских регионах, в том числе и в Новгородской области.

Отдельно следует выделить работы, в которых анализируются проблемы синхронизации рынка труда и рынка образования, мешающие нормальному обеспечению экономики молодыми и подготовленными кадрами. В ряде исследований представлена ситуация с трудоустройством выпускников учреждений среднего профессионального и высшего образования по стране, выявлен разрыв между полученной специальностью и реальным местом работы. По оценкам некоторых авторов, лишь четверть выпускников работают по специальности. Применительно к Новгородской области эта проблематика особенно актуальна в контексте оттока молодёжи из малых и средних населённых пунктов в крупные города региона и за его пределы, что формирует миграционные предпочтения и усиливает кадровый дефицит на периферии. Тема кадрового дефицита актуализируется в 2024 году в связи с анонсированием планов по разработке и реализации национального проекта «Кадры» в нашей стране. В последний год выросло значение ВНИИ труда, который начал выступать в качестве методического центра по сбору потребностей работодателей в кадровых ресурсах в России. Применительно к Новгородской области в рамках данного проекта уже реализуются программы бесплатного переобучения граждан по востребованным профессиям, что является одной из мер по преодолению кадрового дефицита.

Прежде чем анализировать рынок труда Новгородской области, важно понять общие тенденции и проблемы на уровне всей страны, чтобы оценить будущие условия трудовых отношений. Для этого были изучены прогнозы развития рынка труда России на среднесрочную перспективу от ведущих исследовательских центров. В целом, эти прогнозы умеренно оптимистичны, но указывают на замедление роста и сокращение численности трудоспособного населения. Например, Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН ожидает, что к 2027 году занятость составит 73,7 млн человек, а рост ВВП и производительности труда будет незначительным (2,6-2,8% и 2,9-2,7% соответственно). Однако этот прогноз носит общий характер и не учитывает отраслевые,

региональные или профессиональные особенности. Прогноз НИУ "ВШЭ" (2022) предполагает, что к 2030 году численность рабочей силы достигнет 72,8 млн человек (или 71,4 млн без учета миграции), при этом доля работников старше 40 лет вырастет до 62,7%. Этот прогноз включает региональный аспект, но не детализирует отрасли и профессии. По оценке "Яков и Партнеры" (2023), к 2030 году спрос на рабочую силу (75-76 млн человек) превысит предложение (72-73 млн человек), что приведет к дефициту кадров в размере 2-4 млн человек. Этот прогноз учитывает отраслевую специфику, но не региональную и профессиональную. Общий вывод всех прогнозов – ожидаемый дефицит рабочей силы, требующий уже сейчас мер по эффективному использованию человеческих ресурсов. Основная сложность для регионального управления рынком труда заключается в отсутствии детализированных прогнозов с учетом специфики отдельных территорий.

Для выявления тенденций и проблем на рынке труда Новгородской области, препятствующих эффективному использованию рабочей силы, было проведено исследование с привлечением экспертов. Анализ включал данные Центра занятости населения и Новгородстата, а также опросы работодателей от отраслевых союзов. Изучались также публичные материалы от кадровых служб крупных промышленных предприятий (обрабатывающая промышленность, сельское хозяйство, строительство). Сопоставление этих данных с экспертными оценками позволило сформулировать следующие гипотезы:

1. Наблюдается острый дефицит кадров, особенно в низкопроизводительных сферах и рабочих специальностях.
2. Дисбаланс между спросом и предложением, а также разрыв в зарплатных ожиданиях приводят к нехватке врачей, педагогов и управленческого персонала.
3. Региональная система профобразования не успевает за потребностями рынка, вынуждая предприятия самостоятельно обучать сотрудников через корпоративные центры и стажировки.
4. Растущее влияние самозанятых на рынок труда снижает привлекательность традиционных форм занятости. Несмотря на то, что самозанятые не являются субъектами трудовых отношений, их деятельность (более 12 млн. человек в стране к концу 2024 года, включая Новгородскую область) косвенно влияет на рынок, позволяя работодателям привлекать их для выполнения задач.

Анализ рынка труда Новгородской области выявил структурный дефицит кадров, который не удастся полностью восполнить за счет привлечения мигрантов. Нынешние меры по регулированию занятости недостаточно эффективны для решения этой проблемы. Данное исследование призвано оценить ситуацию на рынке труда региона в 2025-2026 годах и определить перспективы его развития, опираясь на

существующие стратегии. Актуальность работы обусловлена необходимостью своевременно выявлять дисбалансы между спросом и предложением рабочей силы, оценивать эффективность государственной политики занятости и корректировать стратегические цели в условиях демографических изменений и экономических преобразований. Исследование опирается на статистические данные Новгородстата (2015-2024 гг.), сборники «Труд и занятость», отчеты ЦЗН Новгородской области (2025-2026 гг.), информацию Роструда и Стратегию социально-экономического развития региона до 2030 года.

Для понимания долгосрочных перспектив регионального рынка труда необходимо проанализировать его демографические и трудовые характеристики. По данным Новгородстата на начало 2015 года, в Новгородской области проживало примерно 618,7 тысяч человек. Около 69,6% населения составляли люди трудоспособного возраста (мужчины 16-59 лет, женщины 16-54 года), причем этот показатель был незначительно выше в городах (69,8%), чем в сельской местности (68,9%). Общая численность трудовых ресурсов региона, то есть лиц, способных к труду, оценивалась в 332,9 тысяч человек. Из них 319,1 тысяч были заняты в экономике, а 13,8 тысяч – трудоспособные, но не работающие и не учащиеся. Таким образом, уровень занятости трудовых ресурсов составлял 84,0%. Уже тогда наблюдались тенденции старения кадров и оттока молодежи, но демографическая ситуация еще не вызывала серьезных опасений.

За последующие десять лет, с 2015 по 2024 год, в регионе продолжились процессы естественной убыли населения и миграционного оттока, особенно среди молодёжи в возрасте 18–30 лет, которая уезжает в Санкт-Петербург, Москву и другие крупные города. К 2024 году численность постоянного населения сократилась примерно до 583–585 тыс. человек, а доля трудоспособного населения снизилась до 67–68%. Это создало объективные предпосылки для кадрового дефицита, который наиболее остро проявился в обрабатывающей промышленности (особенно в машиностроении и химическом производстве), в сельском хозяйстве (овощеводство, животноводство) и в строительстве. Одновременно с сокращением численности населения происходило старение трудовых ресурсов: средний возраст занятых в экономике увеличился с 40,2 лет в 2015 году до 42,5 лет в 2024 году, а в таких отраслях, как жилищно-коммунальное хозяйство, средний возраст работников превысил 50 лет.

В Новгородской области наблюдался устойчивый рост производительности труда с 2015 по 2024 год, хотя и замедленный по сравнению с предыдущим десятилетием. Выработка на одного работника увеличилась с примерно 1,14 млн рублей в 2015 году до 1,9–2,1 млн рублей к 2024 году (в текущих ценах). Среднегодовой прирост составил 5–6%, что сопоставимо с общероссийским уровнем. Однако реальная заработная плата

росла медленнее: за десять лет она увеличилась на 50–60%, в то время как производительность выросла на 70–80%. Это означает, что не весь прирост эффективности труда отразился на доходах работников, снижая привлекательность рабочих мест и мотивацию. Особенно ощутимо это отставание проявилось в бюджетной сфере и сельском хозяйстве.

Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата в регионе увеличилась с 29,8 тыс. рублей в 2015 году до 75–80 тыс. рублей в 2024 году, а в 2025 году, по предварительным данным, достигла примерно 76–77 тыс. рублей. Однако эти средние цифры скрывают глубокую отраслевую дифференциацию. В строительстве и добыче полезных ископаемых зарплаты в 2024–2025 годах составляли 85–90 тыс. рублей, в обрабатывающих производствах – 70–75 тыс., в сельском хозяйстве – 55–60 тыс., а в образовании и здравоохранении – 45–50 тыс. рублей. Такая дифференциация ведёт к перетоку кадров из социальной сферы в промышленность и строительство, что создаёт дефицит учителей, врачей и младшего медицинского персонала в сельской местности.

При анализе рынка труда важно понимать разницу между двумя ключевыми показателями: общей и регистрируемой безработицей. Общая безработица, согласно методике, МОТ, охватывает всех, кто не имеет работы, активно ее ищет и готов приступить к ней, независимо от обращения в службу занятости. Регистрируемая безработица, напротив, включает только тех, кто официально зарегистрирован в центре занятости и получает пособие. Последняя всегда ниже, так как многие безработные не встают на учет, предпочитая искать работу самостоятельно, через знакомых, работая неофициально или утратив надежду.

В Новгородской области с 2015 по 2019 год наблюдалось стабильное снижение общей безработицы по МОТ: с 4,6% до 3,5–3,8%. В 2020 году пандемия COVID-19 привела к временному увеличению до 5,5–6,0%, но уже в 2021 году показатель вернулся к прежним уровням. В 2022–2024 годах, под влиянием мобилизации, экономических преобразований и роста оборонного заказа, общая безработица достигла рекордно низких значений – около 2,5–3,0% по МОТ. Регистрируемая безработица в этот период была еще ниже – 0,2–0,3% от экономически активного населения, что указывает на низкую обращаемость граждан в службу занятости.

Однако оперативные данные за 2025–2026 годы демонстрируют изменение этой тенденции. По состоянию на 1 января 2025 года уровень регистрируемой безработицы в Новгородской области составлял 0,3%, а численность официально зарегистрированных безработных – 892 человека. К 1 января 2026 года эти показатели выросли: уровень безработицы достиг 0,4%, а число безработных – 1127 человек. Таким образом, за 2025 год количество безработных увеличилось на 235 человек, или на 26,3%. Если же взять более широкий временной интервал – с 1 апреля 2025 года по 1 апреля 2026 года, – то рост становится ещё более впечатляющим. На 1 апреля 2025

года на учёте состояло 757 безработных, а на 1 апреля 2026 года – уже 1161 человек. Прирост составил 404 человека, или 53,4% за один год. Это самый значительный годовой рост регистрируемой безработицы в регионе за последнее десятилетие.

Анализ рынка труда Новгородской области за период с января 2025 по январь 2026 года выявил тревожную тенденцию: на фоне роста безработицы наблюдалось сокращение числа вакансий. Если на начало 2025 года служба занятости располагала 4182 предложениями о работе, то к началу 2026 года их количество снизилось до 4046, что означает уменьшение на 136 единиц или 3,3% за год.

Эта ситуация привела к увеличению напряженности на рынке труда, что отразилось в росте коэффициента напряженности с 0,213 до 0,279. Такой 50%-ный скачок за год является серьезным сигналом для региональных властей. Хотя Новгородская область пока сохраняет более благоприятное положение по сравнению со среднероссийским уровнем (0,4-0,5 на ноябрь 2025 года), негативная динамика очевидна, и разрыв с общероссийскими показателями неуклонно сокращается.

Снижение эффективности работы службы занятости подтверждается и показателем доли трудоустроенных граждан. На 1 января 2026 года доля трудоустроенных в общей численности граждан, обратившихся в центр занятости с целью поиска подходящей работы, составляла 53,6%. Это означало, что чуть более половины обратившихся находили работу при содействии государства. Однако к 1 апреля 2026 года этот показатель снизился до 47,5%. То есть за первый квартал 2026 года эффективность трудоустройства упала на 6,1 процентного пункта. Причины могут быть как объективными (сокращение числа подходящих вакансий, сезонный фактор), так и субъективными (недостаточная активность сотрудников центра занятости, несоответствие предлагаемых вакансий профилю соискателей). В любом случае, снижение доли трудоустроенных – это тревожный сигнал, требующий анализа и корректирующих мер.

Рынок труда Новгородской области характеризуется сильной неравномерностью по территории. Уровень безработицы и конкуренция за рабочие места сильно варьируются как между городскими и сельскими территориями, так и между самими районами. Например, на начало 2026 года зарегистрированная безработица составляла от ничтожных 0,1% в Маловишерском районе до 1,3% в Маревском. Такая разница в 1,2 процентного пункта весьма существенна для региона такого размера. Еще более заметна разница в напряженности рынка труда. В Ямницком районе на ту же дату на каждую вакансию приходилось почти два безработных (коэффициент напряженности 0,9). Высокая конкуренция также наблюдалась в Бателевском, Любытинском, Поддорском, Солнечном и Шимкском районах, где возможности трудоустройства ограничены.

Рынок труда в регионе неоднороден. В некоторых районах ощущается острая нехватка работников, где вакансий значительно больше, чем желающих трудоустроиться. Так, в Новгородском районе на одного безработного приходится десять вакансий (показатель 0,1). В Великом Новгороде ситуация на начало 2026 года была сложной (0,4), возможно, из-за миграции безработных. К апрелю 2026 года общая картина осталась схожей, хотя и с некоторыми корректировками. Соловецкий район достиг баланса (вакансий больше, чем безработных), а Боровский – полного равновесия (1,0). В Великом Новгороде напряженность снизилась до 0,3, а в Новгородском районе осталась низкой (0,1). Эта разница свидетельствует о раздробленности регионального рынка труда, где фактически существуют обособленные локальные рынки, слабо связанные из-за низкой мобильности населения. Переезды между районами затруднены жилищными проблемами, транспортными сложностями и личными причинами.

Анализ данных службы занятости выявил, что среди официально зарегистрированных безработных преобладают бывшие работники обрабатывающей промышленности, сельского хозяйства, торговли и сферы услуг. Это свидетельствует о том, что именно в этих отраслях наблюдаются сокращения или перестройка. При этом работодатели активно ищут специалистов рабочих профессий, таких как токари, сварщики, операторы линий, электрики, водители, слесари и овощеводы. Зарплаты по этим вакансиям колеблются от 50 до 200 тысяч рублей, завися от опыта и условий. Однако, особенно в сельской местности, предлагаемая оплата не всегда соответствует тяжелым условиям труда (10-12-часовой рабочий день) и слабо развитой социальной инфраструктуре, что делает эти рабочие места непривлекательными как для местных жителей, так и для приезжих.

Важно отметить, что параллельно с ростом регистрируемой безработицы в 2025–2026 годах наблюдался и рост числа вакансий в отдельные месяцы. Например, с 1 декабря 2025 года по 1 января 2026 года количество вакансий увеличилось на 315 единиц (с 3731 до 4046). Это говорит о том, что работодатели не сокращают активность по поиску сотрудников, но сталкиваются с трудностями в подборе. Причины – несоответствие квалификации соискателей требованиям рабочих мест, низкая мобильность, а также неконкурентоспособные условия труда (зарплата, график, удалённость). Таким образом, мы имеем дело со структурной безработицей, которая не устраняется простым увеличением числа вакансий.

В Стратегии социально-экономического развития Новгородской области на период до 2030 года, утверждённой правительством региона, в качестве ключевых приоритетов определены: повышение производительности труда, снижение уровня безработицы, увеличение доли высокопроизводительных рабочих мест, а также снижение отраслевого и территориального дисбаланса на рынке труда. Стратегия предусматривает

реализацию комплекса мероприятий, включая содействие малому и среднему предпринимательству, развитие системы профессионального образования под заказ работодателей, стимулирование миграции квалифицированных кадров, а также поддержку социально ориентированных некоммерческих организаций в сфере занятости.

Однако фактические данные за 2025–2026 годы показывают, что по ряду индикаторов происходит движение в противоположную сторону. Рост регистрируемой безработицы на 53,4% за год и увеличение напряжённости на 50% – это негативные сигналы, которые требуют пересмотра или усиления отдельных мер. Особенно остро стоит проблема территориальной дифференциации. Пока что стратегия не содержит конкретных механизмов для выравнивания ситуации между районами с напряжённостью 1,0 (Боровский) и 0,1 (Новгородский). Необходимы адресные программы: для районов с дефицитом кадров – предоставление служебного жилья, компенсация проезда, надбавки к зарплате для приезжих; для районов с избытком рабочей силы – создание новых рабочих мест через поддержку малого бизнеса, развитие туризма, организацию общественных работ.

Кроме того, снижение доли трудоустроенных среди обратившихся в центр занятости с 53,6% до 47,5% за первый квартал 2026 года указывает на необходимость повышения эффективности работы службы занятости. Возможные направления – внедрение цифровых платформ для подбора персонала, усиление профориентации, расширение программ профессионального переобучения. В 2025 году в рамках национального проекта «Кадры» в регионе было предложено 21 направление бесплатного обучения, и 85% выпускников нашли работу. Однако охват таких программ остаётся небольшим – всего несколько сотен человек в год, что недостаточно для масштабного переобучения тысяч безработных.

Демографический прогноз на период до 2030 года для Новгородской области остаётся неблагоприятным. Согласно оценкам, численность населения продолжит сокращаться в среднем на 0,5–0,7% в год, а доля лиц старше трудоспособного возраста увеличится с 25% в 2025 году до 30% к 2030 году. Это означает, что дефицит рабочей силы будет нарастать, и без активного привлечения мигрантов из других регионов и из-за рубежа, а также без повышения производительности труда, экономика региона столкнётся с серьёзными ограничениями.

На основе проведённого анализа можно сделать следующие обоснованные выводы:

- В долгосрочной перспективе (2015–2024 гг.) рынок труда Новгородской области характеризовался снижением безработицы до исторических минимумов (регистрируемая безработица 0,2–0,3%), однако это сопровождалось сокращением численности трудовых ресурсов, старением кадров и нарастанием структурного дефицита в рабочих профессиях.

- В 2025–2026 годах ситуация изменилась – регистрируемая безработица начала устойчиво расти. За период с апреля 2025 по апрель 2026 года число официально зарегистрированных безработных увеличилось на 404 человека, или на 53,4%. Количество заявленных вакансий за тот же период (с января 2025 по январь 2026) сократилось на 3,3%. Напряжённость на рынке труда выросла с 0,2 до 0,3 (на 50%).
- Территориальная дифференциация остаётся крайне высокой. Разрыв между муниципальными районами по уровню регистрируемой безработицы достигает 1,2 процентного пункта (от 0,1% до 1,3%), а по коэффициенту напряжённости – от 0,0 до 1,0. Это требует перехода от общих мер к адресной поддержке депрессивных территорий.
- Эффективность работы службы занятости снизилась – доля трудоустроенных среди обратившихся упала с 53,6% в январе 2026 года до 47,5% в апреле 2026 года. Пятый вывод: для достижения целевых показателей Стратегии до 2030 года необходимо скорректировать региональную политику занятости, сделав акцент на развитии внутрирегиональной трудовой мобильности (жилищные программы, компенсации), расширении программ переобучения под конкретные заявки работодателей, стимулировании создания новых рабочих мест в районах с высокой безработицей и повышении привлекательности рабочих профессий через рост заработной платы и улучшение условий труда. Только комплексный подход, учитывающий как долгосрочные демографические тренды, так и оперативную конъюнктуру, позволит стабилизировать ситуацию и обеспечить сбалансированное развитие рынка труда Новгородской области до 2030 года.

Список использованной литературы:

1. Давыдова С.Г. Занятость и безработица в Новгородской области // Экономика и бизнес. – 2012. – № 3. – С. 45-52.
2. Безденежных Т.И., Кормановская И.Р., Якименко И.И. Проблемы повышения сбалансированности регионального рынка труда (на примере Новгородской области) // Государственное и муниципальное управление. Учёные записки СКАГС. – 2014. – № 2. – С. 35-43.
3. Окомина Е.А. Воспроизводство трудовых ресурсов в АПК // Экономика и бизнес. – 2014. – № 4. – С. 12-18.
4. Национальное агентство развития квалификаций. Результаты мониторинга рынка труда Москвы, Республики Татарстан и Новгородской области. – М., 2023.
5. Стратегия социально-экономического развития Новгородской области на период до 2030 года. – Великий Новгород, 2012.
6. Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на 2025–2027 годы. – М., 2024.

7. НИУ «Высшая школа экономики». Прогноз развития рынка труда Российской Федерации до 2030 года. – М., 2022.
8. Яков и Партнеры. Прогноз спроса и предложения рабочей силы в России до 2030 года. – М., 2023.
9. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Новгородской области. Информационно-статистический обзор «О ситуации на рынке труда Новгородской области». – Великий Новгород, 2016.
10. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Новгородской области. Статистический сборник «Труд и занятость в Новгородской области». – Великий Новгород, 2020.
11. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Новгородской области. Итоги выборочного обследования рабочей силы за 2024 год. – Великий Новгород, 2025.
12. Правительство Новгородской области. Постановление от 25.12.2023 № 599 «Об утверждении государственной программы "Содействие занятости населения в Новгородской области"» (ред. от 24.12.2025).
13. Оперативная информация о ситуации на рынке труда и динамике безработицы в Новгородской области на 01 января 2026 года. – ГОКУ «ЦЗН Новгородской области», 2026.
14. Оперативная информация о ситуации на рынке труда и динамике безработицы в Новгородской области на 01 апреля 2026 года. – ГОКУ «ЦЗН Новгородской области», 2026.
15. Данные Федеральной службы по труду и занятости (Роструд) на 1 ноября 2025 года. – М., 2025.

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ В ЭКОНОМИКЕ ЗНАНИЙ: МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИТ-СООБЩЕСТВА

Кузенков О. А., Рябова Е. А.
Нижний Новгород, ННГУ

Аннотация: В статье предложена математическая модель для анализа динамики численности сотрудников ИТ-корпорации, учитывающая взаимодействие активного ядра сотрудников, пассивной части коллектива и внешних специалистов. С помощью системы дифференциальных уравнений и методов теории динамических систем исследуются условия устойчивости различных режимов, а также выделяются ключевые параметры, определяющие устойчивость. Показано, что возможны три сценария: вырождение корпорации; устойчивое соотношение «здоровой корпорации» наряду с риском деградации (бистабильность); режим устойчивых колебаний численности. Модель позволяет выявить критические точки, определяющие долгосрочную жизнеспособность организации.

Ключевые слова: ИТ-корпорация, динамическая система, кооперация, устойчивый режим, предельный цикл.

В современной экономике знаний, и в особенности в сфере информационных технологий, человеческий капитал перестаёт рассматриваться как гомогенный ресурс. Успех компании всё в большей степени определяется не просто численностью персонала, а структурой коллектива, долей сотрудников, способных к инициативе, генерации идей и проактивному решению задач.

Для формального описания процессов, связанных с изменением поведенческих стратегий внутри сообщества успешно применяется метод математического моделирования. Фундаментальной основой для такого подхода служит система дифференциальных уравнений, описывающая сообщество как совокупность взаимодействующих групп. Впервые такой подход был использован Вольтерра для моделирования динамики численности взаимодействующих биологических популяций [1,2]. Впоследствии дифференциальные уравнения типа Вольтерра-Лотки и их разнообразные модификации успешно применялись для моделирования [3] многочисленных био-социальных и экономических процессов – распространение эпидемии в обществе (модель Кермана-Маккендрика [4, 5]), языковой динамики (модель Абрамса и Строгатса [6-8]), перехода от охоты к земледелию (модель неолитической революции [9]) и др. В работе [10] модель Вольтерра-Лотки адаптирована к экономическим процессам слияния и поглощения экономических предприятий, при этом крупные корпорации выступают в роли «хищников», а малые инновационные предприятия – «жертв». Модель учитывает влияние налогообложения, дотаций, внутривидовой конкуренции и коэффициента поглощения, что позволяет анализировать сценарии устойчивого роста, спада или вымирания популяций компаний.

Современные исследования подтверждают эффективность математического моделирования для анализа человеческого капитала. Так, в работе [11] используется многомерная система дифференциальных уравнений для описания переходов между группами работников и показывается, что внутренняя структура коллектива существенно влияет на устойчивость организации. В [12] акцентируется внимание на экономико-математическом моделировании молодёжного рынка труда, что позволяет учитывать влияние образовательных и миграционных потоков на структуру ИТ-сообщества. В монографии [13] систематизируются методы математического моделирования экономических процессов, включая применение дифференциальных уравнений для анализа трудовых коллективов.

Целью данной работы является построение модели для изучения динамики структурного состава ИТ-компании и выявление критических параметров, определяющих долгосрочную жизнеспособность организации. Исследование опирается на современные методы анализа устойчивости динамических систем.

Для простоты считаем, что численность профессионального сообщества – рынка труда в рассматриваемой отрасли (объем потенциального человеческого капитала) не меняется во времени. Не уменьшая общности, можно принять его величину за единицу. Эта гипотеза влечет условие равенства величин поступающего на рынок труда и покидающего его потоков. Считается, что количество ушедших по возрасту профессионалов целиком восполняется молодыми специалистами, получившими образование. Вновь выходящие на рынок труда молодые специалисты первоначально не являются организованными работниками, ИТ-компания может восполнять свои потери за их счет.

В сообществе выделяются три группы участников: активные работники (инициаторы) крупных ИТ-корпораций, пассивные исполнители и внешние специалисты (фрилансеры). Долю в сообществе первой группы специалистов, проявляющих инициативу, вовлечённых в генерацию новых идей и реализацию сложных проектов, обозначим z . Они формируют ядро продуктивности ИТ-компаний. Долю второй группы исполнителей, выполняющих работу по заданным алгоритмам и инструкциям, но не вносящих собственного вклада в развитие продукта или методологии, обозначим y . Долю свободных специалистов в сообществе – фрилансеров, обозначим v , $v = 1 - z - y$.

Предполагается, что скорость привлечения внешних специалистов в ИТ-компанию зависит от преимуществ корпоративного эффекта взаимодействия между специалистами внутри компании. Такое взаимодействие достигается в основном за счет усилий активистов,

направленных на организацию работы всех сотрудников, поддержание кооперации. В этом случае скорость привлечения новых сотрудников из числа фрилансеров пропорциональна произведению долей уже задействованных специалистов и активистов: $cz(z+y)$. Здесь величина c – постоянный коэффициент пропорциональности, показатель корпоративной привлекательности. Чем выше доля активных сотрудников, тем более полноценно осуществляется кооперация, тем более привлекательно она выглядит со стороны неорганизованного работника, и тем интенсивнее идёт процесс присоединения к ней новых людей. Но это не гарантирует, что каждый пришедший станет активным. Считается, что вновь присоединившиеся сотрудники распределяются по группам активных специалистов и пассивных исполнителей пропорционально их численности.

У активных специалистов с течением времени может развиваться процесс выгорания. Появляются те, кто не выдерживают темпа или не соответствуют уровню активистов и закономерно оседают в категории пассивных исполнителей. Так, в проекте с очень активной командой требования к новичкам огромны. Тех, кто не может генерировать идеи, быстро переводят на рутинные, исполнительские задачи. Сказываются и возрастные изменения у сотрудников. Пусть r – коэффициент выгорания,

усталости или снижения инициативы у активистов, который отражает вероятность перехода активного специалиста в категорию пассивных исполнителей. Кроме этого, может иметь место разлагающий эффект влияния пассивных работников на активных, что приводит к демотивации вторых. Коэффициент такого влияния обозначим p .

Учитывается также отток работников из компании. В первую очередь, это связано с естественной убылью сотрудников по возрасту. Коэффициент скорости оттока сотрудников корпорации одинаков для активных и пассивных работников и равен s . При этом рынок труда восполняется молодыми неорганизованными специалистами. Также учитывается возможный уход специалистов из штата компании на рынок фриланса. Но в последнем случае принимается во внимание, что пассивные работники чаще разочаровываются в преимуществах корпоративного труда. Если компания небольшая, и не может обеспечить заметных преимуществ по сравнению со свободным трудом, если доля фрилансеров в сообществе высока и влиятельна, то усиливается отток в первую очередь пассивных работников, поскольку они могут рассчитывать на лучшие возможности в свободном труде, не связанном ограничениями корпорации. Коэффициент q – коэффициент скорости дополнительного оттока пассивных участников, пропорциональной доле фрилансеров в сообществе.

Тогда динамика изменения долей трех групп в сообществе описывается следующей системой нелинейных дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} z' &= cz^2v - pyz - rz - sz, \\ y' &= cyzv + pyz + rz - qvy - sy, \\ v' &= -cz(z + y)v + qvy + s(z + y). \end{aligned} \quad (1)$$

Условие $z + y + v = 1$ позволяет редуцировать систему (1) к системе из двух уравнений:

$$\begin{aligned} z' &= cz^2(1 - y - z) - rz - pzy - sz, \\ y' &= (cz - q)(1 - y - z)y + rz + pzy - sy. \end{aligned} \quad (2)$$

Диапазоны параметров q , r , s выбираются эвристически на основе открытых данных о текучести кадров в сфере разработки программного обеспечения, профессиональном выгорании ИТ-специалистов и развитии фриланса [14–17].

В качестве эмпирической базы использовались сведения [14] о том, что средняя текучесть кадров в российских ИТ-компаниях по итогам 2023 года составила 11,6% и в последние годы сохранялась на уровне 11,3–13,3%. Это позволяет рассматривать s как параметр базового оттока персонала и задавать его в первом приближении в интервале 0,11–0,13 в год.

Параметр r , характеризующий переход активных сотрудников в пассивное состояние вследствие выгорания или снижения вовлечённости, оценивался с учётом данных [15] о высокой распространённости признаков

профессионального выгорания у ИТ-специалистов в России. По результатам опроса, признаки выгорания были выявлены у 96% респондентов, при этом 44% находились на поздней стадии. Указанные проценты не подлежат прямому переносу в величину r , однако они обосновывают выбор сравнительно высокого диапазона 0,10–0,30 при годовом шаге модели.

Параметр q , описывающий интенсивность ухода пассивных работников во внешнюю занятость, соотносился с данными о росте рынка фриланса и устойчивом интересе к внештатной занятости в ИТ-сфере [16,17]. В связи с этим в качестве рабочего диапазона изменения q принимались значения 0,15–0,35.

Параметры s и p не имеют в открытых российских источниках готовых численных оценок, поэтому они подбирались из условия воспроизведения определенных режимов динамики.

Система (2) была исследована при различных значениях показателя корпоративной привлекательности s при фиксированных значениях коэффициентов r , p , q , s . Исследование показало возможность трех принципиально различных режимов динамики. Найдены бифуркационные пороговые значения показателя $s = s_1$, $s = s_2$, разделяющие эти режимы.

При низком уровне корпоративной привлекательности $s < s_1$ в системе существует единственное глобально устойчивое тривиальное состояние равновесия $z = 0$, $y = 0$. В этом случае корпорация неизбежно разрушается.

При $s_1 < s < s_2$, кроме устойчивого тривиального состояния, возникают два внутренних стационарных состояния: одно устойчивое, другое седловое. Такой режим соответствует бистабильности: корпорация может разрушаться или приходить к стабильному функционированию в зависимости от начальных условий. Внутреннее устойчивое состояние соответствует «здоровой корпорации» с постоянной долей численности персонала в сообществе ($z^* > 0$, $y^* > 0$).

При высоком уровне корпоративной привлекательности $s > s_2$ в системе формируется устойчивый предельный цикл. Это означает, что корпорация переходит в режим непрерывных, незатухающих колебаний, которые определяют повторяющийся ритм ее существования (Рис.1). В компании чередуются периоды роста и расширения штата с периодами упадка и его сокращения. Если по какой-то причине, например, из-за внешнего экономического шока или управленческой ошибки, система покинет область притяжения цикла, то она необратимо устремится к разрушению.

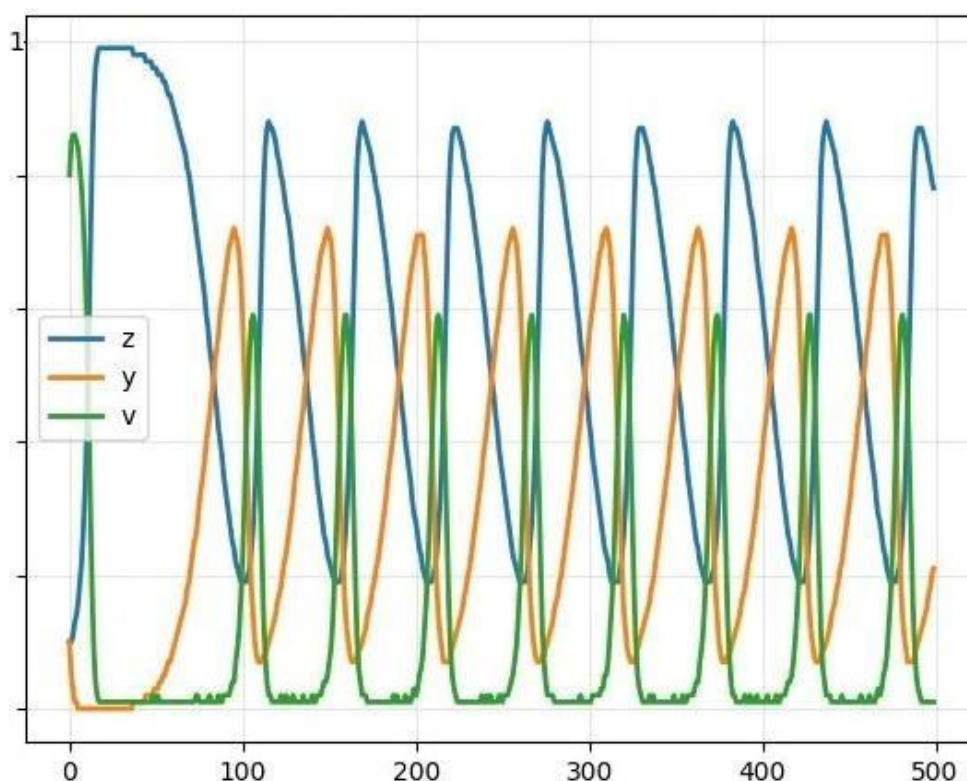


Рис. 1. Динамика, соответствующая устойчивому предельному циклу
Построено авторами по результатам расчетов

Представленная система уравнений (1) обладает высокой степенью универсальности для моделирования динамики сложных социальных систем, учитывающей корпоративное взаимодействие, будь то экономическое предприятие, этнос или любое другое сообщество. Ключевая особенность – нелинейные взаимодействия между группами, где интенсивность изменений зависит не только от численности, но и от сочетания ролей.

Слагаемые вида cz^2v , $cyzv$, $-cz(z+y)v$ отражают сложные нелинейные взаимодействия между группами, где интенсивность контакта зависит от численности и активности участников. Такие нелинейности характерны для социальных процессов: например, распространение идей, формирование коалиций, влияние лидеров.

Слагаемые $-puz$, $-quv$ моделируют отток или конкуренцию между группами. Слагаемые $+puz$, $+rz$, $+quv$, $+s(z+y)$ – приток, поддержку или переходы между состояниями. Это позволяет описывать как конфликтные, так и кооперационные процессы.

Слагаемые $-rz$, $-sz$, $-sy$ отражают естественную убыль, усталость, выход из процесса или внешние ограничения. Слагаемые $+rz$, $+s(z+y)$ – приток новых участников, восстановление, влияние внешних факторов.

Исследованная система (1) может быть применена к описанию кооперативного и конкурентного взаимодействия между индивидами и группами, обладающими различным уровнем пассионарности [18,19].

Математическая формализация теории пассионарности Л. Н. Гумилёва представлена в ряде работ, где этногенез описывается как динамический процесс, поддающийся моделированию с помощью дифференциальных уравнений и энергетических аналогий. В статье [20] предлагается связать этнические и пассионарные характеристики с динамикой, что делает возможным переход от качественного описания к строгой модели. Работа [21] посвящена территориальному распределению пассионарной энергии этноса и показывает, что идеи Гумилёва допускают пространственно-временную интерпретацию в терминах математической модели.

В модели (1) пассионарии это z – «двигатели» истории, люди с избытком энергии, способные к творчеству, борьбе и объединению других ради великих целей. Переменная u характеризует долю гармоничных людей – «костяк» общества, живущее по принципу «я живу, как все». Они не стремятся к переменам, но обеспечивают стабильность. Переменная v это доля в этносе субпассионариев – людей с пониженной энергией, склонных к лени, иждивенчеству и разрушению. Несмотря на асоциальное поведение субпассионариев, под руководством пассионариев они могут быть использованы, например, как военная сила.

Величина c – коэффициент пассионарной индукции: чем больше пассионариев, тем сильнее они объединяют вокруг себя других и ведут общество к развитию. Коэффициент p выражает демотивирующее влияние субпассионарной среды на пассионариев; r – коэффициент выгорания пассионариев, отражающий истощение их энергии, q – коэффициент негативного воздействия (давления) субпассионариев на гармоничных людей. Он отражает скорость, с которой субпассионарный элемент «разъедает» или вытесняет стабильное большинство этноса. Коэффициент s характеризует скорость естественной деградации активной части этноса и перехода этой энергии в субпассионарное состояние. Это фундаментальный параметр, описывающий энтропийный процесс в системе: энергия созидания (z) и стабильности (u) со временем частично переходит в энергию распада и иждивенчества (v).

Условие $c > c_2$ говорит о том, что в обществе достаточно пассионарной энергии для запуска и поддержания циклического развития. Если c меньше критического значения, цикл не формируется: этнос либо деградирует, либо застывает в гомеостазе.

Устойчивый предельный цикл в этой модели – это математическое воплощение идеи Гумилёва о неизбежной смене фаз в жизни этноса.

1. Подъём: доминируют пассионарии (z), они ведут за собой гармоничных людей (u), субпассионарии (v) под контролем.
2. Акматическая фаза: пассионариев всё ещё много, но гармоничные люди (u) становятся большинством. Общество достигает расцвета.

3. Надлом: энергия пассионариев иссякает, гармоничные люди теряют ориентиры, субпассионарии начинают проникать во все сферы жизни.
4. Обскурация: субпассионарии (v) преобладают, общество деградирует, наступает хаос и разрушение.
5. Новый цикл: после периода упадка возможно новое накопление пассионариев и новый виток развития.

Устойчивость цикла означает, что даже при небольших внешних или внутренних возмущениях система возвращается к этому циклу развития, а не разрушается и не уходит в хаос. Он показывает, что этнос – самоорганизующаяся система, способная к периодическим возрождениям, если уровень пассионарной активности (c) достаточно высок.

Проведенное исследование показывает, что предложенная модель допускает широкий спектр интерпретаций и имеет хорошие перспективы для изучения разнообразных социальных и экономических процессов. Продолжение исследований может идти путем детализации модели, учета влияния дополнительных факторов. Математической основой для этого могут служить уравнения динамики меры [22,24], что позволит, в частности, ввести пространственную неоднородность, подобно тому, как это использовалось в модели [21].

Список использованной литературы:

1. Базыкин А. Д. Нелинейная динамика взаимодействующих популяций. М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. – 368 с.
2. Kot M. Elements of Mathematical Ecology. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
3. Кузенков О. А., Рябова Е. А. Математическое моделирование процессов отбора. Нижний Новгород: Издательство ННГУ, 2007.
4. Kermack W. O., McKendrick A. G. A contribution to the mathematical theory of epidemics // Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character. – 1927. – Vol. 115, no. 772. – P. 700–721. DOI: 10.1098/rspa.1927.0118.
5. Андерсон Р., Мэй Р. Инфекционные болезни человека. Динамика и контроль. М.: Мир, 2004.
6. Abrams D. M., Strogatz S. H. Modelling the dynamics of language death // Nature. – 2003. – Vol. 424. – P. 900. DOI: 10.1038/424900a.
7. Alexandrova N. S. et al. Bilingualism as an unstable state // Advances in Cognitive Research, Artificial Intelligence and Neuroinformatics. Intercognsci: International Conference on Cognitive Sciences. Cham, 2021. – P. 359–367.
8. Медведев А. В., Кузенков О. А. Моделирование конкуренции языков в двуязычном сообществе // Известия вузов. ПНД. – 2024. – Т. 32, № 5. – С. 691–708.
9. Cortell-Nicolau A. et al. Demographic interactions between the last hunter-gatherers and the first farmers // Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. – 2025. – Vol. 122, no. 14. Art. e2416221122.
10. Романов В. П., Ахмадеев Б. А. Моделирование инновационной экосистемы на основе модели «хищник-жертва» // Бизнес-информатика. – 2015. – № 1(31). – С. 7–17.

11. Горбунов Д. Л. Системно-динамическая модель прогнозирования квалификации специалистов многопрофильного предприятия // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2020. – № 1. – С. 14–23.
12. Кацко Д. Э. Экономико-математическое моделирование уровня и тенденций молодежного рынка труда // Вестник БГУИР. – 2025. – № 2. – С. 46–54.
13. Зайцева И. В. Математическое моделирование экономических процессов: учеб. пособие. М.: РГГУ, 2021. – 184 с.
14. «Руссофт»: текучка кадров в сфере разработки ПО находится на уровне 12% // ICT.Moscow, 2024. – URL: <https://ict.moscow/news/russoft-tekuchka-personala-v-sfere-razrabotki-po-nakhoditsia-na-urovne-12/> (дата обращения: 14.04.2026).
15. Гофман О. О., Водопьянова Н. Е., Джумагулова А. Ф., Никифоров Г. С. Проблема профессионального выгорания специалистов в сфере информационных технологий: теоретический обзор // Организационная психология. – 2023. – Т. 13, № 1. – С. 117–144. DOI: 10.17323/2312-5942-2023-13-1-117-144.
16. Фриланс в России: мониторинг // ВЦИОМ. – URL: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/frilans-v-rossii-monitoring> (дата обращения: 14.04.2026).
17. Итоги года: Российский рынок фриланса в 2024 году // Новости ИТ-канала, 2024. – URL: <https://www.novostiitkanala.ru/news/detail.php?ID=181598> (дата обращения: 14.04.2026).
18. Гумилев Л. Н. Этногенез и биосфера Земли. М.: АСТ, 2017. – 608 с.
19. Басаева Е. К., Каменецкий Е. С., Хосаева З. Х. К вопросу о модели этногенеза Л. Н. Гумилёва // Вестник Владикавказского научного центра. – 2015. – Т. 15, № 2. – С. 13–21.
20. Аниконов Ю. Е. О математическом моделировании этнических процессов // Доклады Академии наук. – 1995. – Т. 345, № 1. – С. 7–9.
21. Коробицын В. В. Модель территориального распределения пассионарной энергии этноса // Математические структуры и моделирование. Омск. – 2000. – Вып. 5. – С. 44–53.
22. Кузенков О. А. Исследование динамической системы вероятностных мер Радона // Дифференциальные уравнения. – 1995. – Т. 31, № 4. – С. 591–596.
23. Кузенков О. А., Рябова Е. А. Предельные возможности решения управляемой системы с наследованием // Дифференциальные уравнения. – 2015. – Т. 51, № 4. – С. 514–523.
24. Kuzenkov O. A., Novozhenin A. V. Optimal control of measure dynamic // Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation. – 2015. – Vol. 21, no. 13. P. – 159–171.

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ РЫНКА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РОССИИ

Ладынин А.И.

Москва, Цифровая школа госуправления ВШГУ РАНХиГС

Аннотация. В статье рассмотрены существующие международные подходы к оценке рынка искусственного интеллекта и анализируется их применимость к российским условиям. Сформулирована необходимость

разработки оригинальной российской методики, использующей отдельные элементы лучших зарубежных практик, но адаптированной к структуре экономики. Это обусловлено выраженными крупными корпоративными экосистемами и объемами государственно-ориентированного рынка. Предлагается сместить фокус с измерения объема рынка на оценку технологической независимости по критическим компонентам, таким как: доля отечественного аппаратного обеспечения, российских программных разработок, локализации данных и инфраструктуры.

Ключевые слова: рынок искусственного интеллекта, регулирование рынка, цифровизация экономики, технологический суверенитет.

Финансирование: *Статья подготовлена в рамках государственного задания РАНХиГС.*

Развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ) в последние годы сопровождается не менее стремительным ростом интереса со стороны государства, бизнеса и научного сообщества к количественной оценке этого рынка. Объемы финансирования, меры государственной поддержки, регуляторные решения и стратегические приоритеты – все это в значительной степени зависит от того, насколько достоверными и сопоставимыми являются данные о масштабах, структуре и динамике ИИ-отрасли. Однако, как показывает практика, именно оценка рынка ИИ остается одной из наиболее дискуссионных и методологически неустойчивых областей современной экономической статистики. Между тем, значимость этой проблемы выходит за рамки академического дискурса. Государство готовит рамочный закон об искусственном интеллекте, разрабатываются программы поддержки и сертификации, вводятся требования к локализации ИИ-решений. Однако все эти регуляторные инициативы сталкиваются с одним и тем же препятствием: отсутствием выверенных дефиниций и обозримых границ измеримости самого объекта регулирования. В связи с этим, возникает актуальная задача формализации проблем оценки рынка искусственного интеллекта в России в современных условиях.

Ключевая проблема сегодня заключается не в разбросе цифр, хотя он впечатляет: от 130 до 305 млрд руб. по итогам 2024 г., но принципиальная невозможность верифицировать ни одну из существующих оценок [1]. Различия в дефинициях понятия «ИИ-инфраструктура» приводят к тому, что один и тот же сегмент может быть учтен по-разному у разных исследователей. Дополнительный фактор – появление агентного ИИ, который в 2025-2026 гг. начинает замещать не только рутинные операции, но и целые бизнес-функции [2]. Оценка этого рынка требует иной логики: здесь нет прямой продажи ПО или услуг, но меняется структура занятости внутри компаний. В России активно вводятся нормы регулирования нового

для страны и мира рынка. Однако, нет выверенных дефиниций понятия и обозримых границ измеримости для рынка искусственного интеллекта [3]. Силами регулятора создается риск, перетекающий угрозу экономической безопасности, связанный с невозможностью измерить объект регулирования до того, как регулирование вступит в силу. Сформулируем три основных измерения проблемы, которые определяют проблематику оценки рынка на данный момент.

Первое измерение связано с внутрикорпоративными разработками без выраженного рыночного оборота. Значительная часть ИИ-решений в России разрабатывается не на продажу, а для внутреннего использования крупными корпорациями. Такие проекты не фигурируют в отчетах о рыночных объемах, но создают реальную экономическую ценность и, что важнее, формируют технологические компетенции. Отсутствие методики учета внутрикорпоративных ИИ-активов приводит к системному занижению реального масштаба отрасли, по экспертным оценкам до 40-50%. С точки зрения экономической безопасности это означает, что государство не видит реального потенциала импортозамещения, скрытого внутри холдингов. *Второе* заключается в российской специфике статистической оценки рынка. Ни индикативная, ни затратная, ни регуляторная методики не включают в себя оценку качества данных, используемых для построения оценок. Отсутствие возможности объективно оценить рынок тормозит внедрение интеллектуальных технологий. Так, низкое качество, фрагментация и отсутствие репрезентативных данных являются главным ограничением для внедрения ИИ в критической инфраструктуре. Российская специфика накопления данных зачастую не отвечает объективным критериям качества. *Третье* определяется невозможностью объективно оценить рынок генеративного и агентного искусственного интеллекта – значимого драйвера автоматизации в экономике.

В традиционных методологических обзорах (например, Stanford HAI 2024, обзоры CAICT, аналитика ЕС) сравнение подходов обычно ведется по трем параметрам: тип метрик, объект измерения и географическая применимость [4, 5]. При этом три важнейших для современного этапа измерения остаются за рамками:

1. способность учитывать внутрикорпоративные ИИ-разработки, не выведенные на открытый рынок;
2. включение в оценку качества данных как самостоятельного фактора;
3. пригодность методологии для измерения рынка агентного ИИ, стремительно набирающего долю с 2025 года.

Как показал проведенный анализ, до 2022–2023 гг. оценки рынка ИИ в России строились либо на экстраполяции глобальных данных западных консалтинговых агентств, либо на выборочных опросах крупных корпораций [6]. Отключение от западных аналитических систем и

одновременный рост интереса к генеративному и агентному ИИ сделали эти подходы недостаточно привлекательными. Возникла ситуация, при которой неопределенность методологии оценки сама стала объектом управления в системе экономической безопасности: без верифицируемых оценок затруднены измерения реального уровня технологического суверенитета, эффективное распределение бюджетных средств, обоснованное регулирование отрасли. В таблице 1 систематизированы ключевые проблемы, которые обычно остаются за скобками традиционных методологических обзоров и предложены рамочные принципы их преодоления.

Таблица 1

Проблемы оценки рынка искусственного интеллекта

Проблема	Суть проблемы	Возможное решение	Связь с национальными приоритетами
Неприменимость западных методик в условиях санкций	Оценки Gartner, IDC, McKinsey основаны на глобальных данных; отключение от аналитических систем делает их неверифицируемыми.	Разработка оригинальной российской методики	Импортозамещение аналитических инструментов
Отсутствие единых дефиниций и границ измеримости	Различия в определении «ИИ-инфраструктура» ведут к неоднозначности.	Трехуровневое определение рынка: 1. ядро (ПО и услуги); 2. периферия (чипы, облака, датасеты); 3. корпоративные разработки.	Формирование национальной статистической базы для регулирования
Внутрикорпоративные разработки без рыночного оборота	Значительная часть ИИ-решений создается для внутреннего использования. Государство не может оценить реальный потенциал импортозамещения.	Оценка расширенного контура как инвестиционного эквивалента (сколько стоило бы создать аналоги на открытом рынке). Ежеквартальный мониторинг по форме, аналогичной 3-ИНФОРМ, с блоком по R&D и внутренним ИИ-проектам.	Экономическая безопасность

Проблема	Суть проблемы	Возможное решение	Связь с национальными приоритетами
Низкое качество и фрагментация данных	Ни одна из существующих методик (индикативная, затратная, регуляторная) не отвечает в полной мере требованиям оценки качества данных.	Учет и повышение качества собираемых данных, особенности для отраслей критической инфраструктуры.	Безопасность критической инфраструктуры, достоверность прогнозов
Появление агентного ИИ	Агентный ИИ автоматизирует и замещает бизнес-функции, но не связан с прямой продажей ПО. Отсутствие методики оценки не позволяет подтвердить или опровергнуть прогнозы	Разработка методики раздельной оценки традиционного ИИ и агентного ИИ	Производительность труда, макроэкономическое прогнозирование
Принятие закона об ИИ до создания методики измерения	Законопроект вводит правовые категории (сертификация, степень локализации решений) без количественных критериев.	Предварительная разработка критериев и стандартов рынка.	Качество регулирования, снижение регуляторных рисков.
Отсутствие утвержденной методики измерения степени локализации ИИ	Отсутствие формализованных критериев: доля программного кода, структура данных, вычислительных ресурсов отечественного происхождения.	Переход от оценки объема рынка к оценке технологической независимости по критическим компонентам.	Технологический суверенитет.
Невозможность скопировать международные модели	Модели США, Китая, ЕС не в полной мере удовлетворяют внутренней специфике России.	Оригинальная российская методика с использованием элементов лучших практик.	Лидерство в дружественных странах, экспорт стандартов как инструмент «мягкой силы».

Составлено автором по результатам анализа проблематики

Представленная систематизация позволяет выделить три направления проблем, имеющих непосредственное значение для будущего отрасли. Без верифицируемой оценки рынка затруднены распределение бюджетных средств, оценка санкционной устойчивости, обоснованное регулирование. Существующие международные модели не могут быть скопированы из-за их нечувствительности к внутрикорпоративному сектору, качеству данных

и агентному ИИ. Требуется разработка оригинальной российской методики, использующей отдельные элементы зарубежных подходов: индикативную часть от Stanford HAI, плановую интеграцию от CAICT и риск-ориентированный учет от EU AI Act. Принятие рамочного закона об ИИ до создания стандартизированной методики оценки рынка создает риск, при котором закон становится либо декларативным, либо избыточно жестким. Ключевым институциональным решением должно стать создание межведомственной комиссии с правом утверждать стандарты оценки и арбитража данных. В долгосрочной перспективе фокус следует сместить с абстрактного «объема рынка» на оценку технологической независимости по критическим компонентам: доля отечественных ИИ-чипов, доля российских разработок, доля данных, собранных и размеченных внутри страны. Именно эти показатели, а не оборотные метрики, коррелируют с реальной экономической безопасностью. Ожидаемое внесение в Государственную Думу рамочного закона об искусственном интеллекте в весеннюю сессию 2026 года создает ситуацию, при которой правовые категории вводятся ранее, чем разработана и утверждена методология их количественной оценки. Законопроект артикулирует формирование суверенных ИИ-решений, однако до сих пор не формализованы ответы на критические для отрасли вопросы.

Заключение

Неопределенность оценки рынка искусственного интеллекта в России перестала быть сугубо статистической или академической проблемой и превратилась в самостоятельный фактор риска для экономической безопасности. Отсутствие верифицируемых, адаптированных к национальным условиям методик измерения объема, структуры и динамики ИИ-рынка влечет за собой три взаимосвязанных негативных последствия. Для преодоления сложившейся ситуации требуется формирование национального подхода, включающего:

- корректное определение границ рынка ИИ-решений;
- учет и оценку качества данных;
- раздельная оценка традиционного и агентного ИИ;
- институционализация методологии понятия рынка.

В долгосрочной перспективе целесообразно сместить фокус с измерения объемов рынка на оценку технологической независимости по критическим компонентам. К числу таких компонентов относятся: доля отечественных аппаратных решений в сфере ИИ в общем объеме используемых вычислительных ресурсов; доля российских программных решений в общем стеке технологий; доля данных, собранных и размеченных внутри страны, в общем объеме обучающих выборок. Эти показатели напрямую коррелируют с экономической безопасностью и способностью страны противостоять внешним шокам.

В заключение необходимо отметить, что законодательные инициативы в сфере искусственного интеллекта на сегодняшний день представляются не в полной мере соответствующими существующему состоянию рынка. Принятие рамочного закона без предварительной стандартизации дефиниций и без создания верифицируемой методики оценки вызывает больше вопросов, чем ответов у академического и бизнес-сообщества. Такой подход не только снижает эффективность регулирования, но и создает дополнительные риски. Первоочередной задачей должно стать не принятие закона, а разработка и утверждение национальной методологии измерения рынка ИИ, а также создание постоянно действующего механизма ее актуализации. Только на этой основе можно выстраивать обоснованную, предсказуемую и эффективную регуляторную политику.

Список использованной литературы:

5. Рынок искусственного интеллекта в России: применение в различных отраслях и перспективы развития [Электронный ресурс] // DelProf. – URL: <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/rynok-iskusstvennogo-intellekta-v-rossii/> (дата обращения: 10.04.2026).
6. Финансовый эффект Сбера от внедрения генеративного ИИ за полгода составил 30 млрд. рублей [Электронный ресурс] // Сбербанк : пресс-центр. – 2026. – URL: <https://www.sberbank.ru/ru/sberpress/tekhnologii/article?newsID=6ed4cb5b-55cd-4f74-954c-3d174a732be9> (дата обращения: 05.04.2026).
7. Нейросетям написали в ответ. В законопроекте о регулировании ИИ появились новые нормы [Электронный ресурс] // Коммерсантъ. – 2026. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/8570552> (дата обращения: 08.04.2026).
8. Artificial Intelligence Index Report 2024 [Electronic resource] // Stanford Institute for Human-Centered AI. – 2024. – URL: <https://hai.stanford.edu/ai-index/2024-ai-index-report> (дата обращения: 01.04.2026).
9. Forecast Analysis: Artificial Intelligence Software Market, Worldwide, 2023–2027 [Electronic resource] // Gartner. – Stamford, 2023. – ID G00784521. – URL: <https://www.gartner.com/document/4015719> (дата обращения: 03.04.2026).
10. The economic potential of generative AI: the next productivity frontier [Electronic resource] // McKinsey & Company. – 2023. – URL: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/the%20economic%20potential%20of%20generative%20ai%20the%20next%20productivity%20frontier/the-economic-potential-of-generative-ai-the-next-productivity-frontier.pdf> (дата обращения: 11.04.2026).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СПАМА В ТЕКСТОВЫХ СООБЩЕНИЯХ

Ларичев И.С.

Москва, РТУ МИРЭА

Аннотация: В данной работе рассматривается проблема автоматического обнаружения нежелательных текстовых сообщений (спам) в контексте растущего объёма цифровых коммуникаций. Эксперимент проводился на общедоступном наборе данных SMS Spam Collection v.1, содержащем 5572 сообщения с долей спама около 13%. Предварительная обработка включала стемминг, удаление стоп-слов и векторизацию с помощью метода TF-IDF с использованием биграмм. После этого, мы сравнивали логистическую регрессию, наивный байесовский классификатор, линейный метод опорных векторов (SVM), случайный лес, градиентный бустинг и метод k ближайших соседей. Лучшие показатели F1-меры (0,933) и точности (0,983) показал линейный SVM, при этом его время обучения составило менее 0,2 секунды. Наибольшее время обучения потребовалось градиентному бустингу (71,9 с) и случайному лесу (27,1 с). Метод k ближайших соседей продемонстрировал самую низкую эффективность ($F1 = 0,487$) из-за «проклятия размерности» и высокого времени прогнозирования. Полученные результаты подтверждают, что линейные модели обеспечивают оптимальный баланс между качеством и скоростью при выявлении спама в SMS, в то время как сложные ансамблевые методы не дают статистически значимых преимуществ.

Ключевые слова: спам, машинное обучение, классификация текстов, метод опорных векторов, TF-IDF.

Современные средства обмена сообщениями генерируют огромные потоки текстовой информации. Значительная доля этого трафика является нежелательными рассылками (спамом). Спам не только перегружает каналы связи и серверное оборудование, но и создаёт риски для пользователей, так как в спам-сообщениях могут распространяться фишинговые ссылки, вредоносное программное обеспечение и иные мошеннические схемы. Задача автоматического обнаружения спама становится всё более актуальной, поскольку большинство организаций и частных лиц переходит на цифровые каналы коммуникации. Традиционные методы фильтрации, основанные на чёрных списках отправителей или жёстких правилах, уступают место подходам машинного обучения, способным адаптироваться к изменяющимся мошенническим схемам злоумышленников.

Целью данного исследования является проведение сравнительного анализа шести моделей машинного обучения для бинарной классификации

текстовых сообщений на спам и легитимные сообщения (ham). Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. предобработка текстовых данных;
2. обучение моделей на идентичных выборках;
3. оценка качества моделей по метрикам точности, полноты, F1 и ROC-AUC;
4. измерение времени обучения и предсказания.

Теоретической базой исследования послужили публикации, посвящённые применению наивного байесовского классификатора для фильтрации спама [3], методу опорных векторов для текстовой категоризации [4], ансамблевым методам в задаче обнаружения нежелательных сообщений [2], сравнительному анализу алгоритмов машинного обучения для детектирования спама [5], а также обзорные работы по методам фильтрации на основе обучения [1]. Практическая значимость работы заключается в выработке рекомендаций по выбору модели для систем фильтрации спама с учётом ограничений на вычислительные ресурсы и требуемой скорости обработки сообщений.

Задача распознавания спама формально представляет собой задачу бинарной классификации, то есть каждому сообщению ставится в соответствие метка 1 (спам) или 0 (легитимное сообщение). Исходный неструктурированный текст преобразуется в числовой вектор признаков. Качество классификации зависит от предварительной обработки, способа векторизации и параметров модели.

Основная проблема заключается в том, что разные модели демонстрируют разную эффективность на одном и том же наборе данных. Например, наивный байесовский классификатор может давать высокую полноту, но низкую точность, тогда как метод опорных векторов — наоборот. Кроме того, в реальных системах фильтрации важно не только качество, но и скорость обработки. Задержки при прогнозировании не должны превышать доли секунды, а обучение модели должно быть достаточно быстрым для того, чтобы периодически переобучаться на новых данных.

В данном исследовании все эксперименты проводились на идентичных выборках с фиксированной предобработкой, что исключает влияние архитектурных особенностей. Сравнивались модели, относящиеся к различным классам, таким как линейные (логистическая регрессия, линейный SVM), вероятностные (наивный байесовский классификатор), ансамблевые (случайный лес, градиентный бустинг) и метрические (k ближайших соседей). Такой набор позволяет выявить закономерности в поведении алгоритмов при обработке коротких текстовых сообщений.

В эксперименте использован общедоступный набор данных SMS Spam Collection v.1, который содержит 5572 сообщения, из которых 13,4% помечены как спам. Данные представляют собой реальные сообщения,

которые были собраны из открытых источников. Набор данных обладает естественным дисбалансом классов, что типично для практических задач фильтрации. Предобработка текста включала следующие шаги:

- приведение всех символов к нижнему регистру;
- удаление небуквенных символов;
- токенизация по пробелам;
- удаление стоп-слов;
- стемминг с помощью алгоритма Портера.

После предобработки сообщения преобразовывались в числовые векторы методом TF-IDF с максимальным числом признаков 5000 и использованием униграмм и биграмм. Такой подход позволяет учитывать не только отдельные слова, но и устойчивые словосочетания, характерные для спамерских рассылок.

Для оценки стабильности применялась пятиблочная кросс-валидация на обучающей выборке. Были измерены такие метрики, как точность (Accuracy), полнота (Recall), F1-мера, ROC-AUC. Также дополнительно фиксировались время обучения модели и время предсказания на тестовой выборке. Статистическая значимость различий между двумя лучшими моделями проверялась с помощью теста Макнемара, который анализирует согласованность классификаций на одних и тех же объектах.

Исследование показало, что линейный SVM достигает наилучших значений точности и F1-меры (таблица 1). На втором месте по F1 находится случайный лес, однако его время обучения почти в 150 раз превышает время обучения линейного SVM. Градиентный бустинг обучается ещё дольше при более низком значении F1-меры. Наивный байесовский классификатор показал хорошую F1-меру и высокую скорость работы, но уступил линейному SVM по точности. Логистическая регрессия продемонстрировала сбалансированные результаты при умеренном времени обучения. Худшие показатели у метода k ближайших соседей, по результатам, модель находит лишь треть реального спама, а время предсказания оказалось самым большим среди всех моделей.

Таблица 1

Сравнение моделей по точности и времени выполнения

Метрика Модель	Accuracy	F1-score	Train Time(c)	Predict Time(c)
Логистическая регрессия	0,964	0,845	0,78	0,018
Наивный Байес	0,974	0,892	0,16	0,025
Линейный SVM	0,983	0,933	0,18	0,008
Случайный лес	0,978	0,908	27,10	0,197
Градиентный бустинг	0,961	0,838	71,91	0,011
KNN	0,909	0,487	0,01	1,285

Источник: построено авторами по результатам расчетов

На рисунке 1 представлено сравнение моделей по основным метрикам качества (точность, полнота, F1). Видно, что линейный SVM и случайный лес формируют лидерскую группу, тогда как метод k ближайших соседей значительно отстаёт.

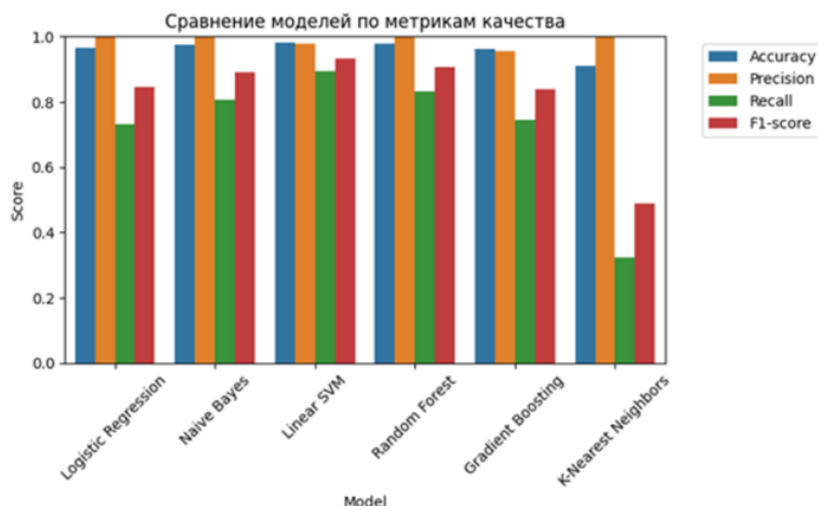


Рис. 1. Сравнение моделей по метрикам качества
Построено автором по результатам расчетов

Матрица ошибок для лучшей модели (линейный SVM) показана на рисунке 2. Она содержит 966 истинно отрицательных (верно определённых легитимных сообщений), 132 истинно положительных (верно определённый спам), 16 ложноотрицательных (спам, пропущенный как легитимное сообщение) и 3 ложноположительных (легитимное сообщение, ошибочно принятое за спам). Полнота по спаму составила 0,89, что означает, что 11% спамерских сообщений не были обнаружены. Этот результат объясняется малым количеством спама в обучающей выборке и высокой вариативностью форм спамерских сообщений.

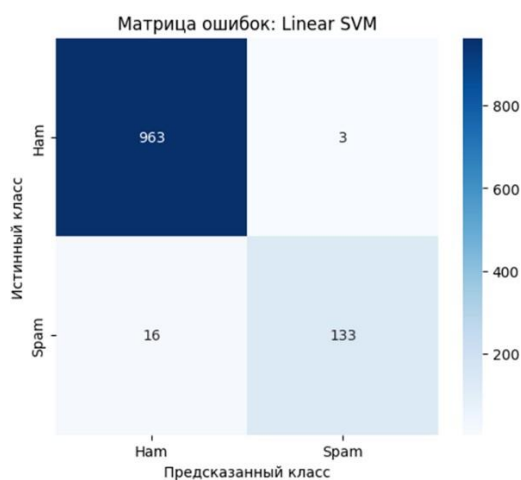


Рис. 2. Матрица ошибок для линейного SVM
Построено автором по результатам расчетов

В итоге линейные модели, в частности линейный SVM, справились с задачей фильтрации спама в коротких текстовых сообщениях лучше всего. Они обеспечивают не только высокие значения метрик качества, но и минимальные временные затраты как на обучение, так и на предсказание.

Сложные ансамблевые методы (случайный лес и градиентный бустинг) показали более низкие значения F1-меры и при этом сильное увеличение времени обучения. Это можно объяснить тем, что при относительно небольшом объёме данных и разреженном признаковом пространстве, характерном для TF-IDF, линейные модели лучше обобщают зависимости, в то время как ансамблевые методы склонны к избыточной сложности без существенного прироста качества.

Наивный байесовский классификатор традиционно считается базовым методом для фильтрации спама. В проведённом эксперименте он показал достойные результаты, уступив лишь линейному SVM и случайному лесу по F1-мере. Однако его точность (0,974) и скорость обучения (0,16с) делают его хорошим вариантом для систем с ограниченными вычислительными ресурсами.

Метод k ближайших соседей оказался наименее эффективным, что подтверждает известную проблему «проклятия размерности» для данного класса алгоритмов при работе с высокоразмерными разреженными векторами признаков.

Заключение

По результатам проведённого анализа можно сделать вывод, что для задачи обнаружения спама в коротких текстовых сообщениях линейные модели показали наилучший баланс между качеством классификации и скоростью работы. Сложные ансамблевые методы не показали статистически значимого выигрыша в точности, но кратно увеличили вычислительные расходы. Полученные результаты могут быть использованы при разработке легковесных систем фильтрации спама, ориентированных на обработку больших потоков сообщений в реальном времени. Дальнейшие исследования могут быть направлены на применение предобученных языковых моделей (например, BERT и его облегчённых вариантов) для коротких сообщений. Также представляет интерес адаптация методов фильтрации спама к мультязычным данным и интеграция с системами анализа тональности. Важной задачей остаётся сокращение доли ложноотрицательных срабатываний за счёт балансировки классов или использования пороговых правил классификации.

Список использованной литературы:

1. Архипова А.Б., Ижик В.А. Применение методов машинного обучения для обнаружения фишинговых писем: алгоритмы и подходы // Безопасность цифровых технологий. – 2025. – № 1(116). – С. 70-85. – DOI 10.17212/2782-2230-2025-1-70-85. – EDN SAVNNK.

2. Горбунова, Т. Н. Применение алгоритмов бинарной классификации для анализа информации / Т. Н. Горбунова, А. В. Ерохин // Перспективы науки. – 2025. – № 11(194). – С. 107-111. – EDN AWBAON.
3. Мартынова А.И. Применение наивного байесовского классификатора для фильтрации спама в текстовых сообщениях // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. – 2025. – № 4(52). – С. 191-197. – EDN WWPQNC.
4. Мироненко А.Н. Алгоритм классификации входящих сообщений электронной почты, основанный на совмещении метода опорных векторов и нейросетевого подхода // Решетневские чтения. – 2012. – Т. 2. – С. 668-669. – EDN UNLBVN.
5. Парамонова А.А., Раковский Д.И. Анализ методов обнаружения спам-сообщений с применением больших языковых моделей // Гибкое производство, цифровая трансформация, информационная безопасность и экология: Сборник трудов по материалам I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Москва, 28–29 октября 2025 года. – Курск: Московский технический университет связи и информатики; ЗАО «Университетская книга», 2025. – С. 227-235. – EDN GFEBWA.

ВЕРИФИКАЦИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО СИНТЕЗА ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Лофиченко А.А.
Луганск, ЛГУ им. В. Даля

Аннотация: Предложен эконометрический алгоритм верификации и экстраполяции региональной статистики угледобычи на базе мультимодальных спутниковых данных (эмиссия CH_4 и ночная светимость VIIRS). Модель апробирована на данных Свердловского района (МАРЕ 19,6%), что позволило восстановить скрытую макроэкономическую динамику за 2022–2025 гг. Результаты применимы для предиктивного регионального управления.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, эконометрическое моделирование, верификация статистики, индустриальный метаболизм, цифровой двойник региона.

Адаптация государственного и регионального управления к парадигме управления на основе данных в условиях тотальной цифровизации экономики определяет необходимость глубокой ревизии аналитического инструментария пространственной экономики. Высокая гетерогенность социально-экономического развития территорий диктует объективную потребность в переходе от дискретных моделей статистического наблюдения к системам непрерывного мониторинга.

В данном контексте архитектура пространственного анализа претерпевает фундаментальную трансформацию: эффективность

управленческого воздействия становится прямо пропорциональной скорости получения, обработки и верификации геопространственных данных высокого разрешения. Это формирует запрос на интеграцию альтернативных, алгоритмически обрабатываемых источников информации, способных компенсировать структурные дефициты традиционных учетных систем [14].

Хотя институциональная официальная статистика сохраняет статус базисного источника макроэкономических сведений, присущие ей методологические и процессуальные лимиты критически снижают потенциал оперативного и предиктивного моделирования. Фундаментальной проблемой выступает существенный временной лаг, нередко достигающий 12–18 месяцев между завершением отчетного периода и публикацией агрегированных показателей в статистических ежегодниках [3, 11].

Помимо хронологического запаздывания, исследователи сталкиваются с проблемой избыточной пространственной агрегации. Детализированная информация, релевантная для уровня муниципальных образований и городских агломераций, зачастую фрагментарна, скрыта за коммерческой тайной градообразующих предприятий или методологически несопоставима. Подобная асимметрия информации генерирует эффект «управления в зеркало заднего вида», блокируя возможность микропространственного анализа и своевременной локализации зон экономического сжатия [13].

В качестве объективного и высокооперативного источника информации о скрытых процессах территориального развития выступают данные дистанционного зондирования Земли. В отличие от подходов, предложенных в [9], где экономическая динамика оценивается преимущественно через моноиндикаторные алгоритмы, настоящее исследование концептуализирует пространство как полипараметрическую систему, используя мультимодальный синтез спутниковых метрик [6].

Радиационная интенсивность ночной освещенности (VIIRS Nighttime Lights) выступает надежным прокси-индикатором плотности энергопотребления и деловой активности [10]. Параллельная интеграция данных о температуре земной поверхности (LST) позволяет картировать индустриальный метаболизм и антропогенную нагрузку, высоко коррелирующую с демографической емкостью территорий [12]. Дополнительную структурную жесткость моделям придает алгоритмическое распознавание масок застройки, верифицирующее физические границы инфраструктурного капитала.

Ключевым исследовательским тезисом, формулирующим научную новизну работы, выступает положение о методической несостоятельности прямой конвертации радиационных характеристик спутниковых снимков в социально-экономические эквиваленты. Игнорирование эффектов

светорассеяния, оптической сатурации сенсоров в ядрах агломераций и гетерогенности фонового альбедо неминуемо приводит к формированию ложных пространственных кластеров и искажению эконометрических оценок [1].

Цель исследования – разработка и апробация эконометрического алгоритма верификации региональной макроэкономической статистики на основе мультимодальных данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Разработать эконометрическую модель, связывающую спутниковые индикаторы (эмиссию CH_4 и радиационную светимость) с официальной статистикой угледобычи.
2. Верифицировать разработанную модель на ретроспективных данных (2014–2021 гг.) с использованием индекса относительного расхождения.
3. Осуществить экстраполяцию промышленного производства за период 2022–2025 гг.
4. Обосновать прикладной потенциал алгоритма для задач регионального управления на основе данных.

В качестве репрезентативного полигона для апробации алгоритма выбран Свердловский район, экономический профиль которого характеризуется выраженной монопрофильностью с доминированием горнодобывающей промышленности. Исследовательская выборка включает пять ключевых индустриальных узлов, обеспечивающих основной вклад в социально-экономические показатели территории: ОП «Шахта им. Я.М. Свердлова», ОП «Шахта «Красный партизан», ОП «Шахта «Должанская-Капитальная», ОП «Шахта «Центросоюз» и ОП «Шахта «Харьковская». Выбор данных объектов обусловлен наличием по ним как институциональной отчетности, так и стабильного отклика в различных спектральных диапазонах дистанционного зондирования.

Базисный контур информационной модели формируется на основе официальных показателей физического объема добычи угля за отчетные периоды. Данные показатели выступают в роли «золотого стандарта», относительно которого производится калибровка спутниковых метрик. Техническая инвентаризация послужила источником данных о площадях складских территорий и зонах капитальной застройки – эти параметры инфраструктурного развития введены в модель дополнительно.

Базой независимого мониторинга стал набор альтернативной статистики, полученной в результате дистанционного зондирования Земли. Использование различных спутников позволило подготовить для каждого промышленного объекта уникальны набор сигнатур. В его структуру вошли:

1. Ночная светимость (VIIRS/DNB). Индикатор ночного энергопотребления, характеризующий интенсивность рабочих циклов на предприятиях [1].
2. Состояние атмосферы (Sentinel-5P TROPOMI). Индикатор работы систем дегазации и средство оценки эмиссии посредством фиксации концентраций CH_4 , SO_2 и NO_2 .
3. Тепловая карта (Landsat-8 TIRS). Температура поверхности (LST) позволяет выявлять производственные мощности с наиболее активным тепловыделением.
4. Растительный покров (Sentinel-2 MSI). Фиксация деградации растительного покрова (индекс NDVI) позволяет оценить экологический ущерб в промышленных зонах.

Основным инструментом, с помощью которого осуществлялся сбор и агрегирование альтернативной статистики, является облачная среда Google Earth Engine [5]. Чтобы минимизировать неопределенность при конвертации «сырых» спектральных снимков в агрегированные макроэкономические индикаторы, логика вычислений была выстроена как жесткий последовательный конвейер.

Процесс обработки включил в себя четыре базовых этапа:

1. Адаптивное маскирование. Начинается процедура с попиксельной очистки изображений от артефактов. Для Landsat 8 применялась бит-маска `pixel_qa`, для Sentinel-2 – маска QA60. В условиях сильного индустриального задымления только такой алгоритм позволяет исключить искажающее влияние аэрозольной дымки и облачности на итоговые значения LST и NDVI.
2. Динамическая буферизация и гео-привязка. Шахты заведены в систему как объекты `ee.FeatureCollection`. Вокруг каждого индустриального узла генерировался собственный буферный полигон: 1000 метров для улавливания атмосферных следов (Sentinel-5P) и 500 метров для термальных аномалий. При сложном рельефе промплощадок именно этот дифференцированный подход дал возможность корректно локализовать шлейфы выбросов NO_2 и SO_2 .
3. Зональное извлечение метрик. Чтобы разовые технологические выбросы не ломали статистику, по атмосферным данным Sentinel-5P вычислялась медианная, а не средняя концентрация примесей. Яркостная температура (Landsat 8) пересчитывалась в термодинамическую (LST) с обязательной поправкой на специфическую излучательную способность угольных отвалов.
4. Временная редукция. Завершает конвейер временной редуктор, собирающий годовой композит данных. Опора на медианные значения гарантировала, что итоговая матрица не будет чувствительна к аномальным погодным флуктуациям внутри сезона.

Полученная по итогам такого препроцессинга матрица мультимодальных индикаторов выступает уже готовым эмпирическим фундаментом для эконометрики. Однако, чтобы превратить эти обособленные цифровые паттерны в полноценную аналитическую систему, потребовалось прибегнуть к математическому аппарату пространственной верификации.

Первичным этапом верификации является оценка связи между целевой переменной (официальными объемами добычи каменного угля) и вектором извлеченных спектральных метрик (табл. 1). Математическая оценка стохастической связи реализуется посредством расчета парных коэффициентов корреляции Пирсона.

Таблица 1

Эмпирическая матрица корреляций

	Добыча угля каменного по городам и районам, тыс. т	CH4_annual_mean	LST_annual_mean	LST_summer_mean	LST_winter_mean	NDVI_annual_mean	NO2_mine_annual_mean	NO2_mine_winter_mean	SO2_mine_annual_mean	SOL_mine_annual	Radiance_mine_mean
Добыча угля каменного по городам и районам, тыс. т	1,00										
CH4_annual_mean	0,83	1,00									
LST_annual_mean	0,01	0,30	1,00								
LST_summer_mean	-0,06	0,26	-0,11	1,00							
LST_winter_mean	0,03	0,05	0,49	-0,34	1,00						
NDVI_annual_mean	0,05	0,04	-0,34	-0,43	0,04	1,00					
NO2_mine_annual_mean	0,24	0,32	-0,48	-0,15	-0,38	0,83	1,00				
NO2_mine_winter_mean	0,06	0,40	-0,66	0,25	-0,35	0,60	0,76	1,00			
SO2_mine_annual_mean	0,39	-0,38	-0,29	-0,01	-0,06	-0,22	-0,14	-0,01	1,00		
SOL_mine_annual	0,73	0,24	0,04	-0,23	-0,15	-0,27	-0,23	-0,24	-0,80	1,00	
Radiance_mine_mean	0,73	0,24	0,04	-0,23	-0,15	-0,27	-0,23	-0,24	-0,80	1,00	1,00

Источник: построено автором по результатам расчетов

Фундаментальным предиктором, демонстрирующим сильную прямую зависимость с физическими объемами добычи, выступают среднегодовые тропосферные концентрации метана (CH₄). Коэффициент корреляции для данного индикатора достигает $r \approx 0,83$. Это математически подтверждает, что интенсивность выделения шахтного газа является

высокоточным биогеохимическим маркером масштабов горнодобывающих работ, практически не поддающимся административному искажению.

Вторым по значимости фактором выступает радиационная интенсивность ночного свечения (VIIRS Radiance), демонстрирующая высокую прямую связь с целевым показателем ($r \approx 0,73$). Данный результат подтверждает гипотезу о том, что оптический спутниковый сигнал корректно аппроксимирует уровень энергопотребления, масштаб ночных логистических операций и интенсивность работы поверхностных комплексов шахт [7]. Умеренная положительная связь также зафиксирована для промышленных выбросов диоксида серы (SO_2 , $r \approx 0,39$) и диоксида азота (NO_2 , $r \approx 0,24$).

В то же время, популярные индикаторы физического состояния поверхности продемонстрировали отсутствие значимой линейной связи с объемами добычи. Среднегодовая температура (LST) и вегетационный индекс (NDVI) показали коэффициенты корреляции на уровне $r \approx 0,01$ и $r \approx 0,05$ соответственно. Столь слабая линейная зависимость обусловлена тем, что локальные тепловые аномалии промплощадок нивелируются фоновыми климатическими факторами и сезонными колебаниями альбедо поверхности.

Основываясь на полученных метриках, процедура пространственной фильтрации диктует необходимость включения концентраций CH_4 и ночной освещенности в качестве базовых регрессоров в итоговую верификационную модель. Метрики LST и NDVI подлежат исключению из базового линейного уравнения для предотвращения накопления стохастического шума и снижения общей статистической значимости модели.

Формат официальной статистической отчетности имеет существенное ограничение: данные об объемах угледобычи публикуются исключительно суммарно, в целом по Свердловскому району. В связи с этим архитектура верификационного алгоритма была перестроена, а фокус исследования сместился с объектно-ориентированной оценки на анализ региональных временных рядов. Подобный подход позволяет нивелировать локальные флуктуации на отдельных промышленных площадках и оценить общую динамику индустриального развития территории.

Математическая спецификация многофакторной модели на макроуровне представляется уравнением (1):

$$\hat{Y}_t = \beta_0 + \beta_1 \bar{X}_{t1} + \beta_2 \sum X_{t2} + \varepsilon_t, \quad (1)$$

где:

$\hat{Y}_t$ – суммарный объем добычи каменного угля по Свердловскому району в период t (тыс. т);

$\bar{X}_{t1}$ – среднетерриториальная концентрация метана (CH_4) в тропосфере района за период t , выступающая индикатором совокупной метанообильности всех действующих выработок;

$\sum X_{t2}$ – интегральная (суммарная) радиационная яркость ночного свечения по всему району за период t , характеризующая общий масштаб энергопотребления и логистической активности;

β_1, β_2 – коэффициенты эластичности, отражающие чувствительность региональной добычи к изменению средних концентраций газа и суммарной освещенности;

ε_t – стохастическая составляющая модели.

Переход к агрегированным предикторам (средней концентрации и суммарной светимости) методологически обоснован физической природой спутникового мониторинга: в то время как концентрация газа (CH_4) имеет тенденцию к диффузии и усреднению в границах района, световой поток является аддитивной величиной, прямая сумма которой корректно отражает расширение или сжатие активных промзон.

Для оценки параметров уравнения применяется классический метод наименьших квадратов. Использование региональных агрегатов позволяет достичь более высокой статистической устойчивости модели по сравнению с объектным анализом, так как суммирование данных по всем шахтам района снижает влияние случайных ошибок измерения и локальных технологических сбоев. Полученная модель служит инструментом для верификации официальных годовых отчетов и может быть использована для оперативного мониторинга социально-экономической ситуации в районе в межотчетные периоды.

В результате реализации процедуры МНК на ретроспективном массиве данных Свердловского района за 2014–2021 гг. получены следующие эмпирические оценки параметров уравнения:

$$\hat{Y}_t = -12673,91 + 1,334\bar{X}_{t1} + 15,027\sum X_{t2}.$$

Дисперсионный анализ подтверждает адекватность модели: расчетное значение F-критерия Фишера составляет 6,98 при уровне статистической значимости $p \approx 0,038$, что меньше критического порога $\alpha = 0,05$. Коэффициент множественной детерминации ($R^2 = 0,563$) свидетельствует о том, что выбранная комбинация интегральной светимости и средней концентрации метана детерминирует более 56% дисперсии объемов угледобычи в регионе.

Оценка параметров по t-критерию Стьюдента выявляет высокую статистическую значимость биогеохимического предиктора (для CH_4 $p \approx 0,003$). Свободный член уравнения (интерцепт $\beta_0 = -12673,91$) выступает балансирующим коэффициентом, компенсирующим базовый фоновый

уровень метана в атмосфере, не связанный с непосредственной производственной деятельностью.

Финальным этапом верификации является оценка точности разработанного «цифрового двойника» относительно данных отчетности. Математический критерий надежности алгоритма определяется через индекс относительного пространственно-временного расхождения (V_t), позволяющий измерить дисперсию модели в ретроспективном периоде (2).

$$V_t = \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t} \times 100\%, \quad (2)$$

Интегральная оценка робастности системы на всем массиве обучающей выборки за 2014–2021 гг. характеризуется показателем средней абсолютной ошибки аппроксимации (MAPE), значение которого составило 19,6%. Согласно принятым в эконометрике стандартам, значение MAPE в пределах 20% свидетельствует об удовлетворительном уровне прогностической силы модели и её пригодности для макроэкономического анализа.

Детальный анализ динамики локальных индексов расхождения выявляет наличие двух структурных периодов (табл. 2).

Генерируемая алгоритмом остаточная ошибка не является следствием математического несовершенства модели. Напротив, флуктуации данного индикатора выступают самостоятельным аналитическим маркером, отражающим степень когерентности между реальным физическим сектором экономики и институциональными учетными системами.

Таблица 2

Результаты кросс-валидации параметров верификационного уравнения

Год	Факт (тыс. т)	Модель (тыс. т)	Ошибка (V_t , %)
2014	2829,2	2286,4	19,18
2015	1061,5	1333,4	25,62
2016	1447,3	1870,6	29,24
2017	1341,1	1793,1	33,70
2018	1803,7	1207,9	33,03
2019	1039,1	988,1	4,91
2020	1054,5	1137,1	7,83
2021	1226,1	1185,9	3,28

Источник: построено автором по результатам расчетов

Анализ полученных значений позволяет разделить хронологический ряд на две обособленных зоны (рис. 1). Начальный период (2014–2018 гг.) характеризуется высокой волатильностью индекса относительного расхождения. Максимум (33,7%) этот показатель достиг в 2017 году. Такая

разница между фактическими и модельными значениями может быть объяснена нарушением устоявшихся логистических связей, а также политической нестабильностью в регионе, в связи с чем градообразующий сектор Свердловского района оказался в состоянии глубокого адаптационного стресса. Однако спутниковая телеметрия продолжала фиксировать стабильный индустриальный метаболизм. Добыча угля не прекращалась, свидетельством чего являются стабильные выбросы метана (CH_4). Параллельно с этим фиксировалась стабильная ночная светимость как поверхностных комплексов шахт, так и транспортных узлов.

Вторая зона, охватывает период 2019–2021 годов и характеризуется фундаментальными изменениями. Завершение адаптационного шока и реинтеграция производственных цепочек в легальное экономическое поле привели к синергии модельных и фактических значений. Индекс расхождения (V_t) продемонстрировал стремительное сжатие: до 4,91% в 2019 году, с последующим выходом на экстремально низкий уровень в 3,28% по итогам 2021 года.



Рис. 1. Сопоставление результатов ретроспективной верификации и прогнозной экстраполяции динамики угледобычи Свердловского района
Построено автором по результатам расчетов

Отсутствие официальных статистических публикаций по объемам промышленного производства в Свердловском районе за период 2022–2025 гг. формирует критический информационный пробел, который в традиционной парадигме управления блокирует возможность объективного планирования. В этих условиях применение специфицированного и кросс-валидированного регрессионного алгоритма позволяет осуществить переход от фрагментарного наблюдения к непрерывному мониторингу индустриального контура региона.

Для расчета скрытых показателей угледобычи были задействованы постоянно обновляемые массивы данных VIIRS и Sentinel-5P. Если посмотреть на полученные значения ($\hat{Y}_t$), становится очевидна весьма нелинейная траектория восстановления индустриального контура. В 2022 году модель демонстрирует умеренный уровень активности отрасли – расчетный объем составил 1401,3 тыс. тонн. А вот уже в 2023 году спутники зафиксировали явный спад, что привело к достижению локального минимума производственного цикла. Несмотря на стабильность концентрации метана (CH_4), ночная светимость (SOL) снизилась до 78,2 единиц. В результате модель зафиксировала снижение добычи угля до 1109,3 тыс. тонн. Экономически смысл подобного снижения заключается во временном снижении энергетического спроса и вынужденной технологической перенастройкой предприятий.

Наиболее показательный результат экстраполяции – выявление стабильного тренда с 2024 года. Модель оценивает объем добычи в 2024 году в 1345,4 тыс. тонн, а к 2025 году – 1591,9 тыс. тонн. Подобный рост (на 43,5% относительно минимума 2023 года) подтверждается объективными факторами: ростом концентраций метана до 9526,7 ppb и увеличением суммарной светимости угледобывающих предприятий.

Разработанный эконометрический алгоритм обладает значительным потенциалом масштабирования и трансфера в реальный сектор управления. В парадигме перехода к концепции государства, управляемого данными, предложенный математический аппарат формирует фундаментальный базис для создания регионального «цифрового двойника» [2, 4].

Практическая значимость исследования заключается в возможности коммерциализации научной методологии путем ее трансформации в автоматизированный программно-аналитический комплекс. Ключевыми стейкхолдерами подобной системы выступают:

1. Институты регионального развития (министерства экономики): для непрерывного мониторинга валового регионального продукта, ликвидации статистических лагов и оперативной верификации темпов промышленного роста.
2. Фискальные и надзорные органы: для выявления локаций «теневой» экономики путем сопоставления непрерывного спутникового следа (эмиссия метана, ночная светимость) с декларируемой налоговой и производственной отчетностью предприятий.
3. Экологические инспекции: для дистанционного алгоритмического контроля углеродного следа и объективного обоснования санкций за превышение квот на выбросы парниковых газов (CH_4 , SO_2).

Проведенное исследование доказывает, что в условиях глобальной цифровой трансформации и нарастающей информационной асимметрии мультимодальное дистанционное зондирование Земли становится

фундаментом для перехода к предиктивным моделям регионального управления. Разработанный алгоритм пространственной верификации позволил преодолеть ограничения традиционной статистики, трансформировав сырые спектральные сигналы в достоверный аналитический инструментарий.

В ходе работы были достигнуты следующие научно-практические результаты:

Обоснована методология мультимодального синтеза. Доказано, что использование изолированных спутниковых индикаторов недостаточно для корректной оценки индустриальной динамики. Синергия биогеохимических данных (CH_4) и люминесцентных метрик (VIIRS) позволила создать устойчивый «цифровой профиль» промышленного района, минимизируя влияние метеорологических и атмосферных помех.

Верифицирован математический аппарат. Оценка предложенного уравнения регрессии на исторической выборке подтвердила его надежность. Когда экономика находится в фазе институционального упорядочивания (как это было в 2019–2021 гг.), расчетная погрешность (V_t) падает до 3,28–7,83%. На практике это означает, что мультимодальные спутниковые метрики превращаются в надежный субститут классической отчетности.

Экстраполяция данных на 2022–2025 годы дала возможность восстановить макроэкономическую картину там, где официальная статистика прерывается. Модель выявила явный восстановительный тренд, спрогнозировав рост добычи до 1591,9 тыс. тонн к 2025 году. Проблема хронического запаздывания данных успешно решается, и управленческий аппарат получает актуальную базу в режиме реального времени.

Кроме того, в работе заложен прикладной базис для архитектуры региональных «цифровых двойников». Это полноценное технологическое решение для перехода управлению на основе данных. Органы власти могут использовать его для непрерывного аудита промышленного сектора, выводить из тени скрытую экономику и контролировать экологию. Спутниковый мониторинг окончательно закрепляется в роли базового инструмента стратегического планирования.

Список использованной литературы:

1. Лофиченко, А.А. Анализ промышленной активности на основе спутниковых данных на примере Алчевского металлургического комбината / А.А. Лофиченко // Информационное пространство Донбасса: проблемы и перспективы: Сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции, Донецк, 24 октября 2025 года. – Донецк: Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского, 2025. – С. 501–505. – EDN CFKJWW.
2. Лофиченко, А.А. Киберсоциофизические системы и сети цифровых двойников: взгляд на будущие экосистемы цифровых двойников / А.А. Лофиченко // Вестник

- Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2025. – № 2(92). – С. 250–256. – EDN SEYPTV.
3. Лофиченко, А.А. Методология оценки социально-экономической активности регионов с помощью спутниковых данных в условиях отсутствия официальной статистики / А.А. Лофиченко // Географические и экономические исследования в контексте устойчивого развития государства и региона: Материалы VII Международной научно-практической конференции: 2-х томах, Донецк, 13-14 ноября 2025 года. – Донецк: Донецкий государственный университет, 2025. – С. 155–157. – EDN TLFHNQ.
 4. Таймасханов, Х.Э. Применение искусственного интеллекта в сфере государственного управления: риски, возможности, перспективы / Х.Э. Таймасханов, Р.Х. Азиева, И.С. Мальсагов // Вестник МИРБИС. – 2025. – № 1 (41). – С. 147–155.
 5. Царев, Ю.В. Оценка мощности выброса точечного источника предприятия на основе гауссовой модели для решения задач региональной экономики / Ю.В. Царев, В.В. Гончарова, А.В. Волков // Вестник ИГЭУ. – 2023. – № 6. – С. 84–91.
 6. Цируль, Д.Г. Двухрежимный способ наблюдения земной поверхности и анализ возможности его применения при функционировании космических аппаратов дистанционного зондирования Земли / Д.Г. Цируль, В.И. Ермолаев // Воздушно-космические силы. Теория и практика. – 2019. – № 10. – С. 132–141.
 7. ЦЭИР оценил экономическую активность регионов Узбекистана по спутниковым данным ночной освещенности // Центр экономических исследований и реформ при Администрации Президента Республики Узбекистан: [сайт]. – 2024. – 25 мая. – Режим доступа: <https://frank.uz/news/czeir-oczenil-ekonomicheskuyu-aktivnost-regionov-uzbekistana-po-sputnikovym-dannym-nochnoj-osveshhyonnosti/> (дата обращения: 10.04.2026).
 8. Chang, T.-C. Spatiotemporal impact of urban development on nighttime light intensity and its hotspot distribution / T.-C. Chang, J.-H. Tang, T.-C. Chan // PLoS ONE. – 2025. – Vol. 20, no. 6. – Art. e0325696. – DOI: 10.1371/journal.pone.0325696.
 9. Chen, X. VIIRS nighttime lights in the estimation of cross-sectional and time-series GDP / X. Chen, W.D. Nordhaus // Remote Sensing. – 2019. – Vol. 11, no. 9. – Art. 1057. – DOI: 10.3390/rs11091057.
 10. Elvidge, C.D. Annual Time Series of Global VIIRS Nighttime Lights Derived from Monthly Averages: 2012 to 2019 / C.D. Elvidge, M. Zhizhin, T. Ghosh, F.C. Hsu, J. Taneja // Remote Sensing. – 2021. – Vol. 13, no. 5. – Art. 922. – DOI: 10.3390/rs13050922.
 11. Gibson, J. Night lights in economics: Sources and uses / J. Gibson, S. Olivia, G. Boe-Gibson // Journal of Economic Surveys. – 2020. – Vol. 34, no. 5. – P. 955–980. – DOI: 10.1111/joes.12387.
 12. Gibson, J. Nighttime Lights and County-Level Economic Activity in the United States: 2001 to 2019 / J. Gibson, G. Boe-Gibson // Remote Sensing. – 2021. – Vol. 13, no. 14. – Art. 2741. – DOI: 10.3390/rs13142741.
 13. Li, X. A harmonized global nighttime light dataset 1992–2018 / X. Li, Y. Zhou, M. Zhao, X. Zhao // Scientific Data. – 2020. – Vol. 7, no. 1. – Art. 168. – DOI: 10.1038/s41597-020-0510-y.
 14. Mergel, I. Defining digital transformation: Results from expert interviews / I. Mergel, N. Edelmann, N. Haug // Government Information Quarterly. – 2019. – Vol. 36, no. 4. – Art. 101385. – DOI: 10.1016/j.giq.2019.06.002.

МИНИМИЗАЦИЯ ВРЕМЕНИ ФОРМИРОВАНИЯ КОЛЛЕКТИВНОГО ИММУНИТЕТА В УСЛОВИЯХ МАССОВОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ

Лутошкин И. В., Рыбина М. С.
Ульяновск, УлГУ

Аннотация. В работе рассматриваются результаты вычислительных экспериментов с моделью оптимального управления экономической системой в условиях массового заболевания с учетом скорейшего достижения коллективного иммунитета. Эксперименты проводятся для горизонтов планирования 6, 9 и 12 месяцев при различных вариантах многокритериального целевого функционала, включающего ценность статистической жизни, прибыль, число заболевших и момент достижения коллективного иммунитета. Делается вывод о влиянии рассматриваемого горизонта планирования на сроки достижения коллективного иммунитета и величину доли заболевших в популяции; проводится сравнение чувствительности решений к различным параметрам целевого функционала.

Ключевые слова: оптимальное управление, задача быстрогодействия, вычислительные эксперименты, экономическая система, массовое заболевание, эпидемия, вакцинация.

Введение

В условиях глобальных вызовов, связанных с распространением массовых инфекционных заболеваний, перед органами управления экономическими системами (регионами, государствами) остро встает задача поиска баланса между сохранением здоровья населения и поддержанием экономической стабильности. Введение ограничительных мер, с одной стороны, позволяет сдерживать темпы распространения инфекции, но с другой – неизбежно ведет к сокращению валового выпуска и снижению деловой активности [1, 2]. В этой связи актуальной научной проблемой является разработка математических моделей оптимального управления, позволяющих находить стратегии вакцинации и распределения ресурсов, которые обеспечивают скорейший выход из эпидемиологического кризиса при минимальных социально-экономических потерях [3-6].

Математическая модель

Представим описание модели управления социально-экономической системой в период массового распространения инфекции. Модель учитывает влияние вакцинации населения, а в качестве целевого показателя выступает время скорейшего достижения необходимого уровня иммунитета популяции [7-9].

Численность населения экономического субъекта в модели распределяется по нескольким непересекающимся категориям: P – лица, придерживающиеся ограничительных предписаний (например, режима самоизоляции), что уменьшает их индивидуальный риск инфицирования; S – лица без иммунитета к данной инфекции, не соблюдающие специальные меры предосторожности и потому находящиеся в зоне риска; E – инфицированные лица, у которых болезнь протекает в латентной (инкубационной) форме; I – лица с активной фазой заболевания; Q – госпитализированные больные; R – выздоровевшие индивиды; D – летальные исходы вследствие заболевания; V_i – лица, получившие искусственный иммунитет благодаря прививке i -м типом вакцины, где $1 \leq i \leq n$; n – общее число доступных видов вакцин.

Социально-экономический блок модели описывается следующими переменными, чувствительными к эпидемиологической обстановке: Y – валовой продукт субъекта (в стоимостном эквиваленте); π – объем прибыли; K – стоимостная оценка основных производственных фондов; L – эффективная численность трудовых ресурсов (с коррекцией на производительность различных групп); Z – совокупный коечный фонд для размещения инфицированных.

Управленческие воздействия со стороны регулирующих органов представлены набором инструментов: U_1 – вложения в адаптацию текущего коечного фонда под нужды больных; U_2 – инвестиции в расширение коечного фонда посредством возведения новых медицинских учреждений; U_3 – расходы на проведение разъяснительной работы с населением о методах противодействия эпидемии; U_{3+i} – средства, выделяемые на прививочную кампанию с использованием вакцины -того типа; $1 \leq i \leq n$.

В модели предусмотрена возможность скачкообразного изменения фазовых траекторий в моменты активации или отмены карантинных мер:

$$S(\tau_1 +) = (1 - a)S(\tau_1 -), P(\tau_1 +) = P(\tau_1 -) + aS(\tau_1 -);$$

$$S(\tau_2 +) = S(\tau_2 -) + bP(\tau_2 -), P(\tau_2 +) = (1 - b)P(\tau_2 -),$$

Здесь τ_1 – дата начала действия ограничений, τ_2 – момент их прекращения. Параметр a задает долю лиц из группы риска (S), переходящих в категорию соблюдающих меры (P) при вводе ограничений, а b – доля возвращающихся из категории P обратно в S после отмены ограничений.

Далее приведем ключевые дифференциальные соотношения, описывающие динамику процесса [1, 2]. Коэффициенты k_{ij} (где индексы i, j принимают значения из множества категорий $\{S, P, V_1, \dots, V_n, E, I, Q, R, D\}$, $i \neq j$) характеризуют скорости переходов людей между указанными группами.

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt} = & k_{PS}P(t) + k_{RS}R(t - \tau) + \sum_{i=1}^n V_i(t - \tau_i^{\check{}}) \\ & - (k_{SE} \left(\frac{I(t)}{N(t)} \right) + k_{SP}(U_3(t)) - \rho) S(t) - \sum_{i=1}^n \frac{U_{3+i}(t - \bar{\tau}_i)}{c_i}, \end{aligned} \quad (1)$$

где ρ – естественный прирост населения, τ – время, в течение которого сохраняется иммунитет у выздоровевших, c_i – стоимость одной дозы -го вида вакцины, $\tau_i^{\check{}}$ – время, в течение которого сохраняется искусственный иммунитет у вакцинированных i -тым видом вакцины; $\bar{\tau}_i$ – время, в течение которого вырабатывается иммунитет после вакцинации i -тым видом вакцины.

$$\frac{dP}{dt} = k_{SP}(U_3(t))S(t) - k_{PS}P(t), \quad (2)$$

$$\frac{dE}{dt} = k_{SE} \left(\frac{I(t)}{N(t)} \right) (S(t) + \sum_{i=1}^n (1 - \tilde{e}_i) \frac{U_{3+i}(t - \bar{\tau}_i)}{c_i}) - k_{EI}E(t), \quad (3)$$

где $\tilde{e}_i$ – эффективность вакцины -того вида;

$$\frac{dI}{dt} = k_{EI}E(t) - (k_{IQ} + k_{IR} + k_{ID})I(t), \quad (4)$$

$$\frac{dQ}{dt} = k_{IQ}I(t) - (k_{QD} + k_{QR})Q(t), \quad (5)$$

$$\frac{dR}{dt} = k_{IR}I(t) + k_{QR}Q(t) - k_{RS}R(t), \quad (6)$$

$$\frac{dU}{dt} = k_{QD}Q(t) + k_{ID}I(t), \quad (7)$$

$$\frac{dZ}{dt} = g(U_2(t)) - \mu Z(t) + kU_1(t), \quad (8)$$

где $g(U_2)$ – функция отклика коечного фонда на капитальные вложения, μ – норма амортизации, k – коэффициент пересчета затрат в прирост мест.

$$\frac{dV_i}{dt} = V_i(t) - V_i(t - \tau_i^{\check{}}), \quad (9)$$

где $i = \bar{1}, \bar{n}$, $V_i(t) = (1 - (1 - \tilde{e})k_{SE} \left(\frac{I(t)}{N(t)} \right) \frac{U_{3+i}(t - \bar{\tau}_i)}{c_i})$ – количество

вакцинированных, получивших в момент t искусственный иммунитет к заболеванию благодаря вакцинации.

$$N(t) = P(t) + S(t) + E(t) + I(t) + Q(t) + R(t) + \sum_{i=1}^n V_i(t), \quad (10)$$

где N – численность населения на территории экономического субъекта;

$$L(t) = m (e_P P(t) + e_S S(t) + e_E E(t) + e_R R(t) + \sum_{i=1}^n e_{V_i} V_i(t)), \quad (11)$$

где m – доля трудоспособного населения от общей численности населения, e_k – коэффициенты продуктивности для лиц из k -й категории ($k \in [P, S, E, R, V_1, \dots, V_n]$), относительно продуктивности работы здорового человека.

$$Y(t) = F(K(t), L(t)), \quad (12)$$

где F – некоторая производственная функция; а динамика капитала $K(t)$ – детерминированная экзогенная функция, заданная на интервале $0 \leq t \leq T$.

$$\pi(t) = Y(t) - U_1(t) - U_2(t) - U_3(t) - \sum_{i=1}^n U_{3+i}(t), \quad (13)$$

$$0 \leq U_1(t), \int_0^t U_1(t) dt \leq B_1, \quad (14)$$

где B_1 – объём бюджета, выделяемого на переоборудование существующих койко-мест;

$$0 \leq U_2(t), \int_0^t U_2(t) dt \leq B_2, \quad (15)$$

где B_2 – объём бюджета, выделяемого на строительство новых больниц;

$$0 \leq U_3(t), \int_0^t U_3(t) dt \leq B_3, \quad (16)$$

где B_3 – объём бюджета, выделяемого на информационную кампанию по доведению до населения необходимых сведений о методах борьбы с массовым заболеванием;

$$0 \leq U_{3+i}(t), 1 \leq i \leq n, \int_0^T \sum_{i=1}^n U_{3+i}(t) dt \leq B_4, \quad (17)$$

где B_4 – объём бюджета, выделяемого на вакцинацию. В рамках модели предполагается, что бюджет на вакцинацию единый, объём выделяемого бюджета не зависит от вида вакцины.

Так как возможности экономической системы ограничены, то существует константа C : $U_i \leq C \forall t \in [t_0; T], 1 \leq i \leq (n+3)$. Это позволяет сделать предположение, что управления U_i принадлежат классу кусочно-непрерывных функций.

Ключевыми условиями в задаче являются обеспеченность больных койко-местами на всем протяжении процесса, т. е. при $t \in [t_0; T]$:

$$Q(t) \leq Z(t), \quad (18)$$

и достижение порогового значения коллективного иммунитета ν к некоторому моменту t_ν :

$$\frac{R(t_\nu) + \sum_{i=1}^n V_i(t_\nu)}{N(t_\nu)} \geq \nu, \quad (19)$$

где $V_i(t_v)$ – количество людей, привитых i -м видом вакцины, на момент t_v , $N(t_v)$ – численность населения (популяция) на момент t_v , v – доля привитых, необходимая для достижения «коллективного иммунитета».

Предположим, что начальное состояние фазовых переменных фиксировано, причём функции $R^0(t)$ и $V_i^0(t)$ известны на момент начала планирования:

$$\begin{aligned} S(0) = S^0, P(0) = P^0, E(0) = E^0, I(0) = I^0, Q(0) = Q^0, \\ D(0) = D^0, Z(0) = Z^0, \\ R(t) = R^0(t), V_i(t) = V_i^0(t), 1 \leq i \leq n \text{ при } t \leq 0. \end{aligned} \quad (19)$$

Целевой функционал (20) представляет собой свертку трех критериев: социального (минимизация количества заболевших), экономического (максимизация прибыли) и критерия быстрогодействия (скорейшее достижение «коллективного иммунитета»).

$$J = \min_{u_1, u_2, u_3, \tau_1, \tau_2, t_v} \left(\int_0^T \left(\alpha_1 \frac{E(t)}{N(0)} - \alpha_2 \frac{\pi(t)}{Y(0)} \right) dt + \alpha_3 \frac{t_v}{T} \right), \quad (20)$$

где $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$: $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$ – весовые коэффициенты, определяющие значимость социального и экономического критериев, а также времени формирования «коллективного иммунитета».

Таким образом, соотношения (1)–(20) формируют задачу оптимального управления с критерием быстрогодействия, характеризующуюся наличием сосредоточенных запаздываний в фазовых переменных и управлении, а также фазовыми и терминальными ограничениями.

Вычислительные эксперименты

Рассмотрим результаты вычислительных экспериментов с моделью, описанной выше. Параметры модели, используемые при вычислениях, были оценены на основе данных, соответствующих эпидемии COVID-19 в РФ [9]. В этот период использовали в основном 4 вида вакцины ($n = 4$).

Таблица 1

Значения параметров модели

Параметр	Оценка	Параметр	Оценка	Параметр	Оценка
k_{PS}	0,0002	a	0,415	b	0,271
k_{RS}	0,0002	e_P	0,879	c_1	1908,20
k_{QR}	7,990511	e_S	1	c_2	1908,2
k_{EI}	2,222153	e_E	0,43	c_3	866
k_{QD}	0,2573502	e_R	1	c_4	433
k_{IR}	1,887451	$\tilde{e}_1$	0,916	B_1	$8,17 \cdot 10^{10}$
k_{ID}	0	$\tilde{e}_2$	0,825	B_2	$2,9 \cdot 10^{10}$
k_{IQ}	0,482	$\tilde{e}_3$	0,87	B_3	$5,02 \cdot 10^8$
μ	$8,33 \cdot 10^{-3}$	$\tilde{e}_4$	0,794	B_4	$8,65 \cdot 10^{10}$
ρ	$-9,52 \cdot 10^{-5}$	$\tilde{a}$	24	$\bar{\tau}_1$	0,7

Параметр	Оценка	Параметр	Оценка	Параметр	Оценка
ν	0,6	$\tau_2^{\check{}}$	12	$\bar{\tau}_2$	0,7
k	$3,415 \cdot 10^{-6}$	$\tau_3^{\check{}}$	8	$\bar{\tau}_3$	0,466
m	0,482	$\tau_4^{\check{}}$	5	$\bar{\tau}_4$	0,333

Таблица 2

Оценки функциональных зависимостей

Параметрическая функция	Оценка
$k_{SE}(I)$	$1,096 \cdot 10^{-7}I$
$k_{SP}(U_3)$	$0,174 + 1,845 \cdot 10^{-11}U_3$
$g(U_2)$	$1,381 \cdot 10^{-7}U_2$
$F(K, L)$	$7,47 \cdot 10^{-5}K^{0,4387}L^{1,3667}$
$K(t)$	$2,74632 \cdot 10^{14} \cdot e^{0,0102t}$

В таблицах 3, 4 приведены результаты вычислительных экспериментов, выполненных с использованием авторского программного комплекса. Таблица 3 содержит результаты экспериментов для случая, когда критерий качества представляет собой свертку VSL-критерия (ценность статистической жизни) [10] и критерия скорейшего достижения коллективного иммунитета [7] с весами a_1 и a_2 . В рамках эксперимента веса брались равными $a_1 = a_2 = 0,5$.

Таблица 3

Результаты вычислительных экспериментов по решению задачи с целевым функционалом, использующим «ценность статистической жизни»

Период моделирования, мес	6	9	12
Момент достижения коллективного иммунитета, мес	3,7	5,2	4,4
Доля заразившихся за период планирования от общей численности населения	0,037	0,045	0,046
Суммарные затраты на вакцинацию, млн руб	86 500	86 500	86 500

Прежде всего, видно, что при всех рассмотренных сценариях (6, 9 и 12 месяцев) суммарные затраты на вакцинацию остаются неизменными и составляют 86,5 млрд. руб. Это указывает на то, что в рамках модели бюджетное ограничение является жестким и полностью исчерпывается независимо от длительности планирования. Следовательно, различия в результатах обусловлены не объемом ресурсов, а их распределением во времени.

Динамика момента достижения коллективного иммунитета носит нелинейный характер. При горизонте 6 месяцев он достигается в среднем через 3,7 месяца, при увеличении горизонта до 9 месяцев – позже, через 5,2 месяца, а при 12 месяцах – несколько раньше, чем в предыдущем случае, на уровне 4,4 месяца. Это может свидетельствовать о перераспределении темпов вакцинации: при более длинных горизонтах модель допускает более сглаженную стратегию, не всегда минимизирующую время достижения иммунитета, а балансирующую между снижением смертности и экономическими затратами.

Доля заразившихся за период планирования демонстрирует устойчивый рост с увеличением горизонта: с 3,7% при 6 месяцах до 4,5% и 4,6% при 9 и 12 месяцах соответственно. Несмотря на этот рост, показатель остается в относительно узком диапазоне (3,7–4,6%), что указывает на ограниченную чувствительность модели к увеличению горизонта в части распространения инфекции. Тем не менее, сама тенденция роста говорит о том, что более длительное планирование сопровождается увеличением совокупного числа инфицированных, вероятно, из-за более равномерного распределения вакцинации во времени.

В совокупности результаты позволяют сделать несколько выводов. Во-первых, бюджет на вакцинацию используется полностью во всех сценариях, что подтверждает его ключевую роль как ограничивающего ресурса. Во-вторых, увеличение горизонта планирования не приводит к однозначному ускорению достижения коллективного иммунитета – напротив, наблюдается компромисс между скоростью вакцинации и другими целевыми критериями модели. В-третьих, существует умеренно выраженная тенденция роста доли инфицированных при увеличении периода планирования.

Таким образом, можно заключить, что более короткие горизонты планирования способствуют более быстрому достижению коллективного иммунитета и несколько меньшему числу заражений, тогда как более длинные горизонты ориентированы на более сбалансированные стратегии вакцинации.

Таблица 4 содержит результаты моделирования для случая, когда критерий качества представляет свёртку трёх критериев: прибыль, количество заболевших, момент достижения коллективного иммунитета с весами a_1 , a_2 , a_3 , соответственно. При расчётах использовались следующие комбинации:

- 1) $a_1 = 0,4, a_2 = 0,2, a_3 = 0,4$;
- 2) $a_1 = 0,4, a_2 = 0,4, a_3 = 0,2$;
- 3) $a_1 = 0,34, a_2 = 0,33, a_3 = 0,34$.

Таблица 4

Результаты вычислительных экспериментов по решению задачи с целевым функционалом, использующим свёртку трёх критериев

Период моделирования, мес	6			9			12		
№ комбинации весов в целевом функционале	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Момент достижения коллективного иммунитета, мес	3,7	3,8	3,8	4	4	4	4,5	4,5	4,5
Доля заразившихся за период планирования от общей численности населения	0,037	0,037	0,037	0,038	0,038	0,038	0,046	0,046	0,046
Суммарные затраты на вакцинацию, млн руб.	86500	86500	86500	86500	86500	86500	86500	86500	86500

Анализ результатов из таблицы 4 показывает, что, как и в предыдущем случае, суммарные затраты на вакцинацию во всех рассмотренных сценариях остаются неизменными и составляют 86,5 млрд. руб. Это подтверждает, что бюджетное ограничение является активным и полностью исчерпывается при любых комбинациях весов и горизонтах планирования. Следовательно, различия в результатах определяются исключительно структурой целевого функционала и временными параметрами задачи.

Анализ момента достижения коллективного иммунитета показывает, что внутри каждого фиксированного горизонта планирования влияние комбинации весов практически отсутствует. При горизонте 6 месяцев данный показатель варьируется незначительно (3,7–3,8 месяца), при 9 месяцах стабилизируется на уровне 4 месяцев для всех комбинаций, а при 12 месяцах – на уровне 4,5 месяцев. Это свидетельствует о том, что оптимальная стратегия в части сроков формирования коллективного иммунитета оказывается робастной к выбору весовых коэффициентов и определяется преимущественно длительностью планового периода.

Доля заразившихся за период планирования также демонстрирует высокую устойчивость к изменению весов. В рамках каждого горизонта она принимает одинаковые значения для всех трёх комбинаций: 3,7% при 6 месяцах, 3,8% при 9 месяцах и 4,6% при 12 месяцах. При этом сохраняется общая тенденция роста доли инфицированных с увеличением горизонта планирования, что согласуется с результатами предыдущей таблицы и указывает на системный эффект удлинения периода моделирования.

Сопоставляя результаты по разным горизонтам, можно отметить монотонное увеличение времени достижения коллективного иммунитета (с $\approx 3,7$ – $3,8$ до $4,5$ месяцев) и доли заразившихся (с $3,7\%$ до $4,6\%$) при переходе от краткосрочного к более долгосрочному планированию. Это указывает на то, что при увеличении горизонта модель выбирает менее интенсивные стратегии вакцинации, распределяя ресурсы более равномерно во времени.

В целом, результаты позволяют сделать вывод о слабой чувствительности решения к варьированию весовых коэффициентов в свёртке критериев и о доминирующем влиянии горизонта планирования на характеристики эпидемиологической динамики. Таким образом, выбор длительности планового периода оказывает существенно большее влияние на итоговые показатели, чем конкретная настройка многокритериального целевого функционала.

Сравнение результатов по двум таблицам позволяет выявить ряд схожих моментов. Прежде всего, бюджетное ограничение является активным: суммарные затраты на вакцинацию во всех сценариях фиксированы на уровне 86,5 млрд. руб. Это означает, что задача решается в режиме полного использования доступного ресурса, и различия в результатах определяются исключительно стратегией его распределения. Также в обеих таблицах прослеживается устойчивая тенденция роста доли заразившихся с увеличением горизонта планирования. При переходе от 6 к 12 месяцам показатель увеличивается примерно с $3,7$ до $4,6\%$. Это указывает на системный эффект: более длительный горизонт приводит к большему накопленному числу инфицированных, что, вероятно, связано с более растянутым во времени процессом вакцинации. Наконец, момент достижения коллективного иммунитета в целом увеличивается при удлинении горизонта планирования. Несмотря на небольшие нелинейности в первой таблице, общий тренд совпадает: более длинный горизонт соответствует более позднему достижению иммунитета.

Можно сделать следующие предположения о причинах наличия схожих тенденций в результатах экспериментов с различными вариантами целевого функционала. Во-первых, модель в обоих случаях балансирует между скоростью вакцинации и ограниченностью ресурсов, что при увеличении горизонта приводит к «размазыванию» вакцинации во времени. Во-вторых, эпидемиологическая динамика (например, структура модели типа SIR) задаёт естественное накопление инфицированных при более длительном периоде наблюдения. В-третьих, наличие жесткого бюджетного ограничения ограничивает возможность ускорения вакцинации при увеличении горизонта.

Рассмотрим также и различия между результатами в таблицах 3 и 4. В первой таблице (с функционалом на основе «ценности статистической жизни») наблюдается более выраженная вариативность результатов. В частности, момент достижения коллективного иммунитета ведёт себя

немонотонно ($3,7 \rightarrow 5,2 \rightarrow 4,4$ месяца), что указывает на сложный компромисс между минимизацией потерь (например, смертности) и другими факторами. Это свидетельствует о высокой чувствительности решения к внутренней структуре функционала. Во второй таблице (со свёрткой трёх критериев) результаты демонстрируют меньшую зависимость от выбора весовых коэффициентов: внутри каждого горизонта все показатели совпадают или различаются незначительно. Это означает, что либо оптимум лежит в области, где различные комбинации весов приводят к одному и тому же решению, либо один из критериев фактически доминирует и «подавляет» влияние остальных.

Заключение

В работе рассмотрены результаты вычислительных экспериментов с моделью оптимального управления экономической системой в условиях массового заболевания с учетом критерия быстрогодействия. Полученные результаты демонстрируют согласованные макротенденции, связанные с влиянием горизонта планирования и бюджетных ограничений. Однако чувствительность к параметрам целевого функционала принципиально различается: функционал на основе «ценности статистической жизни» приводит к более вариативным и потенциально нелинейным стратегиям, тогда как свёртка критериев – к устойчивым и слабо зависящим от весов решениям. Это указывает на важную роль выбора формы целевого функционала при моделировании стратегий управления эпидемией.

Список использованной литературы:

1. Eichenbaum M. S., Rebelo S., Trabandt M. The Macroeconomics of Epidemics // NBER Working Paper. 2020. No. 26882. 31 p. DOI: 10.3386/w26882.
2. Gungoraydinoglu, A.; Öztekin, I.; Öztekin, Ö. The Impact of COVID-19 and Its Policy Responses on Local Economy and Health Conditions. J. Risk Financial Manag. 2021, 14, 233. <https://doi.org/10.3390/jrfm14060233>
3. Dobson A, Ricci C, Boucekkine R, Gozzi F, Fabbri G, Loch-Temzelides T, Pascual M. Balancing economic and epidemiological interventions in the early stages of pathogen emergence. Sci Adv. 2023 May 24;9(21):eade6169. doi: 10.1126/sciadv.ade6169. Epub 2023 May 24. PMID: 37224240; PMCID: PMC10208564.
4. Liu F, Ma Z, Wang Z, Xie S. Trade-Off between COVID-19 Pandemic Prevention and Control and Economic Stimulus. Int J Environ Res Public Health. 2022 Oct 27; 19(21):13956. doi: 10.3390/ijerph192113956. PMID: 36360836; PMCID: PMC9653931.
5. Dorn, F., Khailaie, S., Stoeckli, M. et al. The common interests of health protection and the economy: evidence from scenario calculations of COVID-19 containment policies. Eur J Health Econ 24, 67–74 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10198-022-01452-y>
6. Lutoshkin I., Rybina M. Optimal control of the economic system in conditions of mass disease with vaccination // Nonlinear Analysis and Extremal Problems (NLA-2024). Proceedings of the 8th International School-Seminar. Irkutsk, 24–28 июня 2024 года, 2024. – P. 163-164. – EDN LQVYZV.
7. Лутошкин, И. В. Модель управления экономической системой в условиях массового заболевания с учетом критерия быстрогодействия / И. В. Лутошкин, М. С. Рыбина //

- Математическое и компьютерное моделирование и бизнес-анализ в условиях цифровизации экономики: Сборник научных статей по итогам V Всероссийского научно-практического семинара, Нижний Новгород, 23 апреля 2025 года. – Нижний Новгород: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2025. – С. 139-146. – EDN PVVRGU.
8. Lutoshkin I. V., Rybina M. S. Model of Control of the Economic System in Conditions of Mass Disease with Vaccination. The Bulletin of Irkutsk State University. Series Mathematics, 2025, vol. 54, pp. 33–47. <https://doi.org/10.26516/1997-7670.2025.54.33>
 9. Лутошкин И.В., Рыбина М.С. Моделирование управления экономикой региона в условиях массовых заболеваний // Экономика региона. 2023. Т. 19, № 2. С. 299–313. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2023-2-1>
 10. Лутошкин, И. В. Оптимизация в модели управления социально-экономической системой в условиях массового заболевания / И. В. Лутошкин, М. С. Рыбина // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Математика. – 2024. – Т. 49. – С. 16-31. – DOI 10.26516/1997-7670.2024.49.16. – EDN DRVXXM.

МОДЕЛИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ ТОЧЕЧНЫМ ЗАПАЗДЫВАНИЕМ В БАНКОВСКОЙ СФЕРЕ

Лутошкин И.В., Сковиков Н.А.

Ульяновск, УлГУ

Аннотация: В статье рассмотрена проблема построения математических моделей оптимального управления с учётом запаздывания в финансово-экономических системах. Показано, что игнорирование нестационарного характера временных лагов приводит к существенным ошибкам в прогнозировании и принятии управленческих решений. Проведён анализ фундаментальных трудностей, возникающих при применении классических методов теории оптимального управления (принцип максимума Понтрягина, динамическое программирование) к системам с переменным запаздыванием, включая нарушение марковости процесса, усложнение структуры сопряжённой системы и потерю гладкости траекторий. Полученные результаты могут быть использованы для разработки адаптивных алгоритмов управления банковскими рисками, оптимизации кредитной политики и повышения эффективности управления ликвидностью в условиях нестационарных временных лагов.

Ключевые слова: оптимальное управление, переменное запаздывание, функционально-дифференциальные уравнения, математическое моделирование.

Введение

Современный этап развития науки и технологий характеризуется стремительным ростом сложности и масштаба управляемых систем, включая как технические, так и социально-экономические сферы. В

условиях постоянно прогрессирующих подходов к информатизации и автоматизации процессов принятия решений возрастает потребность в математически обоснованных моделях, способных адекватно описывать динамику реальных систем и обеспечивать оптимальное управление ими. Особое значение в этом контексте приобретают оптимизационные динамические модели, позволяющие находить такие управляющие воздействия, которые обеспечивают наилучшее достижение поставленных целей при соблюдении ограничений на ресурсы, время и другие параметры. Однако, несмотря на значительные успехи в теории оптимального управления, многие практические задачи остаются трудноразрешимыми из-за наличия запаздываний в динамике систем, которые могут быть как постоянными, так и переменными во времени.

Запаздывание присуще многим реальным процессам, в которых реакция системы на управляющее воздействие происходит не мгновенно, а с некоторым временным сдвигом (лагом). Так, в экономических системах запаздывание может быть вызвано временем реализации инвестиционных проектов, задержками в поставках ресурсов, инерцией в принятии управленческих решений или отставанием в распространении информации. В технических системах это время срабатывания исполнительных механизмов, передачи сигналов, обработки данных. В биологических и экологических системах – временные лаги в процессах воспроизводства, адаптации или миграции. Учет таких временных сдвигов в моделях принципиально меняет как качественное, так и количественное поведение системы, делая классические методы оптимального управления, основанные на мгновенной обратной связи, недостаточными или даже некорректными [1].

Особую сложность представляют собой системы с переменным точечным запаздыванием, когда величина временного сдвига зависит от времени или состояния системы. Такие модели более адекватно отражают реальность, поскольку в динамических условиях внешние и внутренние факторы (например, изменение инфраструктуры, уровня автоматизации, скорости передачи данных, политической или экономической конъюнктуры) могут влиять на продолжительность задержек. Например, в макроэкономических моделях временные лаги между решением о стимулировании экономики и фактическим эффектом могут варьироваться в зависимости от состояния финансового рынка, уровня доверия потребителей или эффективности государственного аппарата. Аналогично, в управлении производственными цепочками запаздывание поставок может изменяться в зависимости от логистических условий, погоды, геополитической обстановки и т.д. Таким образом, игнорирование непостоянства запаздываний ведет к существенным ошибкам в прогнозировании и управлении, что делает актуальным развитие теории и методов оптимального управления для таких классов систем.

Постановка проблемы

Большинство фундаментальных результатов, включая принцип максимума Понтрягина [2] и динамическое программирование Беллмана [3], были получены для систем с постоянным запаздыванием или без него. Лишь в последние десятилетия усилия исследователей были направлены на адаптацию этих методов к случаю переменного точечного запаздывания, что потребовало разработки новых математических инструментов и переосмысления базовых концепций.

Запаздывание (или временной лаг) представляет собой неотъемлемую особенность множества реальных процессов, где реакция системы на управляющее воздействие не является мгновенной, а происходит со сдвигом во времени. В контексте теории оптимального управления (ОУ) запаздывание формализуется как зависимость текущего состояния системы не только от её мгновенных параметров, но и от предыстории – значений состояния и управления в предшествующие моменты времени. Такие модели описываются функционально-дифференциальными уравнениями (ФДУ), которые включают в себя дифференциальные уравнения с отклоняющимся аргументом. В зависимости от характера временного сдвига различают:

- постоянное запаздывание (величина лага фиксирована, например, $\tau = const$);
- переменное запаздывание (лаг зависит от времени t или состояния системы $x(t)$, например, $\tau(t)$ или $\tau(x(t))$);
- распределенное запаздывание (учет влияния всей предыстории через интегральные операторы).

В настоящей работе мы рассматриваем случай переменного точечного запаздывания, когда временной сдвиг определяется как функция времени или состояния системы, но при этом воздействие сосредоточено в отдельные моменты (в отличие от распределенного). Например, в экономических моделях запаздывание $\tau(t)$ между решением о кредитной экспансии и её эффектом на ВВП может зависеть от текущей инфляции $\alpha(t)$: $\tau(t) = \tau(t, \alpha(t))$ или от уровня безработицы $x(t)$: $\tau(t) = \tau(t, x(t))$.

В экономических системах запаздывание возникает повсеместно и носит принципиально нестационарный характер. Рассмотрим ключевые примеры:

- Инвестиционные циклы. Реализация крупных проектов (строительство заводов, инфраструктуры) требует времени, которое варьируется в зависимости от внешних условий: в кризисные периоды сроки могут увеличиваться из-за дефицита финансирования или бюрократических барьеров, в стабильные сокращаться благодаря упрощению процедур.

- Монетарная политика. Эффект от изменения процентной ставки проявляется с лагом, величина которого зависит от доверия рынков: при высокой неопределенности инвесторы дольше анализируют сигналы ЦБ, увеличивая $\tau(t)$.
- Логистические цепочки. Поставки сырья задерживаются из-за транспортных сбоев, погодных условий или геополитических конфликтов, что делает $\tau(t)$ случайной функцией.

Критическая особенность переменного запаздывания в экономике состоит в его обратной связи с состоянием системы. Например, в модели производственной компании запаздывание поставки компонентов $\tau(x(t))$ может зависеть от текущего уровня запасов. При их снижении логистические издержки растут, увеличивая время доставки. Такая взаимозависимость превращает систему в нелинейную и неавтономную, что кардинально усложняет анализ по сравнению с моделями с постоянным лагом.

Рассмотрим общую постановку задачи оптимального управления с переменным точечным запаздыванием. Пусть динамика системы описывается уравнением:

$$\dot{x}(t) = f(t, x(t), u(t), x(t - \tau(t)), u(t - \tau(t))), t \in [0, T],$$

где $x(t) \in \mathbb{R}^n$ – вектор состояния, $u(t) \in U \subset \mathbb{R}^m$ – управление $\tau(t) \geq 0$ – переменное запаздывание, U – допустимое множество управлений. Начальные условия задаются на интервале $[-\tau_{\max}, 0]$, где $\tau_{\max} = \max_{t \in [0, T]} \tau(t)$. Множество фазовых состояний ограничивается требованиями предметной области: $x(t) \in G(t), t \in [0, T]$. Ставится задача минимизации (максимизации) функционала вида:

$$J(x, u) = \int_0^T f_0(t, x(t), u(t), x(t - \tau(t)), u(t - \tau(t))) dt + g_0(x(T)).$$

Ключевые особенности такой модели:

1. Нелокальность по времени. Текущая скорость изменения состояния зависит от значений x и u в прошлом, причем моменты «считывания» истории ($t - \tau(t)$) меняются динамически.
2. Негладкость траекторий. Если $\tau(t)$ имеет точки разрыва или излома, то $x(t)$ может терять дифференцируемость, что нарушает стандартные предположения классической теории ОУ.
3. Зависимость от предыстории. Фазовое пространство системы становится бесконечномерным, так как состояние в момент t определяется функцией $x(t)$ на отрезке $[t - \tau(t), t]$.

Применение методов решения задач ОУ, основанных на применении принципа максимума Понтрягина или динамического программирования, к моделям с переменным запаздыванием сталкивается с рядом трудностей:

- Нарушение условия марковости. В классической постановке оптимальное управление зависит только от текущего состояния ($u^*(t) = u^*(x(t), t)$). При наличии запаздывания оптимальная стратегия должна учитывать историю системы, что делает управление функционалом, а не функцией.
- Сложность сопряженной системы. В принципе максимума Понтрягина для систем с запаздыванием сопряженные переменные $p(t)$ удовлетворяют уравнениям с опережающим аргументом (например, $\dot{p}(t) = -p(t + \tau(t)) \cdot f'_x$), которые некорректны в прямой постановке. Для переменного $\tau(t)$ структура таких уравнений становится крайне нетривиальной, а их решение требует специальных методов.
- Отсутствие регулярности. Если $\tau(t)$ недифференцируема (например, скачкообразно меняется в моменты кризисов), то траектории системы могут терять гладкость, делая неприменимыми стандартные теоремы существования и единственности решений.

Игнорирование переменного характера запаздывания ведет к систематическим ошибкам в управлении. Так, в работе [4] показано, что применение стратегий, оптимизированных для постоянного лага, к системе с переменным $\tau(t)$ может увеличить отклонение от целевого показателя (например, ВВП) на 20–30%. Более того, игнорирование динамики запаздывания порождает ложные рекомендации:

- В модели кредитной политики оптимальная ставка, рассчитанная для $\tau = \text{const}$, приводит к колебаниям спроса, тогда как адаптивная стратегия с учетом $\tau(t)$ стабилизирует экономику.
- В задаче управления запасами стратегия, игнорирующая зависимость $\tau(x(t))$ от уровня складских остатков, вызывает «эффект bullwhip» - усиление колебаний заказов вверх по цепочке поставок.

Эти примеры подтверждают, что переменное запаздывание определяет качественное поведение системы. Его адекватный учет требует пересмотра методов анализа полученных задач.

Можно выделить ряд проблем:

- теоретические трудности (невозможность прямого применения вариационных методов из-за потери гладкости функционала; сложность анализа устойчивости оптимальных траекторий в бесконечномерном фазовом пространстве);

- методологические ограничения (проблемы с дискретизацией; отсутствие критериев оптимальности для неавтономных систем с переменным лагом);
- прикладные проблемы (высокая вычислительная сложность численных алгоритмов; трудности верификации моделей из-за недостатка данных о динамике запаздывания в реальных экономических процессах).

Таким образом, проблема оптимального управления с переменным точечным запаздыванием представляет собой комплексную задачу, объединяющую методы теории функционально-дифференциальных уравнений, вариационного исчисления и вычислительной математики. Её решение необходимо для создания адекватных моделей экономической динамики, где временные лаги носят нестационарный характер, а стандартные методы ОУ оказываются недостаточными.

Моделирование систем банковской сферы на основе задач ОУ с запаздыванием

Подходы, применяемые при моделировании управляемых процессов в банковской сфере, достаточно разнообразны. Это объясняется высоким уровнем ответственности при принятии решений: моделирование позволяет выработать объективное, обоснованное управленческое решение. Также, процессы в банковской сфере обеспечены высоким уровнем цифрового сопровождения. Последнее дает возможность накапливать и перманентно актуализировать статистические данные, относящиеся к этим процессам. Большой объем статистических данных в банковской сфере приводит к тому, что создается большое количество моделей, построенных на основе аппарата регрессионно-корреляционного анализа. Вероятностные модели, в том числе учитывающие запаздывание, стали одними из основных при моделировании данных процессов [5].

Рассмотрим примеры математических моделей управляемых систем в банковской сфере, построенных на основе задач оптимального управления с запаздыванием. Так, в работах [6,7] предлагается развитие модели SIR на проблемы управления клиентской базой [6] банков и управления банковским сектором в целом центральным регулятором [7].

Рассмотрим модель [6], в которой клиенты банка разбиваются на три непересекающихся группы: клиенты, использующие мобильный банкинг (M); клиенты, отказавшиеся от мобильного банкинга, (N); неопределившиеся клиенты (U). Клиентская база ограничена, управление u состоит в воздействии на неопределившихся с целью увеличения пользователей мобильным банкингом.

Динамика системы описывается уравнениями:

$$\dot{M} = \alpha M(t) \left(1 - \frac{M(t)}{k}\right) - bM(t)f(N(t - \tau)) + (1 - \epsilon)u(t)U(t),$$

$$\begin{aligned} N &= bM(t)f(N(t-\tau)) + \epsilon u(t)U(t) - (c+d)N(t), \\ U &= cN(t) - (d+u(t))U(t). \end{aligned}$$

Начальные условия в модели: $M(t) > 0, N(t) > 0, U(t) > 0$ при $-\tau \leq t \leq 0$. Управление u : $0 \leq u(t) \leq B$ при $0 \leq t \leq T$. Параметры модели: $\alpha, b, \epsilon, c, d$.

Функционал аддитивно определяет количество неопределившихся и затраты на уменьшение неопределившихся:

$$J(u) = \int_0^T (U(t) + \delta u^2(t)) dt.$$

Данная модель содержит постоянный лаг τ , который можно сделать переменной величиной $\tau = \tau(t)$.

Следующим примером модели ОУ с запаздыванием является модель управления банковской системой [7]. Все банки системы разбиваются на три непересекающиеся группы: устойчивые банки (f_1), проблемные банки (f_2), банки-банкроты (f_3). Общее количество банков $N(t) = f_1(t) + f_2(t) + f_3(t)$. Управление $u(t)$ представляет долю банков, которые защищены от потери ликвидности.

Уравнения динамики:

$$\begin{aligned} \dot{f}_1 &= \Lambda - \alpha_1 f_1(t)f_2(t) + \alpha_2 f_2(t) + f_1(t-\tau)u(t-\tau) - df_1(t), \\ \dot{f}_2 &= \alpha_1 f_1(t)f_2(t) - \alpha_2 f_2(t) - \alpha_3 f_2(t) - df_2(t), \\ \dot{f}_3 &= \alpha_3 f_2(t) - f_1(t-\tau)u(t-\tau) - df_3(t). \end{aligned}$$

Начальные условия: $f_k(t) = \varphi_k(t)$, при $k = 1, 2, 3, t \in [-h; 0]$. Функции $\varphi_k(t)$ заданы, $\varphi_k(t) \geq 0$ при $k = 1, 2, 3, t \in [-h; 0]$.

Управление u : $0 \leq u(t) \leq b < 1$ при $0 \leq t \leq T$. Параметры модели: $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, b, d$.

Функционал состоит в минимизации суммы:

$$J(u) = \int_0^T (-K_1 f_1(t) - K_2 f_2(t) + K_3 f_3(t) + K_4 u^2(t)) dt.$$

Данный функционал состоит в максимизации устойчивых банков, минимизации проблемных и банков-банкротов.

В предлагаемой модели постоянное точечное запаздывание присутствует как в фазовых переменных, так и в управлении. Для построения более адекватной модели лаг запаздывания может быть рассмотрен как переменная величина.

Заключение

Проведённое исследование подтвердило значимость учёта переменного точечного запаздывания при построении моделей оптимального управления в экономике, включая банковскую сферу. Анализ показал, что временные лаги в реальных процессах носят нестационарный

характер и зависят от множества факторов. Выявленные в работе трудности применения классических методов теории оптимального управления к системам с переменным запаздыванием обуславливают необходимость разработки специализированных подходов для решения таких задач.

Рассмотренные в статье модели демонстрируют практическую применимость теоретических подходов к реальным банковским задачам. Математическая формализация этих моделей, включающая динамические уравнения с переменным запаздыванием и целевые функционалы, создаёт основу для дальнейшей разработки численных методов их решения.

Список использованной литературы:

1. Лутошкин И.В. Динамические модели экономических систем и методы их анализа: монография. Ульяновск: УлГУ, 2024. – 188 с.
2. Понтрягин, Л.С. Математическая теория оптимальных процессов / Л.С.Понтрягин, В.Г.Болтянский, Р.В.Гамкрелидзе, Е.Ф.Мищенко. – М.: Наука, 1969. – 391 с.
3. Беллман, Р. Дифференциально-разностные уравнения / Р.Беллман, К.Кук – М.: Мир, 1967. – 548 с.
4. Лукьянова, Л.Н. Методы исследования устойчивости систем с запаздыванием / Л.Н. Лукьянова, В.Н. Шашихин // Автоматика и телемеханика. – 2002. – № 6. – С. 3–20.
5. Carmona, R., Fouque, JP., Mousavi, S.M. et al. Systemic Risk and Stochastic Games with Delay. J Optim Theory Appl 179, 366–399 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10957-018-1267-8>
6. Donath, L.E.; Mircea, G.; Neamtu, M.; Noja, G.G.; Sîrghi, N. The Effect of Network Delay and Contagion on Mobile Banking Users: A Dynamical Analysis. Mathematics 2024, 12, 3493 <https://doi.org/10.3390/math12223493>
7. Mourad, H.; Fahim, S.; Lahby, M. Modeling and Optimal Control of Liquidity Risk Contagion in the Banking System with Delayed Status and Control Variables. AppliedMath 2025, 5, 107. <https://doi.org/10.3390/appliedmath5030107>

ОТ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ К ЦИФРОВОМУ ДВОЙНИКУ: ЭВОЛЮЦИЯ КОНЦЕПЦИЙ

Малкина М.Ю., Капитанова О.В., Семенов А.В., Рогачев Д.Ю.
Нижний Новгород, ННГУ

Аннотация: В статье рассматривается эволюция представлений о моделировании сложных систем — от классических математических и имитационных моделей до современных цифровых двойников. Особое внимание уделяется различиям между цифровой моделью, цифровой тенью и цифровым двойником. Также в работе описаны виды цифровых двойников и проблемы, возникающим при внедрении данной технологии в инженерную и управленческую практику.

Ключевые слова: математическая модель, цифровой двойник, цифровая тень.

В рамках цифровой трансформации промышленности и общества в целом много говорят и пишут о цифровых двойниках в самых разных сферах науки и техники. Причем иногда возникает ощущение, что трактовки этого термина от работы к работе слегка расходятся. Поэтому представляется весьма своевременным разобраться, чем цифровой двойник отличается от компьютерного представления обычной математической модели.

В основе любой модели лежит некоторая система. Интуитивно понятно, что системой можно считать практически любой объект или набор объектов, чьи свойства мы собираемся изучать. Однако, следует уточнить, что эти объекты должны представлять единое целое, быть взаимосвязаны и стремиться к достижению общей цели. Так, например, люди, случайно оказавшиеся в одном автобусе по дороге на работу, системой не являются, хоть и движутся к общей цели.

Для человеческой деятельности и познавательного процесса обычной практикой является поиск ответов на вопросы относительно различных свойств системы. На некоторые из этих вопросов можно ответить с помощью эксперимента. С исторической точки зрения проведение экспериментов являлось основным способом изучения и анализа свойств систем. Однако проведение эксперимента не всегда возможно в силу ряда ограничений. Наиболее распространенными причинами невозможности проведения эксперимента являются его дороговизна, опасность или тот факт, что изучаемая система (еще) не существует. В этом случае исследовать свойства системы помогает ее модель.

Модель – это упрощенный аналог реального объекта или явления, представляющий законы поведения входящих в объект частей и их связи [7]. Т.е. это своеобразный инструмент, который используется, чтобы ответить на вопрос о свойствах системы без проведения эксперимента. Различные модели используются людьми практически ежедневно. Например, мы говорим, что человек «отзывчивый», и подразумеваем определенную модель поведения. Эта модель помогает ответить на вопрос о том, что будет, если попросить его о помощи. Также у каждого существует некоторое представление – модель – технических систем, которое основывается на интуиции и предыдущем опыте. Такие модели называют ментальными моделями. Например, ментальной моделью являются навыки езды на велосипеде или возможные реакции производственного процесса на внешние или внутренние сдвиги и потрясения. Ментальные модели во многом обусловлены стереотипами и шаблонами мышления, которые представляют огромный интерес для исследований в поведенческой экономике.

Когда ментальные модели или поведение системы описывается словесно модель переходит в разряд вербальных. Например, при росте

ставки процента уровень безработицы вырастет. Примером формализованной вербальной модели может служить экспертная система. Но не все ментальные модели легко трансформируются в вербальные (например, тот же самый процесс езды на велосипеде).

В дополнение к вербальным и ментальным существует вид моделей, которые имитируют системы – физические модели. Примером могут быть, опытные образцы паровых двигателей или судов, которые используются для тестирования свойств систем. Слово «модель» первоначально использовалось именно в этом смысле и произошло от латинского слова шаблон, образец. Проводить эксперименты с физическими моделями также иногда бывает затратно или невозможно в силу различных ограничений.

Поэтому ученые пытались понять логику протекающих процессов и представить взаимосвязи между количествами (расстояниями, массами, суммами и т.д.), которые наблюдаются в системе, с помощью математических выражений. Такие модели называются математическими. Большинство законов природы можно описать с помощью математических моделей. Но законы природы могут быть весьма идеалистичными и не соответствующими реальности. В действительности все может быть гораздо сложнее. Чем сложнее модель, тем лучше она представляет реальность, но тем сложнее ее изучать.

Естественно, над математическими моделями ставить эксперименты куда проще, чем над реальными системами и их физическими моделями. Для этого надо аналитически решить уравнения, из которых состоит математическая модель. Это позволит определить (рассчитать), как система будет реагировать на изменения или какими свойствами она обладает. Однако, в силу значительной сложности современных математических моделей, этот способ не всегда доступен. Поэтому проводится численный эксперимент с помощью компьютерной реализации математических моделей. Такой способ называется имитацией (симуляцией, simulation). В русском языке этот термин появился после выхода книги Т. Нейлора «Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем» [3]. В ней имитация определяется как численный метод проведения на цифровых вычислительных машинах экспериментов с математическими моделями, описывающими поведение сложных систем в течение продолжительного времени. Такие компьютерные модели позволяют найти решения и провести вычислительные эксперименты в тех случаях, когда аналитические расчеты невозможны в силу их значительной сложности. Отметим, что в силу развития технических возможностей развивается и программное обеспечение для построения компьютерных моделей, появляются различные подходы к моделированию, которые имеют свои особенности и теоретические концепции (системная динамика, агентное моделирование и др.). Тем не менее, точность и эффективность построения моделей и их прогнозов зависит не только от возможностей программного

обеспечения и мощностей процессоров, но и от самих моделей, их логики и тех данных, которые используются при расчетах.

В [1] отмечается, что система имитационного моделирования, обеспечивающая создание моделей для решения прикладных задач, должна иметь возможность постоянного уточнения при получении выходных данных (основных финансовых показателей, временных и пространственных характеристик, параметров рисков и т.д.) и проведении экстремального эксперимента. То есть в тех случаях, когда результаты расчетов плохо согласуются с реальностью, исследователи должны иметь возможность калибровки модели, чтобы восполнить существующие пробелы и устранить недостатки.

Для инженерной практики важным этапом развития являлось появление и совершенствование систем автоматизированного проектирования (САПР), которые не только визуализируют результаты расчетов, но и позволяют проводить вычислительные эксперименты для анализа различных внешних воздействий («что-если»). В сочетании с появлением точных, прочных, подключенных к сети и недорогих камер и датчиков, которые можно использовать для постоянного мониторинга ситуации, это послужило стартовой точкой для создания прообраза цифровых двойников [4].

Также важной ступенькой в эволюционном процессе можно считать появление динамических симуляторов – моделей, которые имитируют поведение объекта во времени [2]. В промышленности такие симуляторы используются для обучения операторов и отработки нештатных ситуаций. Однако они по-прежнему не связаны с реальным объектом в режиме реального времени.

Первое упоминание идеи цифрового двойника связывают с работой М.Гривза 2002 года по жизненному циклу продукта. Он предложил создавать своеобразного двойника продукта в виртуальном мире, который обменивается информацией с реальным объектом. Сам термин появился позднее, в 2010-х годах. Его возникновение и популяризация связана с исследовательскими работами в NASA. Сейчас, цифровой двойник трактуется, как динамическая виртуальная модель физического объекта, процесса или системы, которая постоянно обновляется за счёт данных с сенсоров и других источников информации [5]. Ключевое отличие этой концепции от традиционного компьютерного моделирования заключается в наличии двусторонней связи между физическим оригиналом и его цифровой копией: модель не просто отражает состояние объекта, но позволяет прогнозировать его поведение, тестировать гипотезы и воздействовать на реальные процессы (рис. 1).



Рис. 1. Концепция цифрового двойника [5]

Самым важным отличием цифрового двойника от ранее существовавших форм компьютерной реализации модели является непрерывная двусторонняя связь между физическим объектом и его цифровой реализацией. Если в традиционном моделировании данные передаются от реальной системы к компьютерной модели только при участии исследователя, а обратный поток (то есть управленческие решения) – есть результат вмешательства лица принимающего решения, то в цифровом двойнике реализуется замкнутый цикл: сенсоры передают данные с физического объекта в модель, модель обрабатывает их и возвращает прогнозы или управляющие воздействия в систему без непосредственного участия человека (но, возможно, при его контроле).

Таким образом, традиционная компьютерная или имитационная, а в работе [5] можно встретить термин цифровая, модель может быть схематично представлена в виде:

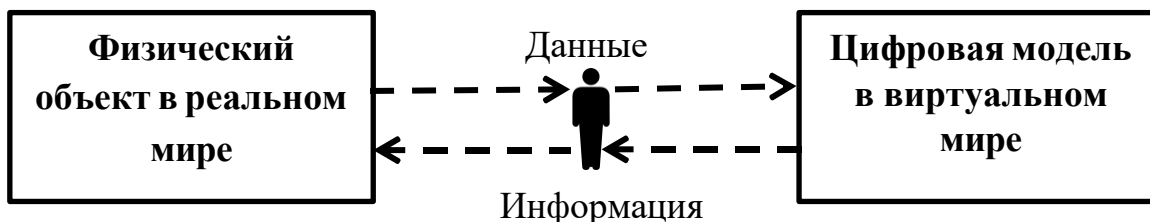


Рис. 2. Цифровая модель

Построено автором по материалам [5]

Также цифровой двойник отличается интегративностью, то есть он может объединять модели различной физической природы (мультифизичность) и временных или пространственных масштабов.

М. Гривзом [5] была предложена классификация типов цифровых двойников, отражающая различные стадии развития продукта:

- цифровой двойник – прототип (создается, когда продукта в реальном мире еще не существует, то есть на этапе проектирования),
- цифровой двойник – образец (отражает характеристики конкретного произведённого экземпляра),
- агрегированный цифровой двойник (объединяет данные по множеству экземпляров, позволяет прогнозировать будущее

поведение, выявлять серийные недостатки и улучшать будущие версии продукта).

Между цифровой моделью и цифровым двойником можно выделить переходный этап – цифровая тень (рис. 3), когда датчики на физическом объекте передают информацию в компьютер автоматически, а вот решения по результатам моделирования принимаются с участием человека. Нужно отметить, что эта промежуточная ступень в современных условиях достаточно часто также называется цифровым двойником и встраивается в продуктовые цепочки. Объяснить это можно, в первую очередь, человеческим страхом перед ошибками, особенно в случае дорогостоящих или опасных моделируемых объектах, когда объективно невозможно учесть все экстремальные варианты развития событий и возможные решения, которые могут быть приняты искусственным интеллектом без вмешательства естественного.

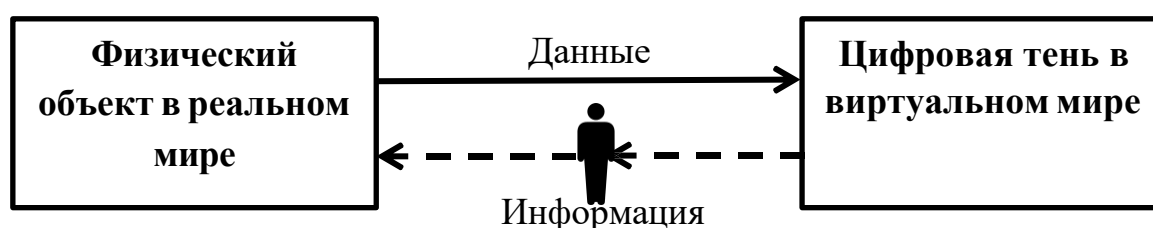


Рис. 2. Цифровая тень

Построено автором по материалам [5]

Процесс эволюции от математической модели к цифровому двойнику нельзя назвать простым и однозначным. Исследователи и практики сталкиваются с рядом проблем, многие из которых носят фундаментальный характер [6]. Во-первых, это проблема «правильности», когда сложно найти баланс между излишней простотой заложенной внутри двойника математической модели и излишней сложностью, когда в погоне за максимальным сходством с физическим объектом включается ненужная информация, что приводит к повышению сложности моделей и вычислительных процессов. Во-вторых, как раз, непосредственно вычислительная сложность. Для высокоточных цифровых двойников требуется моделирование мультифизических процессов в реальном времени, что ставит серьёзные задачи перед существующими вычислительными методами. Например, особую сложность представляет автоматическое обновление моделей при изменении геометрии или физических параметров объекта. Также в рамках моделирования приходится решать обратные задачи, которые часто являются некорректными и требуют специальных методов регуляризации. Кроме того, необходимо количественно оценивать неопределённости на всех этапах – от моделирования до принятия решений. В-третьих, проблема

кибербезопасности, когда любой датчик потенциально является точкой угрозы нарушения целостности системы.

Таким образом, эволюция от математической модели к цифровому двойнику показала не просто усложнение инструментария и технической реализации, а переход к новому представлению системы управления, когда цифровой двойник становится ее активным элементом, способным адаптироваться к изменениям и поддерживать принятие решений в условиях неопределённости. Конечно, в современных условиях существует большое количество проблем, связанных с развитием и внедрением представленной методологии. Поэтому на настоящем этапе развития цифровых двойников важной задачей становится создание библиотеки лучших практик, которая бы наглядно демонстрировала бы преимущества и возможные недостатки внедрения этой технологии в производственные цепочки.

Список использованной литературы:

1. Емельянов А.А., Власова Е.А., Дума Р.В. Имитационное моделирование экономических процессов. М.: Финансы и статистика, 2009. – 416 с.
2. Каипова А. Концепция «цифрового двойника» технологической установки: от математической модели к комплексному операторскому тренажеру // Актуальные исследования. 2022. № 11 (90). С. 20-27. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17567295>
3. Нейлор, Т. и др. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. Пер. с англ. – М.: Издательство «Мир», 1975. – 500 с.
4. Antil H., Löchner R. High-fidelity Digital Twins [Электронный ресурс]. URL: <https://www.siam.org/publications/siam-news/articles/high-fidelity-digital-twins/#maincontent> (дата обращения: 10.04.2026).
5. Grieves, Michael. Digital Twins: Past, Present, and Future. In book: The Digital Twin. Springer, 2023. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-21343-4>.
6. Kantaros A., Ganetsos T., Pallis E., Papoutsidakis M. From Mathematical Modeling and Simulation to Digital Twins: Bridging Theory and Digital Realities in Industry and Emerging Technologies // Applied Sciences. 2025. № 15. 9213. <https://doi.org/10.3390/app15169213>.
7. Neelamkavil, F. Computer simulation and modelling. JohnWiley & Sons Ltd. UK. 1987. – 324 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ ОТРАСЛЕЙ СФЕРЫ УСЛУГ (НА ПРИМЕРЕ ТОРГОВЛИ)

Муранова Т.Д.
Нижний Новгород, ННГУ

Аннотация: В статье рассматриваются современные особенности инновационного развития отечественной экономики в условиях цифровизации и технологического лидерства. На их основе с учетом

систематизации научных публикаций автором выделены основные направления инновационного развития сферы услуг на примере торговли.

Ключевые слова: торговля, искусственный интеллект, инновационное развитие.

На современном этапе развития отечественной инновационной экономики [8] в условиях цифровизации [10] и технологического развития актуальным инструментом адаптации под данные векторы становится применение искусственного интеллекта (далее – ИИ). С учетом активного инновационного развития всей сферы услуг и, в частности, торговли, как основного источника поступлений в федеральный бюджет нашей страны [15], роль ИИ и его применение возрастает.

Технологическое развитие нашей страны предопределяет применение высокотехнологического инструментария, связанного со сквозными решениями и программами на основе профильных концепций и национальных программ развития РФ. Государственная поддержка, представленная данными концепциями и программами, формирует условия для инновационного развития за счет применения ИИ. Для торговли данный вектор позволяет активно внедрять цифровой инструментарий с учетом концепции ценностно-ориентированного развития услуг [2] и необходимости повышения уровня конкурентоспособности торговых предприятий.

Развитие онлайн и оффлайн торговли в условиях цифровизации экономики изучается многими научными исследователями [6, 11, 12, 16]. Они отмечают своевременность внедрения инструментов ИИ с учетом их влияния на трансформацию бизнес-процессов сферы услуг. Технологии, применяемые в торговле, позволяют упростить и ускорить функционал предприятий [14]. С помощью компьютерного зрения предприятия идентифицируют клиентов, осуществляют распознавание товаров, автоматизируют мониторинг выкладки и проводят видеоаналитику качества обслуживания и предоставляемых услуг. Обработывая естественные информационные языки автоматизируется омниканальность взаимодействия с клиентами, применяются голосовые помощники и колл-центры. Распознавание и синтез речи выстраивает маршруты и схемы обработки запросов и заказов от клиентов, производят голосовую биометрию. На основе интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений оптимизируется процесс ценообразования, прогнозируется спрос на товары и услуги, фиксируются зоны высокого спроса по доставке.

На основе систематизации отечественных научных публикаций [2, 7, 9, 13, 14, 15] для эффективного инновационного развития торговли выделим основные направления применения ИИ в торговле:

1) Формирование товарных запасов. С применением инструментов и программных решений ИИ проводится анализ поведения потребителей, выстраивается прогноз по изменению спроса на те или иные товары с учетом проанализированного поведения потребителей и на этой основе определяются оптимальные объемы товарных запасов, которые позволяют избежать недостатка или излишков на складе или торговых полках, а также увеличить объемы продаж. Для реализации данного направления применяются системы WMS.

2) Логистическая деятельность. Применение ИИ определяет инновационные векторы в автоматизации логистических процессов, связанных с выстраиванием оптимальных маршрутов, мониторингом транспорта и его эффективным управлением. Все это способствует снижению издержек и экономии материальных и нематериальных ресурсов. Современные программные решения в логистике, выстроенные на основе ИИ, разрабатывают и оптимизируют цепочку поставок. Для улучшения доставки применяют беспилотные системы, которые активно распространяются в доставке с маркетплейсов пока в тестовом режиме, но результаты их применения отражают инновационное развитие онлайн-торговли на основе инструментов ИИ.

3) Анализ конкурентной среды. Для решения управленческих задач и выбора маркетинговой стратегии предприятия сферы услуг используют результаты обработки данных с применением ИИ. Получают данные на основе анализа ассортимента конкурентов, выявления их преимуществ и недостатков, политики ценообразования, что в совокупности позволяет предприятию скорректировать свои действия под выявленную рыночную ситуацию. В процессе реализации данного направления инновационного развития торговли часто применяются чат-боты как помощники для получения, обработки и анализа первичной информации на основе диалога и последующих поступающих вопросов и ответов. Чат-боты обладают такими преимуществами как индивидуальный подход к клиенту для решения узкопрофильной проблемы, анонимность содержания заявки клиента и выстраивание продуктивного процесса общения. К недостатку чат-ботов можно отнести периодически возникающее длительное ожидание специалиста в случае перегрузки ресурса или специалистов. Но для ликвидации данного недостатка – заполняется форма для обратной связи и это позволяет в конечном итоге получить необходимую информацию в более удобном формате. Поэтому чат-боты на сегодняшний день повсеместно применяются в работе маркетплейсов в виде специализированных помощников для анализа конкурентов и рынка, для отслеживания заказов, продвижения продукции, рекламы и получения отчетов по заданным параметрам.

4) Персонализация покупателей. Для развития клиентоориентированности и клиентоцентричности, а также для

повышения уровня удовлетворенности покупателей в инновационном развитии торговли применяется такой инструмент ИИ как персонализация, позволяющая подобрать под предпочтения покупателя соответствующее предложение товара или услуги. В условиях ритма жизни, экономии времени и перегруженности покупатели все чаще откликаются на подобранные предложения с учетом истории предыдущих покупок и отсутствия альтернативных решений.

В совокупности, выявленные автором направления применения ИИ в инновационном развитии торговли, определили грани внедрения соответствующего инструментария в различные сегменты торговли. Особенно активно в этих условиях применяются облачные данные, хранилища, чат-боты и мобильные приложения в Интернет-торговле и интернет-магазинах [13]. С помощью чат-ботов обрабатываются заказы клиентов по определенной последовательности:

- клиент через чат-бот отправляет заказ с указанием необходимых объемов;
- бот сохраняет заявку в базе данных;
- бот отправляет клиенту сообщение о том, что заявка принята;
- сотрудник через чат-бот получает заявку и обрабатывает ее;
- бот сохраняет в базу данных информацию о том, что заявка обработана, и отправляет информацию клиенту.

Кроме этого, чат-боты позволяют автоматизировать информационные рассылки. Для этого сотрудник через чат-бот вводит текст и запускает рассылку, бот берет из базы данных контакты клиентов и отправляет сообщение с текстом рассылки всем клиентам. На рисунке 1 изображена диаграмма последовательности процесса рассылок с применением чат-бота. На стартовой странице чат-бота будет представлен ассортимент товаров или услуг предприятия. После выбора конкретного варианта будет представлена более подробная характеристика выбранного товара или услуги. Аналитика по чат-боту позволяет составить отчет о посещении клиентов (пользователей) сайта Интернет-магазина или маркетплейса и получить следующую информацию: суточное количество новых пользователей, суточное количество уникальных пользователей и количество отправленных сообщений. Эта информация дает возможность понять, насколько часто каждый пользователь взаимодействует с чат-ботом и какое количество сообщений отправляется.



Рис. 1. Диаграмма последовательности процесса рассылок с применением чат-бота

Для применения всего разнообразия инструментария ИИ Интернет-торговля концентрируется в крупных городах-миллионерах и мегаполисах с учетом возможностей доставки и самовывоза с применением маркетплейсов. Это приводит к увеличению количества и качества требований от покупателей к продавцам по скорости доставки, обслуживания, актуализации программ лояльности и наличия актуальных акций. К положительным аспектам применения ИИ в Интернет-торговле стоит отнести обработку массива данных с акцентом на индивидуальном подходе к запросам покупателей, применение и изучение социальных сетей как источников отзывов, разнообразие применения виртуальных помощников и чат-ботов, усиление информационной безопасности, борьба с недобросовестными продавцами. К отрицательным сторонам применения ИИ относятся риски потери персональных данных, увеличение числа безработных, влияние на потребности покупателей и их психоэмоциональное состояние. Не смотря на явные преимущества и недостатки, инструменты ИИ продолжают активно применяться и в других сферах по моделированию оптимального использования ресурсов [3], для оценки развития регионов [5] и определения факторов экономического роста РФ [4].

Таким образом, применение искусственного интеллекта в инновационном развитии всей сферы услуг и, в частности торговли, позволит оптимизировать применение трудовых ресурсов, повысить эффективность коммерческой деятельности торгового предприятия и усилить его конкурентные преимущества. В рамках проведенного автором исследования, выявлены основные направления применения ИИ в торговле как инновационного элемента ее развития, позволяющие закрепиться на

отечественном рынке онлайн и офлайн ритейла. В перспективе данного развития необходимо учитывать также и мировые практики успешного применения ИИ для их адаптации под условия развития отечественной цифровой и технологической экономики [1], а также движущих сил трансформации и стратегической стабильности торговли [9].

Список использованной литературы:

1. Балакин В. П. Технологический суверенитет и поддержка отечественных предприятий / В. П. Балакин, Ю. О. Плехова // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2025. – № 1(77). – С. 15-22. – DOI 10.52452/18115942_2025_1_15. – EDN ITQKTT.
2. Валеева Ю. С. Концепция ценностно-ориентированного развития услуг розничных торговых сетей / Ю. С. Валеева, О. В. Чкалова // Экономика и менеджмент систем управления. – 2019. – № 3(33). – С. 9-15. – EDN PACFWV.
3. Кузнецов Ю. А. Математическое моделирование оптимального использования невозобновимых природных ресурсов / Ю. А. Кузнецов, А. В. Семенов, М. Н. Власова // Экономический анализ: теория и практика. – 2012. – № 32(287). – С. 45-57. – EDN RBXUB.
4. Кузнецов Ю. А. Формализация задачи выявления и анализа основных факторов, определяющих экономический рост в РФ / Ю. А. Кузнецов, О. В. Мичасова // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2015. – № 3(39). – С. 9-19. – EDN UYZVOF.
5. Макарова С. Д. Экономико-математическая оценка научно-инновационного развития регионов в целях повышения их инвестиционной привлекательности / С. Д. Макарова, М. В. Маркина, И. А. Макаров // Финансы и кредит. – 2023. – Т. 29, № 3(831). – С. 677-699. – DOI 10.24891/fc.29.3.677. – EDN TSBKQQ.
6. Миронович Е. В. Обоснование необходимости внедрения кроссплатформенных генеративных цифровых инновационных технологий в кооперации / Е. В. Миронович, И. Р. Ляпина // Научное обозрение: теория и практика. – 2024. – Т. 14, № 5(105). – С. 858-865. – DOI 10.35679/2226-0226-2024-14-5-858-865. – EDN IBLAYU.
7. Панасенко Н. А. Развитие Интернет-торговли на основе искусственного интеллекта / Н. А. Панасенко // Актуальные проблемы и перспективы развития потребительского рынка: Материалы XI Всероссийской с международным участием научно-практической конференции студентов и учащихся, Пермь, 05–14 декабря 2022 года. Том 1. – Пермь: Пермский институт (филиал) РЭУ им. Г. В. Плеханова, 2022. – С. 403-410. – EDN DDTMFC.
8. Перцева Л. Н. Эко-инновации как движущая сила бизнеса в условиях эколого-ориентированной инновационной экономики / Л. Н. Перцева, Н. А. Софьин // Обеспечение экономической безопасности пространственного и социально-экономического развития при формировании эколого-ориентированной инновационной экономики: материалы XXVI Международной научно-практической конференции, Улан-Удэ, 21–23 сентября 2022 года / ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления». – Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2022. – С. 157-159. – EDN EHOSVV.
9. Попенкова Д. К. Трансформация розничной торговли в условиях цифровизации / Д. К. Попенкова, И. Б. Стукалова // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2022. – № 2-1. – С. 89-99. – DOI 10.17513/vaael.2063. – EDN AGXTAI.

10. Проблемы функционирования предприятий в цифровой экономике / О. В. Трофимов, Л. В. Стрелкова, И. Е. Мизиковский [и др.]. – М.: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство «Юнити-Дана», 2019. – 226 с. – ISBN 978-5-238-03235-1. – EDN CFBUZH.
11. Тенденции развития бизнес-моделей организаций рынка электронной коммерции / Е. З. Климова, И. А. Павлова, А. В. Новиков, Е. А. Дубик // Естественно-гуманитарные исследования. – 2022. – № 40(2). – С. 129-134. – EDN ROBSAY.
12. Цветкова И. Ю. Особенности поведения потребителей в условиях цифровизации экономики / И. Ю. Цветкова, М. А. Цветков, Т. Д. Муранова // Вестник СамГУПС. – 2022. – № 3(57). – С. 21-27. – EDN FRASMX.
13. Чкалова О.В. Управление ценностью торговых услуг интернет-магазинов / О.В. Чкалова, И.В. Большакова, Н.Г. Копасовская, Л.Ю. Кундина // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2022. – № 4 (68). – С. 48-56. – DOI 10.52452/18115942_2022_4_48. – EDN UZHASO.
14. Шнорр Ж. П. Технологии искусственного интеллекта как доминанта цифровизации экономики розничной торговли / Ж. П. Шнорр // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2023. – № 6(103). – С. 47-62. – DOI 10.21295/2223-5639-2023-6-47-62. – EDN OCMQDI.
15. Щербакова С. А. Влияние искусственного интеллекта на развитие розничной торговли в Российской Федерации / С. А. Щербакова, Е. А. Швец // Экономика и управление: теория и практика. – 2024. – Т. 10, № 1. – С. 102-114. – EDN AVOLGW.
16. Шукин Д. А. Инновационные бизнес-модели FMCG компаний в экосистеме цифровой торговли / Д. А. Шукин // Russian Economic Bulletin. – 2025. – Т. 8, № 6. – С. 425-433. – EDN ANWEXV.

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В ИССЛЕДОВАНИИ ДИНАМИКИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕСПУБЛИКИ ПЕРУ

Перова В.И., Тапиа Харамилльо Н.С.
Нижний Новгород, ННГУ

Аннотация: Проведен анализ динамики социально-экономического потенциала департаментов Республики Перу в целях ее поступательного развития. Исследование выполнено на основе официальных статистических данных Республики Перу за период за 2022–2025 гг. Применен свободный от модельных ограничений продуктивный метод исследования гетерогенных статистических данных – нейросетевой кластерный анализ на платформе программной системы Deductor. С помощью этого метода оценена динамика развития и дифференциация департаментов Республики Перу по комплексу рассматриваемых индикаторов. Результатом нейросетевого моделирования стало разграничение 24 департаментов на 4 кластера. Показано, что некоторые департаменты в указанном периоде входили в состав одного и того же соответственного кластера. Приведена динамика средних значений исследуемых показателей по кластерам в 2022–2025 гг. Исследование констатирует диспропорцию социально-

экономического развития департаментов Республики Перу, что требует адресных стратегий развития их экономик, нацеленных на стимулирование инвестиций и инноваций. Такой подход определит устойчивый социально-экономический рост в департаментах и Республике Перу в целом.

Ключевые слова: департаменты Республики Перу, социально-экономическое развитие, население, динамика, нейронные сети, Deductor.

Республика Перу – государство в Южной Америке, третье по площади после Бразилии и Аргентины. Столица и крупнейший город – Лима. Республика Перу граничит с пятью государствами: Эквадором, Колумбией, Бразилией, Боливией и Чили. На западе Республика Перу обтекается Тихим океаном. Основным языком является испанский язык. В местах, где преобладает индейское население, официальными могут являться также местные языки, например, кечуа и аймара. Карта Республики Перу приведена на рис. 1.



Рис. 1. Карта Республики Перу

В современном мире в любых странах, в том числе и в Республике Перу, ключевую роль в обеспечении устойчивого социально-экономического развития играет человеческий капитал. Качество человеческого капитала во многом зависит от компетенций, которые приобретаются путем профессионального образования. Это способствует профессиональному росту, а также повышению конкурентоспособности государств. В условиях ускоряющихся технологических изменений для стран, таких как Республика Перу, особенно важно эффективно управлять человеческим капиталом, чтобы сократить социально-экономическое неравенство.

На рис. 2 представлена динамика населения Республики Перу за 2021–2025 гг.



Рис. 2. Количество граждан Республики Перу в динамике за 2021–2025 гг.
Источник: построено по данным [1, 2]

Данные на рис. 2 показывают рост численности населения за последние пять лет. За период 2021–2025 гг. в стране увеличилось и число иностранных граждан (Рис. 3).

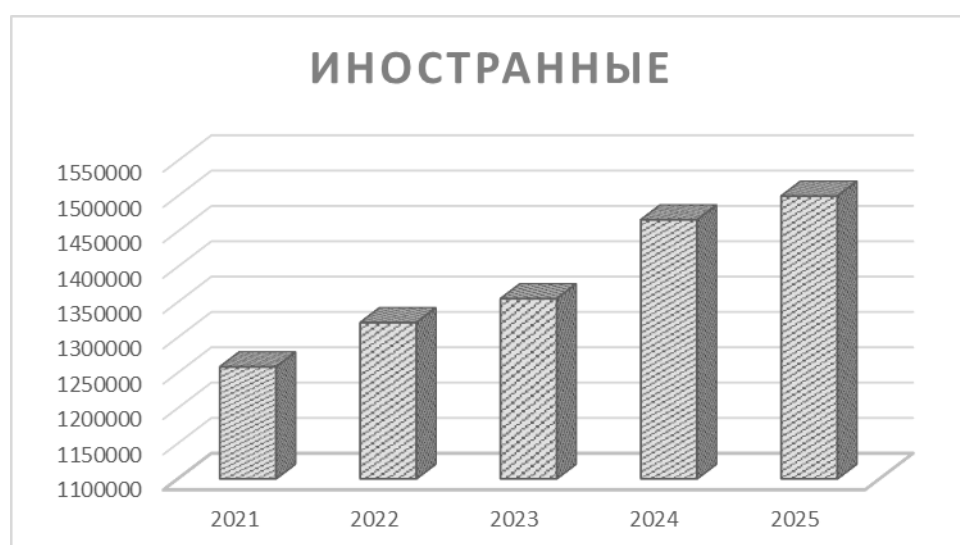


Рис. 3. Число иностранных граждан в Республике Перу в динамике за 2021–2025 гг.
Источник: построено по данным [3]

Региональное развитие в Республике Перу отличается высокой степенью разнообразия, что связано с различиями в уровне урбанизации, экономической активности и доступе к инфраструктуре. Для понимания этих различий и выработки эффективных стратегий управления развитием департаментов (городов) страны используется кластерный анализ. Этот подход позволяет выделить группы департаментов с общими

характеристиками и будет содействовать разработке целевых мер для их развития.

В рамках данного исследования были проанализированы официальные индикаторы социально-экономического развития Республики Перу, включая численность населения, уровень рождаемости, степень приватизации компаний и объём инвестиций в экономику департаментов. Для обработки данных и формирования кластеров использовался метод кластеризации статистических показателей на основе нейросевого моделирования. Этот метод представляет собой значимый инструмент для государственных органов, исследователей и инвесторов, заинтересованных в устойчивом развитии департаментов Республики Перу.

Для анализа были выбраны следующие показатели за 2022–2025 гг. из официальных источников Республики Перу [1 –5]:

X1 – Численность населения в департаментах, человек.

X2 – Рождаемость населения в департаментах, человек.

X3 – Приватизация компаний, единиц.

X4 – Инвестиции в департаменты (в пересчёте на налоговые сборы), солес.

В результате нейросетевого моделирования на платформе российского программного комплекса Deductor [6] были построены самоорганизующиеся нейронные сети [7–9] – карты Кохонена [10, 11], которые распределили департаменты (города) по четырем кластерам (табл. 1).

Таблица 1

Количество департаментов в кластерах за 2022–2025 гг.

Год	Кластер № 1	Кластер № 2	Кластер № 3	Кластер № 4
2022	5	9	1	9
2023	5	9	1	9
2024	6	10	1	7
2025	7	9	1	7

Источник: авторская разработка

Распределение каждого департамента в конкретный кластер в динамике за 4 года представлено в табл. 2.

Таблица 2

Сводная таблица распределения департаментов по кластерам в 2022–2025 гг.

Департаменты	2022	2023	2024	2025
Амазонас	2	2	2	2
Анкаш	4	4	1	1
Апуримак	2	2	2	2
Арекипа	4	4	1	1

Департаменты	2022	2023	2024	2025
Аякучо	1	1	1	1
Кахамарка	4	4	4	4
Куско	4	4	4	4
Уанкавелика	2	2	2	2
Уануко	1	1	1	1
Ика	1	1	2	1
Хуни	4	4	4	4
Ла-Либертад	4	4	4	4
Ламбаеке	1	1	1	1
Лима	3	3	3	3
Лорето	2	4	4	4
Мадре-Де-Дьос	2	2	2	2
Мокегуа	2	2	2	2
Паско	2	2	2	2
Пьюра	4	4	4	4
Пуно	4	4	4	4
Сан-Мартин	1	1	1	1
Такна	2	2	2	2
Тумбес	2	2	2	2
Укаяли	2	2	2	2

Источник: авторская разработка

Результаты в табл. 2 показывают, что город Лима в исследуемом периоде времени был в одном и том же кластере № 3. В исследуемом четырехлетнем периоде ядра кластеров содержали следующее количество департаментов: ядро кластера № 1 – 4 департамента, ядро кластера № 2 – 9 департаментов, ядро кластера № 3 – 1 департамент, ядро кластера № 4 – 7 департаментов. Три департамента: Анкаш, Ареуипа и Ика не вошли в ядра кластеров.

В табл. 3 приведены средние показатели социально-экономического развития департаментов (городов) Республики Перу и в целом по стране за 2022–2025 гг.

Исходя из данных в табл. 3, Лима выделяется по всем показателям: численности населения, деловой активности и инвестициям. Кластер № 3 имеет максимальные показатели благодаря роли Лимы как столицы и экономического центра Республики Перу.

Результаты, показанные в табл. 2 и табл. 3, свидетельствуют о сильно различающемся уровне социально-экономического развития городов. Города, создавшие кластер № 1, аттестуются факторами, значения которых ниже средних значений по Перу. Самыми низкими значениями индикаторов характеризуются департаменты, вошедшие в кластер № 2.

Департаменты, образовавшие кластер № 4, имеют средние значения показателей, превышающие средние значения по стране, за исключением показателя приватизации компаний. Этот индикатор выше среднего значения по Перу только в кластере № 3, где его резкое возрастание произошло в 2023 г.

Итак, среди 24 департаментов, входящих в состав Республики Перу, лишь 6 департаментов, то есть 25 %, имеют комплекс рассматриваемых показателей на уровне, выше среднего уровня по всей стране. Следовательно, для уменьшения диспропорций в социально-экономическом развитии городов необходимы адресные меры, способствующие устранению диспропорций и повышению уровня социально-экономического развития в масштабе департаментов Республики Перу.

Таблица 3

Средние индикаторы социально-экономического развития департаментов (городов) Республики Перу по кластерам и по стране за 2022–2025 гг.

2022 г.					
Кластер Показатель	Кластер № 1	Кластер № 2	Кластер № 3	Кластер № 4	Среднее по Перу
X1	941844	346773,44	12157654	1489873,667	1391529,083
X2	14046,6	5534,78	141431	21140,44	18822,54
X3	1689,4	628,44	28170	2656,22	2757,46
X4	1456827503	752161535,6	2592953857	2187102213	1513769380
2023 г.					
Кластер Показатель	Кластер № 1	Кластер № 2	Кластер № 3	Кластер № 4	Среднее по Перу
X1	958480	347533,3	12178400	363311,2	1405245,8
X2	12844	4766,4	131662	3365,9	16840,7
X3	73919	2932,3	1596511	41954,1	137867,5
X4	1714787309	897876302,6	3093134584	262828054,6	1827950021
2024 г.					
Кластер Показатель	Кластер № 1	Кластер № 2	Кластер № 3	Кластер № 4	Среднее по Перу
X1	1115916,667	415200	12302800	1666385,714	1450625
X2	13107,5	5418,3	120890	18404	15939,42
X3	95666,5	35467,2	1618310	117379	140359,75
X4	2335828694	1145458476	3783018320	3356237715	2197759968
2025 г.					
Кластер Показатель	Кластер № 1	Кластер № 2	Кластер № 3	Кластер № 4	Среднее по Перу
X1	1109685,714	353600	12411000	1569885,714	1431266,667
X2	12817,14286	4530,777778	118440	18268,14286	15700,58333
X3	95676,28571	30732,33333	1643740	118270,1429	142414,8333
X4	2337678536	1115932289	3878968026	3453196124	2269103385

Источник: авторская разработка

Список использованной литературы:

1. Информация о рождаемости в Республике Перу из национального реестра Министерства внутренних дел за 2025 год. – URL: <https://webapp.minsa.gob.pe/dwcnv/dwterritorio.aspx>
2. Граждане Республики Перу 2025 год. – URL: <https://cpi.pe/banco-de-datos/estadisticas-poblacionales/>
3. Иностранцы граждане в Республике Перу по данным Национального института статистики и информатики на 2022-2025 годы. – URL: <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/7662576-peru-estadisticas-de-la-migracion-internacional-al-2025-una-vision-desde-los-registros-administrativos>
4. Информация о частных компаниях Республики Перу из национального реестра Министерства экономики и финансов на 2023 год. – URL: https://www.mef.gob.pe/es/?option=com_content&language=es-ES&Itemid=101158&lang=es-ES&view=article&id=8371
5. Информация о частных компаниях Республики Перу из национального реестра Министерства экономики и финансов на 2025 год. – URL: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/9578163/7840829-demografia-empresarial-en-el-peru-iv-trimestre-2025.pdf?v=1773154798>
6. Аналитическая платформа Deductor. – URL: <https://basegroup.ru>.
7. Плехова Ю.О., Перова В.И. Инновационный метод анализа управления социально-экономическим развитием регионов России с применением нейросетевого моделирования // Вопросы инновационной экономики.. – 2025. – Т. 15. № 1. – С. 125–144.
8. Перова В.И., Плехова Ю.О. Методы искусственного интеллекта в исследовании экономической деятельности субъектов Российской Федерации в контексте усиления технологического лидерства страны // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2024. – № 3. – С. 42-49.
9. Перова В. И. Нейронные сети в экономических приложениях. Часть 2. Нейронные сети, обучаемые без учителя: Учебное пособие. – Н. Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2012. – 135 с.
10. Kohonen T. The self-organizing map // Proceedings of the IEEE. Sept. – 1990. – V. 78. № 9. – Pp. 1464–1480.
11. Kohonen T., Oja E., Simula O. et al. Engineering applications of the self-organizing map // Proceedings of the IEEE. – Oct. 1996. – V 84. № 10. – Pp. 1358–1384.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИНАНСОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ НЕСТАБИЛЬНОЙ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Петрова Н.В., Кукушина О.С.
Великий Новгород, НОВГУ

Аннотация: В статье рассматривается процесс моделирования финансовых показателей предприятий в условиях нестабильной внешней среды. Проанализированы методы прогнозирования доходов, расходов и денежных потоков при высокой волатильности макроэкономических факторов. Показано, как сценарное моделирование позволяет учитывать

неопределённость, снижать риски и принимать обоснованные управленческие решения. Выявлены основные источники нестабильности и их влияние на финансовые результаты компаний. На основе проведённого анализа сформулированы рекомендации по повышению устойчивости финансовой деятельности и оптимизации стратегического планирования в условиях изменчивого внешнего окружения.

Ключевые слова: экономическая нестабильность, риск-менеджмент, макроэкономические показатели, финансовая устойчивость.

В условиях выраженной экономической нестабильности и перманентных изменений макроэкономической конъюнктуры, финансовые показатели предприятий претерпевают существенные трансформации. Если в период 2016–2020 годов доминирующими факторами неопределённости выступали волатильность цен на нефть и колебания курса доллара в пределах 60–75 рублей, то к 2025 году российская экономика столкнулась с комплексом новых, более острых вызовов. К ним относятся: беспрецедентно высокая ключевая ставка ЦБ РФ (достигшая 21% в сентябре 2024 года), инфляция на уровне приблизительно 6,3% по итогам 2025 года (с прогнозом 6,0–6,5% на декабрь), фиксация курса доллара в диапазоне 85–95 рублей и замедление темпов роста ВВП до 0,9% (согласно консенсус-прогнозу на 2025 год). В сложившейся парадигме классические подходы к финансовому моделированию, базирующиеся на предпосылках стационарности временных рядов и инвариантности корреляционных зависимостей, демонстрируют свою неэффективность. Целью настоящего исследования является разработка и эмпирическая апробация на актуальных данных за 2023–2025 годы инновационного подхода к моделированию финансовых показателей предприятий. Данный подход основан на синергетическом использовании нечётко-множественного анализа, методики расчёта Value-at-Risk (VaR) и инструментов сценарного прогнозирования. Ключевым отличием от предшествующих работ, оперировавших данными 2016–2020 годов, является проведение перекалибровки всех аналитических классификаторов на посткризисный период. Это позволило получить количественные оценки финансовой глубины, доступности, стабильности и эффективности российского финансового рынка по состоянию на 2025–2026 годы, отражающие текущую экономическую реальность.

Финансовое моделирование в условиях нестабильной среды требует формального аппарата, способного учитывать не только вероятностную природу шоков, но и структурные сдвиги. В качестве базового инструментария используется пятиуровневый 01-классификатор Недосекина с трапециевидными функциями принадлежности, описываемыми четвёркой чисел (a_1, a_2, a_3, a_4). Для каждого частного показателя строится функция принадлежности $\mu(x)$ к лингвистическим

термам «очень низкий», «низкий», «средний», «высокий», «очень высокий» по стандартной формуле: $\mu(x)=0$ при $x \leq a_1$, $(x-a_1)/(a_2-a_1)$ при $a_1 < x < a_2$, 1 при $a_2 \leq x \leq a_3$, $(a_4-x)/(a_4-a_3)$ при $a_3 < x < a_4$, 0 при $x \geq a_4$. Для агрегирования показателей с разной значимостью применяется закон Фишберна, согласно которому вес i -го показателя в ранжированном ряду из N элементов рассчитывается как $r_i = 2 \cdot (N - i + 1) / (N \cdot (N + 1))$. Интегральный показатель I вычисляется по формуле $I = \sum_{j=1}^5 [p_j \cdot (\frac{\sum_i r_i \lambda_{ij}}{\sum_i r_i})]$, где p_j

– узловые точки 01-носителя (0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9), λ_{ij} – критерий принадлежности i -го показателя к j -му терму, полученный центроидным методом. Для количественной оценки рисков дополнительно используются показатели Value-at-Risk ($VaR_\alpha = F_Y^{-1}(\alpha)$, $\alpha=0,95$) и Conditional Value-at-Risk ($CVaR_\alpha = E[Y | Y > VaR_\alpha]$), рассчитываемые методом Монте-Карло с 10 000 итераций для каждого сценария.

Исходные данные для калибровки классификаторов взяты из базы Global Financial Development Database (GFDD) Всемирного банка за 2021–2024 годы (последние доступные данные), а также из ежемесячных обзоров Банка России за 2023–2025 годы и статистики Росстата. Для перекалибровки интервалов каждого частного показателя использовались данные по всем 214 странам, но с весовым коэффициентом, увеличивающим вклад постковидных и постсанкционных лет (2022–2024). Это позволило учесть структурный сдвиг, вызванный введением внешних ограничений в 2022 году и переходом к военной экономике. В результате перекалибровки, например, для показателя «доля взрослого населения, имеющего счёт в банке» (индикатор финансовой доступности) границы терма «низкий» сместились с $[0,3; 0,5]$ до $[0,45; 0,65]$ из-за массового перехода на дистанционные каналы: по данным ЦБ РФ, количество банковских счетов физических лиц с дистанционным доступом возросло на 22,2% в 2024 году при расширении физической сети лишь на 1,7%. Для показателя «волатильность курса рубля» (индикатор стабильности) верхняя граница терма «высокий» была повышена, поскольку даже при текущей волатильности, согласно Обзору финансовой стабильности Банка России (II–III кварталы 2025 года), она находится на минимальных уровнях с 2022 года благодаря жёсткой денежно-кредитной политике и валютным ограничениям.

На основе перекалиброванных классификаторов рассчитаны интегральные показатели для России за 2023, 2024 годы и прогнозные значения на 2025–2026 годы. Расчёт проводился по четырём группам: финансовая глубина (насыщенность экономики деньгами и кредитами), финансовая доступность (обеспеченность населения и бизнеса финансовыми услугами), финансовая стабильность (устойчивость к шокам) и финансовая эффективность (стоимость посредничества). Для каждого года были собраны или спрогнозированы значения 12 частных показателей

(по три на каждую группу). Веса по закону Фишберна распределились следующим образом: в группе из трёх показателей веса составили 0,5; 0,33; 0,17. Полученные интегральные значения: для 2023 года – глубина 0,17 (низкий), доступность 0,31 (низкий), стабильность 0,22 (низкий), эффективность 0,19 (низкий); для 2024 года – глубина 0,16 (низкий), доступность 0,39 (низкий, вплотную к среднему), стабильность 0,18 (низкий, снижение из-за роста ставки), эффективность 0,21 (низкий); прогноз на 2025–2026 годы – глубина 0,15–0,16, доступность 0,44–0,48 (переход в средний уровень), стабильность 0,19–0,21, эффективность 0,23–0,26. Ключевым выводом является то, что финансовая доступность в России за три года (2023–2026) выросла примерно на 50% в интегральном исчислении, поднявшись с «очень низкого» до «низкого» и приближаясь к «среднему», что объясняется взрывным ростом дистанционных каналов и финансовых маркетплейсов (число пользователей выросло на 306,4% за 2024 год, объём сделок – на 292,1%). Финансовая стабильность, напротив, снизилась в 2024 году из-за резкого повышения ключевой ставки до 21%, что увеличило процентные риски банков и корпоративных заёмщиков. Однако к 2025–2026 годам, по мере стабилизации ставки на уровне 16–18% и адаптации бизнеса к высоким процентам, показатель стабильности восстанавливается, но остаётся в нижней части «низкого» уровня.

Для проверки чувствительности полученных интегральных показателей проведено стресс-тестирование с использованием метода Монте-Карло. Генерировалось 10 000 траекторий ключевых макроэкономических переменных (курс доллара, ключевая ставка, инфляция, индекс промышленного производства) на горизонте 12 месяцев с учётом корреляционной матрицы, построенной по данным 2023–2025 годов. Распределения: для курса – логнормальное с параметрами, оценёнными по исторической волатильности (среднеквартальная волатильность за 2024 год составила 12,5% в годовом выражении), для ставки – треугольное распределение с модой 16% (ожидания ЦБ РФ на конец 2025 года) и границами 13% и 22%, для инфляции – нормальное с усечением (среднее 6,3%, стандартное отклонение 1,2%). Результаты моделирования показали, что 95% VaR для денежного потока типичного среднего промышленного предприятия (оборот 1 млрд рублей в год) составляет 42 млн рублей в месяц, а CVaR (средние потери в худших 5% случаев) – 68 млн рублей. Это означает, что с вероятностью 5% предприятие может потерять более 68 млн рублей чистого денежного потока за месяц, что требует формирования резерва ликвидности не менее 70–80 млн рублей. Для компаний с высокой долей импорта (более 30% в себестоимости) VaR оказался на 35% выше из-за валютной составляющей, а для экспортёров – на 20% ниже, но с более высокой волатильностью из-за зависимости от нефтяных цен.

Анализ влияния отдельных факторов показал, что наибольший вклад в неопределённость финансовых результатов в 2025–2026 годах вносит

ключевая ставка (доля в дисперсии прогноза денежного потока – 44%), затем курс рубля (31%), затем инфляция (18%) и спрос (7%). Это кардинально отличается от ситуации 2020 года, где главным фактором был курс. Следовательно, при моделировании финансовых показателей предприятий в текущих условиях необходимо в первую очередь строить точные прогнозы денежно-кредитной политики ЦБ РФ, а не только валютных курсов. Рекомендуется использовать гибридные модели, в которых сценарные ответвления по ключевой ставке задаются на основе официальных сигналов ЦБ (например, среднесрочный прогноз, публикуемый раз в квартал), а стохастические траектории курса – с помощью GARCH(1,1) для учёта кластеризации волатильности.

Практическая апробация разработанного инструментария проведена на данных пяти реальных предприятий Новгородской области (два производственных, одно строительное, одно торговое, одно IT-услуги) за 2024 год. Для каждого предприятия были построены три сценария: базовый (ключевая ставка 16%, курс 90 руб./доллар, инфляция 6%), оптимистичный (ставка 13%, курс 85 руб., инфляция 4%) и пессимистичный (ставка 20%, курс 100 руб., инфляция 9%). Результаты моделирования показали, что в пессимистичном сценарии три из пяти предприятий имели отрицательный чистый денежный поток во втором и третьем кварталах, причём у строительного предприятия отрицательный поток достигал 12% от выручки. В базовом сценарии все предприятия сохраняли положительный денежный поток, но запас прочности (отношение чистого потока к выручке) составлял всего 3–5% для производственных предприятий, что ниже нормативного значения 10%, рекомендуемого для устойчивости. Таким образом, моделирование позволило выявить зоны уязвимости и скорректировать инвестиционные планы: два предприятия отложили капитальные вложения на сумму около 150 млн рублей, а одно – реструктурировало долг, переведя 40% краткосрочных кредитов в долгосрочные под фиксированную ставку.

На основе проведённого анализа сформулированы следующие выводы. Во-первых, нечётко-множественное моделирование с перекалиброванными классификаторами позволяет адекватно оценивать состояние финансового рынка даже после структурных сдвигов, при условии обновления интервальных границ на данных не старше двух лет. Во-вторых, для российского рынка 2025–2026 годов доминирующим фактором риска является ключевая ставка (44% вклада в дисперсию денежного потока), а не валютный курс, что требует пересмотра стандартных моделей риск-менеджмента, традиционно ориентированных на валютные риски. В-третьих, интегральные показатели финансовой доступности России за 2023–2026 годы выросли примерно на 50%, приблизившись к среднемировому уровню, что связано с цифровой трансформацией финансового сектора, однако показатели стабильности и

эффективности остаются на низком уровне из-за высокой стоимости кредита. В-четвёртых, метод Монте-Карло с 10 000 итераций и расчёт VaR/CVaR дают количественно обоснованные оценки резервов ликвидности: для типового промышленного предприятия с оборотом 1 млрд рублей необходим резерв не менее 70–80 млн рублей для покрытия месячных потерь с вероятностью 95%. В-пятых, сценарное моделирование на реальных данных предприятий Новгородской области подтвердило, что без адаптации финансовых планов к высокой ключевой ставке (пессимистичный сценарий 20%) три из пяти предприятий становятся убыточными, а запас прочности в базовом сценарии не превышает 5%, что ниже порога финансовой устойчивости.

Таким образом, интеграция финансового моделирования в систему управления предприятиями повышает точность прогнозов и позволяет оперативно реагировать на внешние изменения, что является ключевым фактором финансовой устойчивости в условиях экономической нестабильности. Полученные результаты могут быть использованы при разработке корпоративных систем риск-менеджмента, а также при калибровке стресс-тестов в рамках требований Банка России к финансовой отчётности. Дальнейшие исследования должны быть направлены на создание гибридных моделей, сочетающих нечётко-множественный подход с нейросетевыми методами прогнозирования ключевой ставки и волатильности курса, а также на расширение базы эмпирических данных за счёт включения предприятий из других отраслей и регионов.

Список использованной литературы:

1. Горбунова Л. И., Иванов С. П. Сценарное прогнозирование в условиях экономической нестабильности. – М.: Инфра-М, 2021. – 312 с.
2. Иванова, Т. Ю. Финансовые модели для управления денежными потоками. – СПб.: БХВ-Петербург, 2022. – 224 с.
3. Ковалев А. А., Петров Д. В. Финансовая аналитика и прогнозирование. – М.: Юрайт, 2020. – 352 с.
4. Романова Е. П. Применение метода Монте-Карло для прогнозирования финансовых рисков // Вестник Финансового университета. – 2022. – №1. – с. 72–85.
5. Савельев И. В. Стресс-тестирование финансовых моделей в условиях неопределённости. // Финансы: теория и практика. – 2020. – №4. – с. 33–49.
6. Недосекин А. О. Нечётко-множественный анализ рисков фондовых инвестиций. – СПб.: Сезам, 2002. – 181 с.
7. Полянина П. В. Моделирование состояний финансового рынка в условиях интеллектуальной экономики на основе нечетко-множественного подхода // Интеллектуальная цифровая экономика и Индустрия 4.0 / 5.0. – 2023. – Т. 16. – Вып. 5. – С. 122–403.
8. Герасимов С. А. Усредняющая модель для условной волатильности с одновременным взвешиванием GARCH процессов: выпускная квалификационная работа. – М.: НИУ ВШЭ, 2023.
9. Банк России. Обзор финансовой стабильности (II–III кварталы 2025 года). – М., 2025.
10. Банк России. Доклад о развитии финансового рынка и финансовой стабильности

(2023–2024). – М., 2024.

11. Ведомости. Равный доступ в цифровую эпоху. – 2025. – 5 ноября.

12. Всемирный банк. Глобальная база данных финансового развития. – Вашингтон, 2024.

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В ОЦЕНКЕ РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО-ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ СФЕРЫ РЕГИОНОВ РОССИИ

Плехова Ю.О., Перова В.И., Миронова А.Д.
Нижний Новгород, ННГУ

Аннотация. В статье рассматривается социально-демографическое положение субъектов Российской Федерации по статистическим данным за 2024 г. С помощью нейросетевого кластерного анализа на основе комплекса шести показателей, аттестующих рынок труда, уровень доходов, демографическое состояние, инфраструктуру здравоохранения, жилищные условия многодетных семей и рождаемость, регионы разделены созданной самоорганизующейся нейронной сетью на шесть кластеров. Показано, что в масштабе кластерных формаций субъекты РФ характеризуются различным уровнем социально-демографического развития. С позиции практической значимости полученные результаты могут быть полезны при анализе социально-демографических процессов для разработки региональных инновационных программ с применением мощного современного инструмента – искусственных нейронных сетей.

Ключевые слова: регионы России, социально-демографическое развитие, кластерный анализ, нейронные сети, самоорганизующиеся карты Кохонена.

Социально-демографическое развитие Российской Федерации относится к одной из приоритетных задач, стоящей в настоящее время перед страной. Первой национальной целью, обозначенной в Указе Президента Российской Федерации от 07.05.2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» [1], является «сохранение населения, укрепление здоровья и повышение благополучия людей, поддержка семьи». Ввиду достижения этой цели актуален анализ и оценка социально-демографической сферы в региональном аспекте.

В данной работе проведено исследование социально-демографического развития регионов РФ за 2024 г. Инструментом исследования выступили самоорганизующиеся нейронные сети – карты Кохонена, объектированные в аналитическом пакете Deductor [2]. Метод нейросетевого моделирования с помощью самоорганизующихся нейронных

сетей является эффективным средством для кластеризации и визуализации результатов анализа [3, 4]. Как отмечается в работах [5, 6], применение нейронных сетей в экономических исследованиях позволяет выявлять скрытые закономерности и структурировать многомерные данные без априорных допущений.

Для исследования использованы официальные данные Федеральной службы государственной статистики [7] по субъектам Российской Федерации за 2024 г.

В исследовании не задействованы субъекты России: Донецкая Народная Республика (ДНР), Луганская Народная Республика (ЛНР), Запорожская область и Херсонская область по причине отсутствия официальных статистических данных, примененных в настоящей работе.

В анализ включены следующие показатели, характеризующие различные аспекты социально-демографического развития: X1 – Численность безработных в возрасте 15-72 лет (чел. на 10 тыс. населения); X2 – Среднедушевые денежные доходы населения (десятки тыс. руб./месяц на одного чел.); X3 – Общий прирост постоянного населения (чел. на 10 тыс. населения); X4 – Число больничных организаций на конец года (ед. на 10 тыс. населения); X5 – Число многодетных семей, состоящих на учете в качестве нуждающихся в жилых помещениях на конец года (ед. на 10 тыс. населения); X6 – Суммарный коэффициент рождаемости (число детей на 1 женщину).

Проведенный нейросетевой кластерный анализ позволил разделить регионы РФ на шесть кластеров (рис. 1).

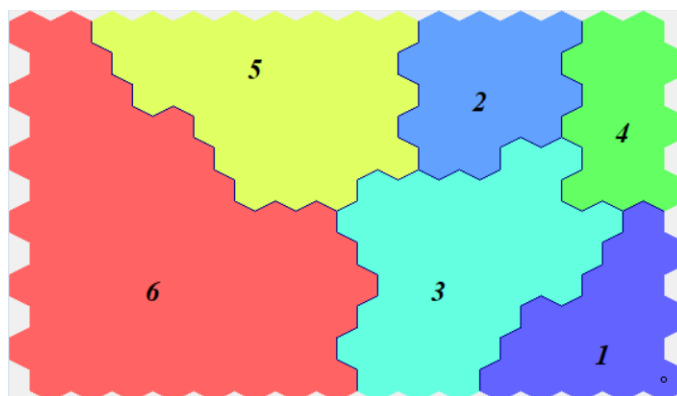


Рис. 1. Результат кластеризации – топологическая самоорганизующаяся карта Кохонена, отражающая интеграцию субъектов Российской Федерации по шести кластерам за 2024 г.

Источник: авторская разработка

Профили полученных региональных кластеров, демонстрирующие вклад каждого индикатора в формирование групп, показаны в табл. 1.

Анализ профилей кластеров позволяет оценить вклад каждого показателя в формирование групп. Значения в ячейках отражают степень дифференциации показателя между кластерами (в процентах): чем выше значение, тем более значим данный показатель для идентификации кластера. Это позволяет выделить ключевые характеристики, определяющие специфику каждой группы регионов.

Таблица 1

**Существенность влияния показателей
при генерировании кластеров, %**

Индикатор	Кластеры					
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
X1	65,5	29,7	41	100	48,6	98,3
X2	100	69	56,6	85	27,9	97,8
X3	100	52,5	97,9	99,9	99,6	100
X4	99,1	100	52,9	4,5	98	99,2
X5	51	79,3	63	100	0,3	98,7
X6	31,5	99,1	48	100	30,8	99,9

Источник: авторская разработка

Количество кластеров и их объем поясняет рис. 2.

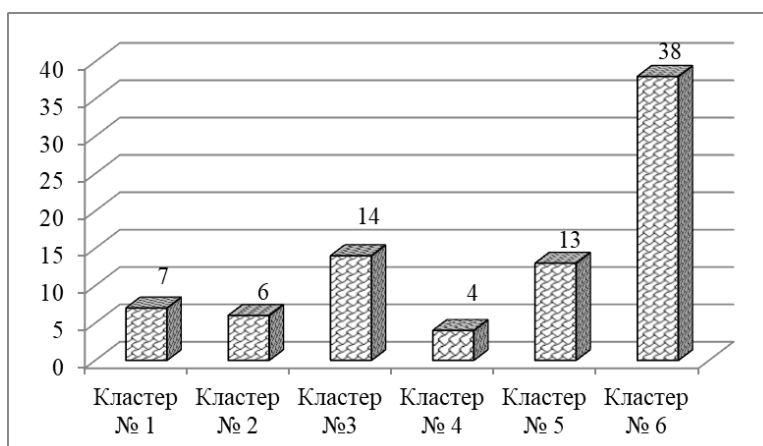


Рис. 2. Число кластеров и количество субъектов РФ в кластерах за 2024 г.

Источник: авторская разработка

Анализируя данные, представленные на рис. 2, видна достаточно сильная вариация числа субъектов в кластерах. Наибольшее количество регионов сформировало кластер № 6 (38 субъектов), наименьшее – в кластер № 4 (4 субъекта). Такое группирование указывает на неоднородность социально-демографического развития регионов России.

Конкретное разделение регионов по кластерным формациям приведено в табл. 2.

Таблица 2

Конфигурация разграничения регионов по кластерам за 2024 г.

Номер кластера	Субъекты Российской Федерации
№ 1	Московская область, г. Москва, Ленинградская область, г. Санкт-Петербург, Тюменская область, Магаданская область, Чукотский автономный округ.
№ 2	Республика Калмыкия, Республика Тыва, Республика Саха (Якутия), Камчатский край, Сахалинская область, Еврейская автономная область.
№ 3	Калининградская область, Республика Адыгея, Краснодарский край, Астраханская область, Кабардино-Балкарская Республика, Карачаево-Черкесская Республика, Республика Северная Осетия - Алания, Ставропольский край, Республика Татарстан, Свердловская область, Новосибирская область, Республика Бурятия, Забайкальский край, Амурская область.
№ 4	Республика Дагестан, Республика Ингушетия, Чеченская Республика, Республика Алтай.
№ 5	Ивановская область, Костромская область, Тверская область, Республика Карелия, Республика Коми, Архангельская область, Мурманская область, Новгородская область, Псковская область, Кировская область, Курганская область, Республика Хакасия, Омская область.
№ 6	Белгородская область, Брянская область, Владимирская область, Воронежская область, Калужская область, Курская область, Липецкая область, Орловская область, Рязанская область, Смоленская область, Тамбовская область, Тульская область, Ярославская область, Вологодская область, Республика Крым, Волгоградская область, Ростовская область, г. Севастополь, Республика Башкортостан, Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Удмуртская Республика, Чувашская Республика, Пермский край, Нижегородская область, Оренбургская область, Пензенская область, Самарская область, Саратовская область, Ульяновская область, Челябинская область, Алтайский край, Красноярский край, Иркутская область, Кемеровская область, Томская область, Приморский край, Хабаровский край.

Источник: авторская разработка

Числовые значения средних показателей в кластерах и общих средних индикаторов по Российской Федерации репрезентованы в табл. 3.

Таблица 3

Статданные средних показателей в кластерных образованиях и общих средних по Российской Федерации критериев за 2024 г.

Кластер Показатели	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	Среднее по РФ
X1	103,62	184,67	183,4	641,79	133,82	116,26	159,97
X2	10,83	6,65	5,13	3,85	5,31	4,9	5,6
X3	84,39	-11,17	10,04	86,06	-83,06	-62,78	-30,56
X4	0,26	0,83	0,42	0,46	0,59	0,39	0,45
X5	8,58	18,97	10,23	58,73	13,68	7,81	11,67
X6	1,43	1,73	1,49	2,06	1,48	1,29	1,42

Источник: авторская разработка

Анализ средних значений факторов (табл. 3) позволяет оценить уровень социально-демографического развития по кластерным образованиям и в целом по России. Результаты, отраженные в табл. 3, показывают, что в масштабе кластерных формаций наблюдается различие уровня развития субъектов РФ по совокупности рассматриваемых показателей. Индикатор численности безработных (X1) меньше среднероссийского индикатора в регионах, сформировавших кластеры № 1, № 5 и № 6. Показатель среднедушевых денежных доходов населения (X2) не превышает его общероссийское значение в субъектах кластеров № 3– № 6. Фактор общего прироста постоянного населения (X3) ниже среднего уровня по России в субъектах кластеров № 5 и № 6. Индикатор числа больничных организаций (X4) ниже среднероссийских индикаторов в регионах кластеров № 1, № 3 и № 6. Показатель числа многодетных семей, состоящих на учете в качестве нуждающихся в жилых помещениях, (X5) не преобладает над общероссийским показателем в субъектах, также вошедших в кластеры № 1, № 3 и № 6. Индикатор суммарного коэффициента рождаемости меньше среднероссийского значения в регионах, образовавших кластер № 6. Отметим, что средние значения всех показателей в кластере № 6 ниже среднероссийских значений, а средние значения всех показателей в кластерах № 2 и № 4 выше средних значений по РФ, за исключением индикатора X2 в кластере № 4.

Сравнение кластерных формаций между собой по средним значениям показателей выявило следующие результаты. Фактор X1 имеет наименьшее значение в субъектах кластера № 1, а наибольшее – в субъектах кластера № 4. Значение индикатора X2 минимально в регионах кластера № 4, максимально – в регионах кластера № 1. Признак X3 является наименьшим в кластере № 5, наибольшим – в кластере № 4. Показатель X4 аттестуется минимальным значением в субъектах кластера № 1, а максимальным значением – в субъектах кластера № 2. Фактор X5 имеет наименьшее значение в кластере № 6, наибольшее значение – в кластере № 4. Показатель X6 также минимален в кластере № 6, а максимальное значение имеет в регионах кластера № 4.

По итогу оценивания социально-демографического развития регионов РФ в разрезе кластеров на основе совокупности рассматриваемых признаков авторы предлагают следующее ранжирование кластерных образований (табл. 4).

**Уровни выстраивания кластеров по показателям
социально-демографического развития**

Кластеры	Название градации развития	Ранг
№ 4	Высокая	1
№ 2	Средне-высокая	2
№ 3	Средняя	3
№ 1, № 5	Средне-низкая	4
№ 6	Низкая	5

Источник: авторская разработка

Таким образом, применение перспективного метода нейросетевого моделирования позволило провести анализ социально-демографического положения в субъектах России и оценить его развитие по комплексу исследуемых показателей. Полученные результаты могут оказать помощь при разрабатывании стратегических планов развития страны, направленных на осуществление актуальных задач в контексте первой национальной цели развития Российской Федерации [1]. Рациональность принимаемых управленческих решений будет содействовать повышению численности населения и его профессиональных компетенций, что необходимо для потребностей национальной инновационной экономики.

Список использованной литературы:

1. Указ Президента РФ от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года». – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202405070015> (дата обращения: 30.03.2026).
2. Аналитическая платформа Deductor. – URL: <https://basegroup.ru> (дата обращения: 30.03.2026).
3. Кохонен Т. Самоорганизующиеся карты. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2008. – 655 с.
4. Перова В.И. Нейронные сети в экономических приложениях. Часть 2. Нейронные сети, обучаемые без учителя: Учебное пособие. Н. Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2012. – 35 с.
5. Плехова Ю.О., Перова В.И. Инновационный метод анализа управления социально-экономическим развитием регионов России с применением нейросетевого моделирования // Вопросы инновационной экономики. – 2025. – Т. 15. № 1. – С. 125–144.
6. Перова В.И., Плехова Ю.О. Методы искусственного интеллекта в исследовании экономической деятельности субъектов Российской Федерации в контексте усиления технологического лидерства страны // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2024. – № 3. – С. 42–49.
7. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). – URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 30.03.2026).

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА СКЛАДСКОЙ ЛОГИСТИКИ

Рисун М.И.

Москва, РТУ МИРЭА

Аннотация: В работе исследуется создание цифрового двойника складской логистики на основе алгоритмов машинного обучения. Проведён сравнительный анализ гребневой регрессии, случайного леса и градиентного бустинга для прогнозирования суточного спроса. Лучшую точность продемонстрировала модель градиентного бустинга, обеспечившая коэффициент детерминации выше 0,61 и среднюю абсолютную процентную ошибку около 3,4 %. Разработан функционал оптимизации запасов, учитывающий прогноз спроса, время доставки и заданный уровень сервиса. Для тестового сценария рассчитан страховой запас и рекомендованный уровень хранения. Применение временных признаков, лаговых переменных и скользящих статистик позволило учесть сезонность и автокорреляцию данных. Результаты подтверждают целесообразность интеграции методов машинного обучения в системы управления цепями поставок для повышения точности планирования и снижения логистических рисков.

Ключевые слова: цифровой двойник, складская логистика, машинное обучение, прогнозирование спроса, временные ряды.

Современные системы управления цепями поставок функционируют в условиях высокой неопределённости, вызванной колебаниями потребительского спроса, изменениями макроэкономических показателей и внешними факторами. Традиционные методы планирования, основанные на усреднённых исторических показателях и экспертных оценках, постепенно теряют эффективность при работе с большими объёмами разнородных данных. Цифровые двойники складской инфраструктуры представляют собой перспективное направление развития логистической аналитики, позволяющее создавать виртуальные копии физических процессов и проводить вычислительные эксперименты без вмешательства в реальную операционную деятельность [1, 2]. Интеграция алгоритмов машинного обучения в такие системы открывает возможности для автоматизированного прогнозирования, сценарного моделирования и динамической оптимизации ресурсов. Подобный подход смещает акцент с ситуативного управления на упреждающее планирование, что снижает издержки и повышает устойчивость логистических сетей к внешним возмущениям.

Исходный набор данных охватывает период с 2020 по 2024 год и содержит ежедневные сведения об объёмах заказов, временных метках, индикаторах праздничных дней и маркетинговых активностей, уровнях складских остатков, среднем времени доставки, степени утилизации мощностей, доступности транспорта, индексах стоимости топлива, макроэкономических показателях, температуре воздуха и количестве осадков [3]. Предварительная обработка включала приведение временных меток к единому формату, выбор целевой переменной и фильтрацию записей с пропущенными значениями. Сохранение хронологического порядка при разделении выборки являлось критическим требованием, поскольку нарушение временной последовательности приводит к искажению оценок обобщающей способности алгоритмов. Дополнительно проводилась проверка на наличие аномальных выбросов, которые могли исказить распределение целевой переменной. Стратегия обработки пропусков базировалась на исключении строк с отсутствующими ключевыми признаками, что гарантировало чистоту обучающей матрицы и предотвращало внесение искусственных смещений в модель.

Предобработка признаков выполнялась с учётом специфики временных рядов и предметной области складской логистики. Циклические паттерны кодировались через тригонометрические функции, что обеспечивало непрерывность представления месяцев и дней недели. Синус и косинус с периодом двенадцать месяцев отражали годовую сезонность, аналогичные преобразования с периодом семь дней учитывали недельные колебания активности. Автокорреляционная структура ряда моделировалась с помощью лаговых переменных, фиксирующих значения спроса за один, семь и тридцать дней до текущего наблюдения. Выбор лагов обосновывался необходимостью захвата краткосрочных импульсов, недельных циклов и месячных трендов. Скользящее среднее за неделю сглаживало краткосрочные шумовые отклонения, а скользящее стандартное отклонение характеризовало изменчивость спроса в ближнем окне. Итоговый набор признаков включал исходные логистические и погодные параметры, закодированные временные характеристики и статистические производные. Все переменные подвергались масштабированию с помощью устойчивого преобразователя, что повышало стабильность обучения линейных и ансамблевых алгоритмов и снижало чувствительность к экстремальным значениям.

Разделение данных осуществлялось в пропорции восемьдесят к двадцати с сохранением хронологического порядка. Обучающая часть содержала более ранние наблюдения, тестовая включала последующие периоды. Подобный подход исключал утечку информации из будущего и соответствовал реальным условиям эксплуатации прогностических систем. Валидация проводилась с применением перекрёстной проверки по временным блокам, что позволяло оценить устойчивость моделей на разных

участках исторического ряда. Сравнительный анализ включал три алгоритма, представляющих различные подходы к регрессионному моделированию [4]. Гребневая регрессия служила базовой линейной эталонной моделью с регуляризацией второго порядка. Случайный лес реализовывал ансамблевую стратегию на основе бутстрап-агрегирования независимых деревьев решений. Градиентный бустинг применял последовательное обучение с коррекцией остаточных ошибок на каждой итерации [5]. Подробные количественные показатели качества приведены в таблице 1.

Таблица 1

Сводные метрики качества регрессионного анализа

Модель	R^2	MAPE	CV
Гребневая регрессия	0.60	3.39%	0.61
Градиентный бустинг	0.62	3.40%	0.62
Случайный лес	0.61	3.40%	0.62

Источник: построено авторами по результатам оценки

Линейная модель продемонстрировала приемлемую точность, что свидетельствовало о наличии выраженных линейных зависимостей между признаками и целевой переменной. Ансамблевые методы превзошли базовый алгоритм за счёт способности улавливать нелинейные взаимодействия и сложные пороговые эффекты. Градиентный бустинг обеспечил наилучшее соответствие фактическим значениям, что объясняется механизмом последовательного исправления ошибок и более гибкой настройкой гиперпараметров. Незначительное расхождение между показателями на тестовой выборке и результатами перекрёстной проверки указывало на отсутствие переобучения и высокую устойчивость выбранной архитектуры. Все рассмотренные алгоритмы показали сопоставимые значения средней абсолютной процентной ошибки, что подтверждало адекватность инженерной обработки признаков и корректность выбранной стратегии валидации. Выбор градиентного бустинга для развёртывания в цифровом двойнике обосновывался балансом между точностью, вычислительной эффективностью и способностью модели адаптироваться к сложным паттернам спроса. Графическое сравнение фактических и прогнозируемых значений на тестовой выборке, представленной на рисунке 1, подтверждает высокую точность модели и её способность отслеживать локальные пики и спады спроса [1].

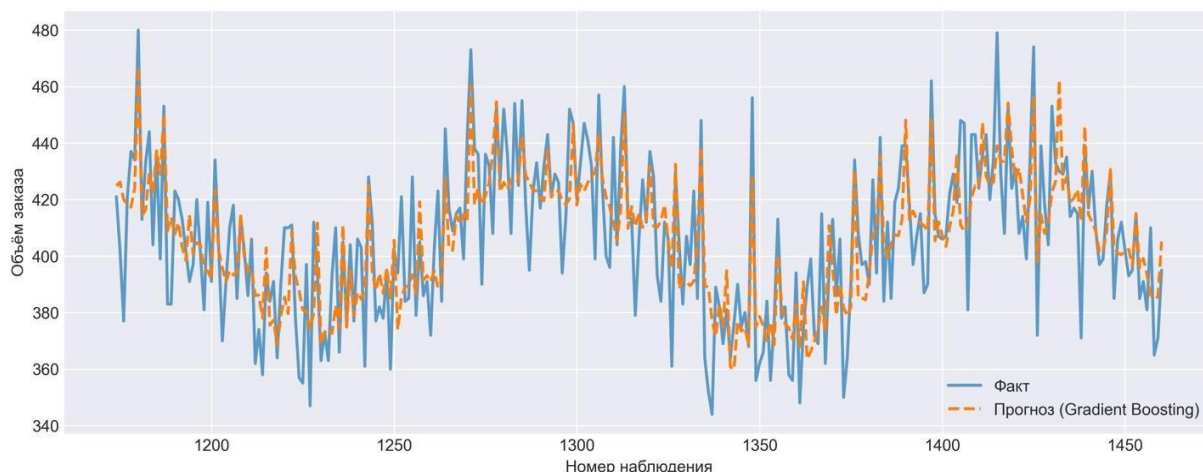


Рис. 1. Сравнение фактического спроса и прогноза модели

Построено автором по результатам анализа

Архитектура цифрового двойника строилась вокруг трёх функциональных модулей, обеспечивающих полный цикл от приёма данных до выдачи управленческих рекомендаций. Первый модуль осуществлял прогнозирование суточного объёма заказов на основе предварительно обученной модели. Второй модуль выполнял преобразование входных параметров к стандартизированному виду с использованием сохранённых коэффициентов масштабирования. Третий модуль рассчитывал рекомендации по управлению складскими остатками, опираясь на классическую теорию управления запасами с учётом вероятностной природы спроса. Страховой резерв вычислялся через квантиль нормального распределения, соответствующий заданному уровню обслуживания, умноженный на прогнозное значение спроса, коэффициент вариации и квадратный корень из времени доставки. Рекомендуемый уровень хранения формировался как сумма ожидаемого потребления за период поставки и рассчитанного страхового объёма. Подобная схема обеспечивала баланс между рисками дефицита и затратами на содержание излишков, позволяя операторам склада оперативно корректировать заказы поставщикам.

Тестирование системы проводилось на усреднённых исторических значениях признаков при нулевых индикаторах маркетинговых и календарных событий. Временные компоненты соответствовали началу календарного года, что отражало обычный сезонный профиль. Модель сгенерировала прогноз суточного спроса на уровне 400 единиц. Расчётный страховой запас составил около 350 единиц, что покрывало возможные отклонения с вероятностью 95%. Итоговая рекомендация по общему уровню хранения превышала 3000 единиц, включая недельный операционный резерв и защитный буфер. Полученные значения соответствуют практике крупных распределительных центров и демонстрируют работоспособность алгоритмической цепочки в условиях

стандартных логистических параметров. Система позволяет варьировать входные параметры, оценивать влияние изменения уровня сервиса на объём страховых запасов и проводить сценарный анализ без риска для реальной инфраструктуры.

Практическая ценность разработанного решения заключается в автоматизации рутинных операций планирования и снижении зависимости от субъективных экспертных оценок. Цифровой двойник позволяет оперативно оценивать влияние изменений входных условий на рекомендуемые уровни запасов, проводить сценарный анализ и адаптировать стратегию хранения под текущую рыночную ситуацию [2, 4]. Интеграция подобных систем в существующую инфраструктуру управления складом сокращает временные затраты на подготовку отчетности, минимизирует риски возникновения дефицита или затоваривания, повышает оборачиваемость ресурсов. Менеджеры получают инструмент для обоснованного принятия решений, основанный на количественных прогнозах и математически выверенных формулах расчёта резервов. Развёртывание системы требует налаженного канала передачи данных из учётных систем, настройки регламентов обновления моделей и обучения персонала работе с прогностическими панелями.

Ограничения текущего подхода связаны с зависимостью качества прогнозов от полноты и достоверности исходных данных. Пропущенные значения, аномальные выбросы и несвоевременное обновление информации могут снижать точность моделей. Внешние факторы, не отражённые в наборе признаков, такие как геополитические изменения, внезапные сбои в работе транспортных коридоров или резкие колебания валютных курсов, требуют дополнительного мониторинга и ручной корректировки сценариев. Перспективы развития направления включают расширение перечня учитываемых переменных, внедрение алгоритмов глубокого обучения для работы с последовательными данными, создание интерфейсов реального времени для непрерывного обновления прогнозов, разработку модулей автоматической калибровки параметров под изменяющиеся условия эксплуатации. Дальнейшие исследования могут быть сосредоточены на оценке экономической эффективности внедрения цифровых двойников, анализе влияния различных уровней сервиса на общие логистические издержки, сравнении подходов к оптимизации многономенклатурных складов и интеграции прогностических модулей с системами автоматизированного управления роботизированными комплексами. Регулярный мониторинг дрейфа распределений признаков и своевременное переобучение моделей остаются ключевыми условиями поддержания высокой точности прогнозирования в долгосрочной перспективе.

Заключение

Проведённое исследование подтвердило целесообразность применения алгоритмов машинного обучения для построения цифровых двойников складской логистики. Сравнительный анализ трёх регрессионных подходов выявил преимущество градиентного бустинга, обеспечившего наилучшее соответствие прогнозных значений фактическим показателям спроса. Инженерная обработка данных, включавшая кодирование циклических паттернов, формирование лаговых переменных и расчёт скользящих статистик, сыграла ключевую роль в повышении точности моделей. Разработанный функционал оптимизации запасов успешно интегрировал прогностический модуль с классическими формулами расчёта страхового резерва, что позволило получать обоснованные рекомендации по уровню хранения.

Практическая реализация цифрового двойника демонстрирует готовность технологии к внедрению в операционные процессы распределительных центров. Автоматизация прогнозирования снижает нагрузку на аналитический персонал, сокращает время на подготовку плановых документов, повышает адаптивность системы к изменениям рыночной среды. Полученные результаты создают основу для масштабирования подхода на многономенклатурные склады, интеграции с системами управления транспортом и складским оборудованием, разработки платформ сценарного моделирования. Дальнейшее развитие направления потребует совершенствования методов обработки неструктурированных данных, создания механизмов онлайн-обучения моделей, расширения перечня учитываемых внешних факторов и оценки долгосрочного экономического эффекта от внедрения цифровых двойников в логистическую инфраструктуру [5].

Список использованной литературы:

1. Иванова Д. П., Иванова С. А. Цифровые двойники как инструмент моделирования в логистике и управлении цепями поставок // Логистика: форсайт-исследования, профессия, практика: материалы I Нац. науч.-образоват. конф. СПб., 20 окт. 2020 г. СПб. : СПбГЭУ, 2020. – С. 265–272.
2. Ясюкевич К. И., Станевская А. А., Хартовский В. Е. Цифровые двойники в логистике // Тенденции развития логистики и управления цепями поставок : сб. ст. VI междунар. науч.-практ. конф. Казань, 9–10 окт. 2025 г. Казань: Университетская книга, 2025. – С. 419–421.
3. Logistics Demand Forecasting Dataset [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.kaggle.com/datasets/programmer3/logistics-demand-forecasting-dataset> (дата обращения: 06.04.2026).
4. Каличкин В. К., Федоров Д. С., Максимович К. Ю., Шпак В. А. Сравнение предиктивной способности моделей машинного обучения с использованием различной структуры данных // Изв. ТулГУ. Технические науки. – 2024. – № 8. – С. 395–400. DOI 10.24412/2071-6168-2024-8-395-396.
5. Ансамблевые методы машинного обучения [Электронный ресурс] // Хабр. – URL: <https://habr.com/ru/articles/955110/> (дата обращения: 06.04.2026).

МЕТОДОЛОГИЯ РАБОТЫ С БОЛЬШИМИ ДАННЫМИ НА ОСНОВЕ ПЛАТФОРМЫ APACHE HADOOP

Рузанов П.А.

Нижний Новгород, ННГУ

Аннотация. В работе рассматривается один из подходов к обработке больших данных с использованием парадигмы MapReduce на платформе Hadoop. Отмечается, что использование подобной парадигмы позволит распределить вычислительную нагрузку по нескольким узлам и сократить время обработки данных.

Ключевые слова: большие данные, MapReduce, Hadoop.

В настоящее время все большее количество организаций сталкиваются с необходимостью обработки слабоструктурированных данных большого объёма. Подобные данные общепринято называть большими данными. Однозначного определения этого термина не существует, однако большинство экспертов трактует понятие «большие данные» как набор данных, которые невозможно обработать, используя традиционные информационные технологии (такие как классические реляционные системы управления баз данных [1] или табличный процессор Microsoft Excel) и в рамках одной вычислительной системы. К большим данным можно отнести, например, сведения о транзакциях клиентов в финансовом секторе, сообщения пользователей в социальных сетях, сигналы с датчиков ядерного реактора, оцифрованная литература.

В связи с этим возникла необходимость в разработке принципиально иных технологий, ориентированных на работу именно с большими данными. Некоторые примеры подобных подходов можно найти в работах [2, 3]. При этом следует учесть следующие особенности¹, характерные именно для больших данных (так называемое правило «3V»):

- Volume – объём данных действительно большой, конкретные цифры могут разниться, однако большинство исследователей ориентируются на границы от 100 Гбайт до нескольких терабайт;
- Variety – разнообразные, слабо структурированные и разнородные (в отличие от тех данных, которые обрабатываются традиционными реляционными СУБД) данные, имеющие различные внутренние форматы;
- Velocity – скорость поступления данных больше, чем скорость их обработки, следовательно, их анализ требует работы в режиме реального времени.

При обработке больших данных в настоящее время преимущественно используется концепция горизонтального масштабирования. Под этим

¹ В настоящее время эти особенности дополняются до уровня «5V»

термином принято понимать разбиение объёмов данных на более мелкие структурные компоненты и разнесение их по отдельным физическим машинам-узлам или нодам (или их группам), или увеличение количества серверов, параллельно выполняющих одну и ту же задачу анализа данных. При этом система нодов, объединённых в кластер, должна быть сравнительно легко расширяемой.

Следует отметить, что технологии и инструменты, основанные на этой концепции, постоянно совершенствуются. В настоящей работе проводится анализ достаточно широко распространенной парадигмы, носящей название MapReduce. Эта парадигма представляет собой одну из моделей распределенных вычислений в кластерах, которая разработана компанией Google. В рамках этой модели данные могут обрабатываться параллельно, при этом задачи распределяются между множеством узлов по определенному достаточно адаптивному алгоритму, невидимому для прикладного программиста.

В общем случае внутри этой парадигмы принято выделить 2 фазы.

Первая фаза (Map) заключается в первичной обработке данных, при этом компьютер, называемый главным узлом (так называемый «master node»), получает от приложения или другого источника, например, от тензодатчиков, входные данные, разделяет их на части вида «ключ-значение» и передает другим рабочим станциям (рабочим узлам — «worker node») для предварительной обработки.

Вторая фаза (Reduce) заключается в агрегировании обработанных данных, которое состоит в следующем: главный узел получает ответы рабочих узлов и формирует результат. Схематично этот процесс можно представить следующим образом:

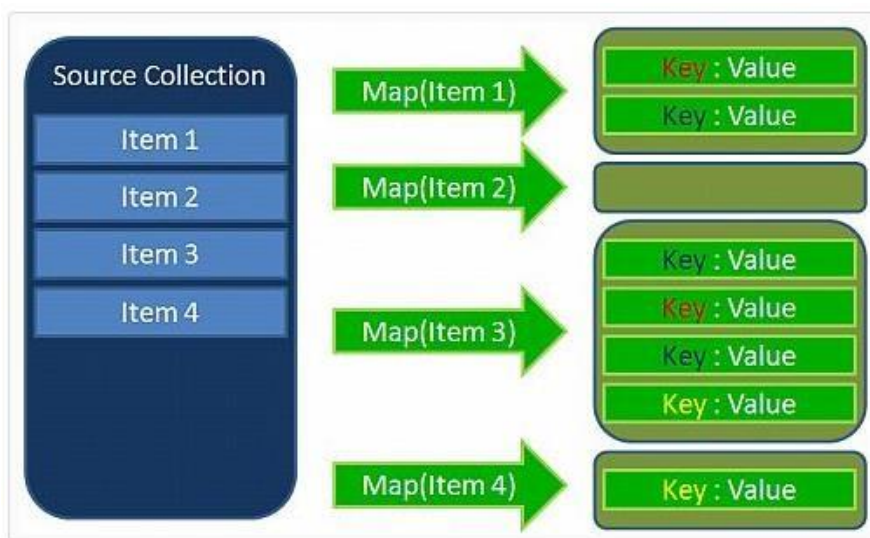


Рис.1 Применение Map-функции к каждому элементу исходного набора данных

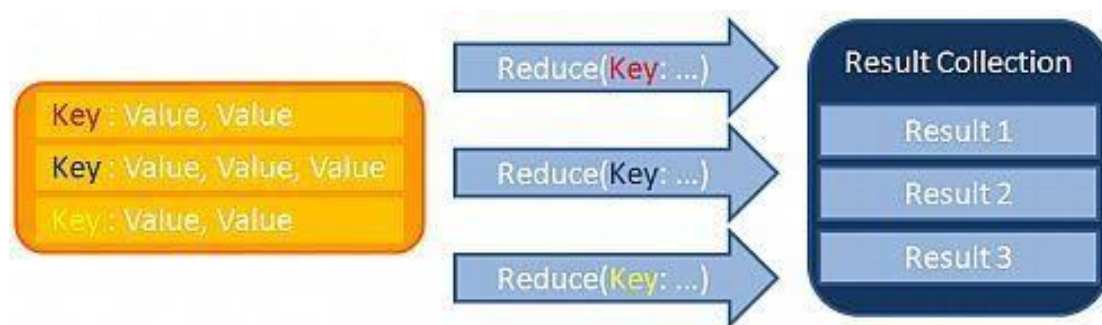


Рис.2. Реализация функции Reduce, возвращающей новый экземпляр объекта

В качестве конкретной парадигмы горизонтального масштабирования, использующей MapReduce, рассмотрим технологию шардинга. В общем случае под шардингом понимается разделение большого объёма данных на несколько диапазонов по некоторому ключу (каждый такой диапазон называется чанком) и размещение для дальнейшей обработки чанков по нескольким серверам, называемых шардами. Для каждого чанка на шарде определяется некоторый ключ шардинга. Как правило, в качестве ключа используется уникальный идентификатор или хэш.

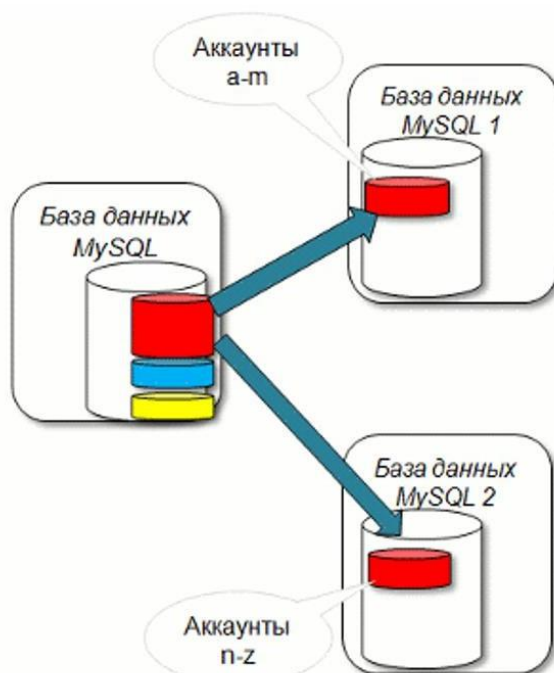


Рис.3. Концепция горизонтального шардинга

Основной целью использования шардинга является балансировка нагрузки при выполнении базовых операций¹ с данными между шардами,

¹ В основном, это операции чтения-записи

входящими в кластер, а также повышение отказоустойчивости всей информационной системы за счет дополнительной репликации.

В настоящее время для обработки неструктурированных данных большого объёма в основном применяются NoSQL-системы управления базами данных, которые отходят от классической реляционной теории Э.Ф.Кодда, но взамен этого предлагают эффективные инструменты именно распределенной обработки данных, такие как репликация и шардирование. Одной из таких СУБД является MongoDB- документо-ориентированная СУБД с открытым кодом, написанным на языке JavaScript. Клиентское приложение использует MongoDB в основном как хранилище данных.

Рассмотрим подробнее, как реализуется шардирование внутри MongoDB. Все общение между шардами, входящими в кластер, и клиентским приложением осуществляется с помощью роутера или сервера маршрутизации. В качестве роутера используется shell- процесс mongos.exe. Сервер маршрутизации хранит сведения о размещении документов в тех или иных шардах. Кроме того, в состав кластера должен входить сервер конфигурации, обслуживающий шарды. В качестве такого сервера используется процесс mongod.exe. При этом каждый шард может обслуживаться несколькими mongod- процессами. Объединение нескольких запущенных mongod- процессов обычно называется репликой, которые хранят копии одного и того же набора чанков. Избыточная на первый взгляд репликация повышает надежность системы в целом, хотя и требует дополнительных затрат.

Механизм шардирования представлен ниже в виде функции run_js, реализованной внутри контейнера, созданного с использованием docker.

```
run_js() {
    local service="$1"
    local js="$2"
    local port
    case "$service" in
        configsvr) port=27019 ;;
        shard1|shard2) port=27018 ;;
        mongos) port=27017 ;;
        *) echo "Unknown service: $service" >&2; exit 1 ;;
    esac
    docker compose exec -T "$service" mongosh --quiet --port "$port" --eval
"$js"
}
```

В рамках этой функции каждый шард прослушивается по нескольким портам. Традиционным для процессов MongoDB служит порт с адресом 27017.

Создание функций, выполняющие указанные выше Map и Reduce-операции, а также их запуск на шардах, реализовано в приведенном ниже фрагменте кода:

```
var map = function() { emit(this.brand, {count: 1}); };
var reduce = function(key, values) {
  var total = 0;
  values.forEach(function(v) { total += v.count; });
  return {count: total};
};
var inlineRes = db.phones.mapReduce(map, reduce, {out: {inline: 1}});
print("Inline MapReduce results:");
print("brand | count");
print("-----+-----");
inlineRes.results
  .sort(function(a,b){ return a._id.localeCompare(b._id); })
  .forEach(function(r){
    var brand = (r._id + " ").slice(0, 11);
    var cnt = String(r.value.count);
    print(brand + " | " + cnt);
  });
```

В настоящее время существует множество программных реализаций парадигмы MapReduce. Одним из наиболее широко используемых проектных решений является платформа Hadoop MapReduce, представляющая собой программный продукт с открытым кодом на языке высокого уровня Java. Эта платформа, обращение к которой происходит из клиентского приложения, является некоторой программной моделью (так называемый фреймворк) выполнения распределенных вычислений с большими объемами данных в рамках парадигмы MapReduce. Конструктивно модель реализована в виде набора Java-классов и исполняемых утилит для создания и обработки заданий на параллельную обработку.

Базовые преимущества платформы Hadoop MapReduce состоят в следующем:

-обработка/вычисление больших объемов данных;

- горизонтальная масштабируемость;
- автоматическое распределение задач по рабочим узлам;
- устойчивая работа, которая характеризуется тем, что при выходе из строя одного из рабочих нодов его задания автоматически перераспределяются на остальные узлы;
- автоматическая обработка отказов выполнения заданий.

Если говорить об использовании платформы Hadoop в рамках клиентских приложений, то следует отметить следующие особенности.

Разработчику приложения, использующего модель Hadoop MapReduce, необходимо реализовать базовый обработчик¹, который на каждом вычислительном узле кластера обеспечит преобразование исходных данных в промежуточный набор пар вида «ключ/значение» (класс, реализующий интерфейс Mapper), и обработчик, преобразующий промежуточный набор пар в окончательный, агрегированный набор (класс, реализующий интерфейс Reducer). Все остальные фазы выполняются программной моделью MapReduce без дополнительного участия со стороны разработчика.

Рассмотрим более подробно архитектуру платформы Hadoop. Она предназначена для построения распределенных приложений для параллельной обработки данных в рамках вычислительной парадигмы MapReduce. Hadoop считается одним из основополагающих решений в области «больших данных» (big data), вокруг нее выстраиваются многие проекты и парадигмы, иногда ее называют экосистемой в том смысле, что она служит своего рода «комфортной средой» для разработки технологичных информационных систем обработки больших данных.

Конструктивно платформа состоит из четырех базовых модулей:

- Hadoop Common- модуль, включающий в себя утилиты и библиотеки, представляющие собой интерфейсы для интеграции с другими модулями;
- внутренняя файловая система HDFS;
- YARN-модуль, который непосредственно управляет кластером, отслеживает состояние нодов кластера и по сути, управляет механизмом параллельной обработки данных;
- платформа MapReduce, которая непосредственно реализует механизм выполнения распределённых вычислений.

Модуль Hadoop Common состоит в основном из библиотек управления файловыми системами и сценариев управления распределённой обработкой.

Реализация версии HDFS предполагает создание так называемого центрального узла имён (NameNode), хранящего собственно данные, характеризующие файловую систему, и информацию о распределении блоков, и серии узлов данных (DataNode), непосредственно хранящих блоки файлов. Узел имён отвечает за открытие и закрытие файлов, манипуляции с каталогами, а узлы данных реализуют Read/Write- операции. Узлы данных обрабатывают все запросы, которые идут от узла имён.

HDFS может использоваться не только для запуска MapReduce-заданий, но и как распределённая файловая система общего назначения.

Модуль YARN (Yet Another Resource Negotiator) появился в версии 2.0 Hadoop, он отвечает за управление ресурсами кластеров и планирование

¹ Например, в виде функции или метода

заданий. Конструктивно модуль представляет собой набор системных программ и является интерфейсом между приложениями и аппаратной частью кластера. Основой модуля YARN служит менеджер ресурсов (ResourceManager), который активизирует планировщик ресурсов и менеджер приложений. Под управлением YARN могут работать любые распределённые приложения, поддерживающие соответствующие программные интерфейсы. Каждое приложение начинает свою работу в YARN в виде отдельного задания (job).

Разработчику распределённого приложения необходимо реализовать специальный класс управления приложением (ApplicationMaster). Это своего рода временный процесс, который координирует весь цикл работы одного процесса и реализуется в виде JAR-файла. Тогда планировщик ресурсов отвечает за создание экземпляров класса управления приложением и взаимодействие с ним через соответствующий сетевой протокол.

Классическим примером использования парадигмы MapReduce с использованием движка Hadoop может служить задача подсчёта количества вхождений каждого слова в достаточно большом объёме документов. При этом в MapReduce каждый документ будет отдельной единицей для задачи. Следует учесть, что можно использовать только пользовательские функции. Класс Mapper разделяет каждую строку документа на отдельные лексемы (слова) со значением 1. Затем эти пары «ключ-значение» сортируются в алфавитном порядке. Класс Reducer осуществляет группировку всех ключей, а значения для одинаковых ключей суммируются. Таким образом, происходит агрегирование ключей, сгенерированных на этапе Mapper. Весь алгоритм решения этой задачи реализован внутри платформы Hadoop в виде jar-файла WordCount.jar. Отметим, что Jar-файл (Java Archive) представляет собой архивный файл, который содержит в себе код, написанный на языке Java, библиотеки и системные ресурсы, которые необходимы для того, чтобы приложение могло выполняться на любой платформе, поддерживающей Java.

Для работы с платформой Hadoop необходимо установить любую реализацию платформы, поддерживающую разработку приложений на Java, например, OpenJDK 8 версии.

Список использованной литературы:

1. Рузанов П.А. Методология разработки клиентских приложений, использующих технологии баз данных. - Актуальные проблемы социально-экономической статистики и цифровизации экономических расчетов. Сборник научных статей III Всероссийской научно-практической конференции. Нижний Новгород, 2024. — С. 90-96.
2. Андреас Вайгенд BIG DATA. Вся технология в одной книге: Эксмо, 2018.
3. Ын А., Су К. Теоретический минимум по Big Data. Всё что нужно знать о больших данных. Издательство: Питер, 2019.

4. Макшанов А.В., Журавлев А.Е., Тындыкарь Л.Н. Большие данные. Big Data. Издательство: Лань, 2021.
5. Радченко И.А., Николаев И.Н. Технологии и инфраструктура BIG DATA. СПб.- Университет ИТМО, 2018. – 52 с.

НЕЙРОСЕТЕВАЯ КЛАСТЕРИЗАЦИЯ РЕГИОНОВ РОССИИ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ БЛАГОПОЛУЧИЮ В КОНТЕКСТЕ НАЦИОНАЛЬНЫХ ЦЕЛЕЙ ГОСУДАРСТВА

Семенов А.В., Перова В.И., Шанин И.Д.
Нижний Новгород, ННГУ

Аннотация. В статье исследована экологическая дифференциация субъектов Российской Федерации с использованием нейросетевых методов в контексте достижения национальных целей развития. Построена самоорганизующаяся нейронная сеть – карта Кохонена – для анализа окружающей среды на основе семи ключевых экологических показателей. Выделено семь типологических групп регионов, различающихся по уровню антропогенной нагрузки и природоохранной деятельности. Результаты кластеризации демонстрируют значительное расслоение экологического состояния субъектов РФ и могут оказать помощь для адресных мер, гармонизирующих с современными требованиями повышения экологического благополучия при поступательном инновационном развитии экономики регионов России.

Ключевые слова: регионы России, национальные цели, экологическое благополучие, самоорганизующиеся нейронные сети, кластеризация,

Достижение национальных целей развития, установленных в Указе Президента Российской Федерации от 07 мая 2024 года № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» [1], включая «экологическое благополучие» как одну из приоритетных целей, требует оценки современного состояния окружающей среды в регионах. Разнообразие природно-климатических условий и уровней хозяйственной деятельности обуславливает значительную неоднородность экологических характеристик субъектов РФ.

В настоящее время в России реализуется комплекс национальных проектов, направленных на снижение выбросов, ликвидацию несанкционированных свалок и сохранение биологического разнообразия. Однако эффективность этих мер во многом зависит от учёта региональной специфики. Существующие исследования показывают, что субъекты РФ значительно различаются по уровню антропогенного воздействия на

окружающую среду, что предполагает разработку адресных инструментов устойчивого развития инновационной экономики, опирающейся на ESG-принципы: *environment* – окружающая среда, *social* – социальное развитие, *governance* – корпоративное управление [2, 3]. Соблюдая принципы ESG, регионы могут получать длинные инвестиции для их стратегического развития.

На рис. 1 представлен динамический показатель инвестиций в основной капитал, направленных на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов в Российской Федерации, без субъектов малого предпринимательства и без налога на добавленную стоимость.

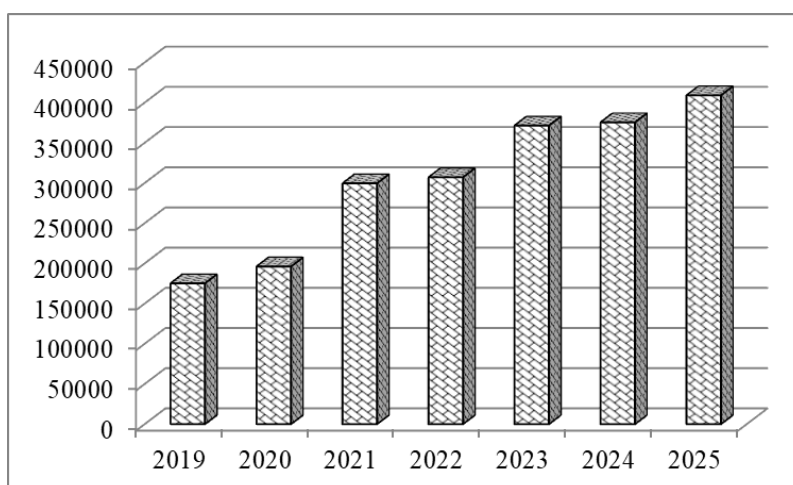


Рис. 1. Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов в Российской Федерации, млн руб. (в фактически действовавших ценах)

Источник: построено авторами по данным Росстата [4]

Данные на рис. 1 демонстрируют возрастание индикатора инвестиций на рассматриваемом интервале времени.

Отметим, что значительное влияние на экологическое благополучие оказывает воспроизводство лесов. На рис. 2 показана динамика воспроизводства лесов в России за 2019 – 2025 гг.

Результаты на рис. 2 показывают увеличение воспроизводства лесов в конце периода по сравнению с его началом.

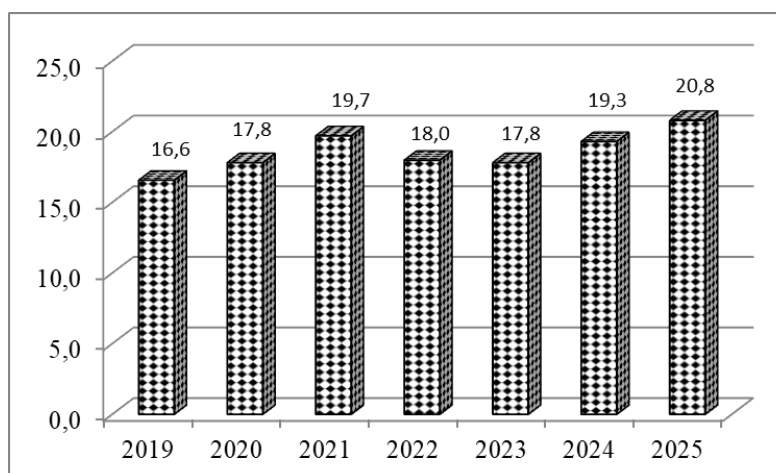


Рис. 2. Воспроизводство лесов в Российской Федерации, в % к общей площади лесовосстановления

Источник: построено авторами по данным Росстата [4]

В данной работе авторами для оценивания экологического благополучия построена самоорганизующаяся нейронная сеть [5–9] – карта Кохонена, с применением отечественной программной системы Deductor [10]. Это позволяет выделить однородные группы регионов без априорных предположений о структуре данных. Нейронная сеть разграничила субъекты РФ на семь кластеров совокупно по следующим официальным статистическим признакам [4]: X1 – Захоронение твердых коммунальных отходов, тыс. т; X2 – Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, тыс. т; X3 – Сброс загрязненных сточных вод в водные объекты, млн м³; X4 – Улавливание загрязняющих атмосферу веществ, тыс. т; X5 – Использование свежей воды, млн м³; X6 – Расходы на охрану окружающей среды, тыс. руб.; X7 – Площадь особо охраняемых природных территорий, тыс. га.

Выходной слой нейронной сети имеет вид топологической карты (рис. 3).

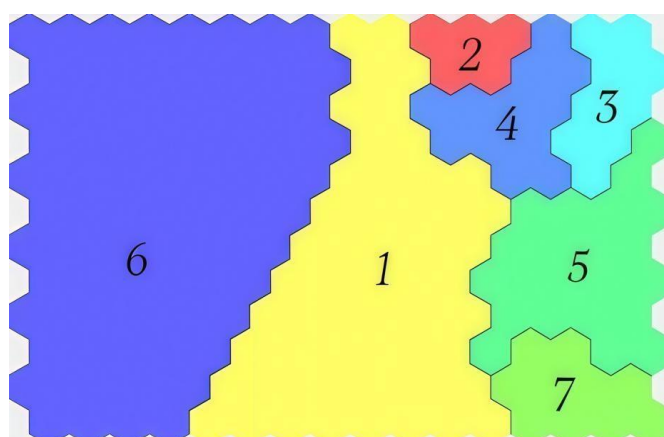


Рис. 3. Самоорганизующаяся карта Кохонена интеграции субъектов РФ по кластерам

Источник: авторская разработка

Нейросетевой анализ выявил семь устойчивых региональных кластеров, архитектура которых представлена в табл. 1.

Таблица 1

Структура кластеров и количество регионов

Кластер	Субъекты РФ
№ 1	Ивановская область, Костромская область, Курская область, Орловская область, Рязанская область, Смоленская область, Тамбовская область, Тверская область, Псковская область, Курганская область, Республика Алтай, Республика Тыва, Республика Хакасия, Республика Бурятия, Еврейская автономная область, Чукотский автономный округ (16 регионов)
№ 2	г. Москва, г. Санкт-Петербург, Московская область (3 региона)
№ 3	Ханты-Мансийский АО – Югра, Ямало-Ненецкий АО, Тюменская область, Красноярский край, Сахалинская область (5 регионов)
№ 4	Краснодарский край, Ростовская область, Белгородская область, Ставропольский край, Республика Адыгея, Республика Калмыкия, Астраханская область (7 регионов)
№ 5	Челябинская область, Свердловская область, Нижегородская область, Пермский край, Кемеровская область, Вологодская область, Липецкая область, Тульская область, Ярославская область, Калужская область, Брянская область, Владимирская область (12 регионов)
№ 6	Воронежская область, Волгоградская область, Оренбургская область, Хабаровский край, Республика Карелия, Мурманская область, Архангельская область, Ненецкий АО, Новгородская область, Ленинградская область, Калининградская область, Пензенская область, Ульяновская область, Кировская область, Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Чувашская Республика, Саратовская область, Самарская область, Удмуртская Республика, Республика Башкортостан, Республика Татарстан, Республика Северная Осетия — Алания, Кабардино-Балкарская Республика, Карачаево-Черкесская Республика, Чеченская Республика, Республика Ингушетия, Республика Дагестан, Республика Крым, г. Севастополь, Новосибирская область, Омская область, Томская область, Алтайский край, Иркутская область (35 регионов)
№ 7	Республика Саха (Якутия), Камчатский край, Магаданская область, Республика Коми, Забайкальский край, Амурская область, Приморский край (7 регионов)

Источник: авторская разработка

Как следует из табл. 1, выделенные кластеры различаются по численности в них субъектов и по географическому положению. Например, кластер № 3 включает пять сырьевых регионов, где добыча полезных ископаемых сочетается с высокими расходами на природоохранные мероприятия. Кластер № 7 состоит из семи субъектов. Их объединяют огромные площади особо охраняемых природных территорий и низкая плотность населения.

Для более детального анализа различий между кластерами были рассчитаны средние значения показателей по каждому кластеру, а также средние факторы по Российской Федерации (табл. 2).

Таблица 2

**Средние значения экологических показателей
по кластерам и по России**

Кластер Фактор	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	Среднее по РФ
X1	208,1	1569,7	484,8	618,4	677,4	423,1	166,7	457,6
X2	89,9	1118,7	183,4	174,6	215,2	175,9	156,4	197,2
X3	112,8	552,0	205,6	201,2	186,6	193,1	210,1	201,2
X4	101,4	335,0	210,0	307,9	332,5	216,6	227,6	223,5
X5	241,4	1638,3	3948,4	1750,3	1451,1	1364,1	1500,0	1369,7
X6	2,5	24,0	30,0	6,6	12,5	5,9	6,1	8,3
X7	695,9	463,7	7941,4	508,1	556,1	1301,3	20346,4	2946,2

Источник: авторская разработка

Анализ полученных результатов со стороны экологического благополучия, демонстрируемых в табл. 2, позволяет выделить следующие ключевые характеристики кластеров.

Кластер № 1 характеризуется минимальными значениями практически по всем показателям антропогенной нагрузки среди других кластеров. Так, например, захоронение ТКО – твердых коммунальных отходов (X1 = 208,1) ниже среднероссийского уровня (457,6) в 2,2 раза, сброс загрязненных сточных вод в водные объекты (X3 = 112,8) – в 1,8 раза, использование свежей воды (X5 = 241,4) – в 5,7 раза. Расходы на охрану окружающей среды (X6 = 2,5) также минимальны (в 3,3 раза ниже среднего по РФ). Это подтверждает статус регионов кластера № 1 как территорий с минимальным техногенным воздействием, однако одновременно свидетельствует о слабой природоохранной деятельности.

Кластер № 2 является полной противоположностью кластеру № 1. Все факторы, аттестующие регионы данного кластера, выше общих средних по России индикаторов и выше среди остальных кластеров, кроме признака X7, являющегося наименьшим. В регионах кластера № 2 значения X1 (захоронение ТКО = 1569,7) превышают среднее значение по РФ в 3,4 раза, X2 (выбросы загрязняющих веществ в атмосферу = 1118,7) – в 5,7 раза, X3 (сброс загрязненных сточных вод в водные объекты = 552,0) – в 2,7 раза. Расходы на охрану окружающей среды (X6 = 24,0) также превышают среднероссийский показатель, что свидетельствует о наличии развитой природоохранной инфраструктуры. Однако площадь особо охраняемых природных территорий (ООПТ) (X7 = 463,7) минимальна и в 6,3 раза ниже среднероссийского уровня (2946,2), что указывает на острый дефицит охраняемых природных территорий в мегаполисах и их пригородах.

Кластер № 3, интегрируя сырьевые и нефтегазовые регионы, демонстрирует экстремально высокое использование свежей воды (X5 = 3948,4), что в 2,9 раза выше среднего по РФ (1369,7). Это требует особого внимания к технологиям оборотного водоснабжения в добывающей

промышленности. Расходы на охрану окружающей среды ($X_6 = 30,0$) – самые высокие, что отражает инвестиции нефтегазовых компаний в очистное оборудование. Площадь ООПТ ($X_7 = 7941,4$) также значительно превышает средний уровень по России (в 2,7 раза), что связано с наличием крупных заповедников в Красноярском крае и Тюменской области.

Кластер № 4 имеет четыре показателя (X_1 , X_3 , X_4 , X_5), больше среднероссийского уровня, и три показателя (X_2 , X_6 , X_7) меньше среднего по России уровня. Данная группа регионов аттестуется умеренной антропогенной нагрузкой, что можно объяснить наличием аграрной специализации субъектов.

Кластер № 5 включает в себя крупные промышленные регионы и отличается значениями показателей на уровне выше средних значений по РФ, за исключением индикаторов X_3 и X_7 . Например, захоронение ТКО ($X_1 = 677,4$) на 48% выше среднего по России. Расходы на охрану окружающей среды ($X_6 = 12,5$) превышают средний по РФ уровень в 1,5 раза, что отражает значительные вложения промышленных предприятий в природоохранные технологии.

Кластер № 6 содержит наибольшее количество субъектов среди кластеров. Все показатели в этой группе максимально приближены к средним по Российской Федерации, оставаясь ниже общих среднероссийских значений. Имеем: $X_1 = 423,1$ (среднее 457,6), $X_2 = 175,9$ (среднее 197,2), $X_3 = 193,1$ (среднее 201,2), $X_4 = 216,6$ (среднее 223,5), $X_5 = 1364,1$ (среднее 1369,7), $X_6 = 5,9$ (среднее 8,3), $X_7 = 1301,3$ (среднее 2946,2). Это позволяет рассматривать данную группу регионов как стандартную для экологического состояния большинства субъектов России.

Кластер № 7 (северные и дальневосточные регионы – экологические лидеры) имеет рекордную площадь особо охраняемых природных территорий ($X_7 = 20346,4$), что более чем в 6 раз превышает среднероссийский уровень (2946,2). Это обусловлено нахождением в кластере Республики Саха (Якутия) с её огромными охраняемыми территориями (более 115 млн га). При этом показатели загрязнения окружающей среды находятся на низком уровне: $X_1 = 166,7$ (ниже среднего в 2,7 раза), $X_2 = 156,4$ (ниже среднего на 21%), $X_3 = 210,1$ (близко к среднему). Высокое использование свежей воды ($X_5 = 1500,0$) может быть связано с экономической деятельностью и низкой плотностью населения, а не с загрязнением водных объектов. Уровень экологического благополучия регионов данного кластера можно оценить как природоохранный.

Итак, результаты работы свидетельствуют о выраженной экологической неоднородности субъектов Российской Федерации. Нейросетевой кластерный анализ с применением современных информационных технологий позволил сформировать семь устойчивых типологических групп с четко различающимися характеристиками антропогенного воздействия на окружающую среду и природоохранного

потенциала. Практическая ценность исследования заключается в разработке научно обоснованной типологии регионов для адресного планирования экологических мероприятий в соответствии с национальными целями развития Российской Федерации.

Список использованной литературы:

1. Указ Президента РФ от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года». – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202405070015> (дата обращения: 25.03.2026).
2. Замятина М.Ф., Тишков С.В. ESG-факторы в стратегиях компаний и регионов России и их роль в региональном инновационном развитии // Вопросы инновационной экономики. 2022. Т. 12. № 1. С. 501–518.
3. Летягина Е.Н., Перова В.И. Нейросетевое исследование устойчивого развития экономики регионов России на основе ESG-принципов // Развитие и безопасность. 2023. № 1. С. 93–105.
4. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики (Росстат) [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosstat.gov.ru>.
5. Кохонен Т. Самоорганизующиеся карты. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2008. 655 с.
6. Перова В.И. Нейронные сети в экономических приложениях. Часть 2. Нейронные сети, обучаемые без учителя: Учебное пособие. Н. Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2012. 135 с.
7. Плехова Ю.О., Перова В.И. Инновационный метод анализа управления социально-экономическим развитием регионов России с применением нейросетевого моделирования // Вопросы инновационной экономики.. 2025. Т. 15. № 1. С. 125–144.
8. Перова В.И., Плехова Ю.О. Методы искусственного интеллекта в исследовании экономической деятельности субъектов Российской Федерации в контексте усиления технологического лидерства страны // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2024. № 3. С. 42–49.
9. Плехова Ю.О., Семенов А.В., Перова В.И., Панов А.И. Нейросетевой анализ инновационного развития экономики субъектов Российской Федерации в контексте технологического лидерства страны // На страже экономики. 2025. № 4. С. 45–54.
10. Аналитическая платформа Deductor. – URL: <https://basegroup.ru>.

**ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО
ИНТЕЛЛЕКТА СОТРУДНИКОВ ОНЛАЙН-ШКОЛ**

Сергеев К.И.
Воронеж, ВГУ

Аннотация: В условиях роста рынка онлайн-образования и усиления конкуренции между образовательными платформами особую значимость приобретает не только привлечение новых обучающихся, но и удержание имеющегося состава. В этой связи эмоциональный интеллект сотрудников

онлайн-школ рассматривается как экономический фактор, влияющий на эффективность деятельности онлайн школ. Эмпирическая часть исследования основана на анализе данных онлайн-школы, включающих опросы преподавателей, родителей и административного персонала. Выявлена взаимосвязь между эмоциональным интеллектом сотрудников и операционной эффективностью онлайн-школ.

Ключевые слова: эмоциональный интеллект, онлайн-образование, удержание учеников, операционная эффективность.

В настоящее время онлайн-школы представляют собой образовательную экосистему, где основными направлениями деятельности являются подготовка к экзаменам различного уровня сложности и повышение академической успеваемости по различным предметам преимущественно в рамках европейских образовательных программ. Специфика работы в данном сегменте предполагает высокие требования не только к профессиональным компетенциям преподавателей, но и уровню взаимодействия с учениками и родителями.

Качественный анализ деятельности онлайн-школ позволяет выделить ряд особенностей, определяющих операционную эффективность школы. Несмотря на относительно стабильную работу школ, отметим проблему раннего оттока учеников. Как показывает анализ статистических данных, что, несмотря на постоянное взаимодействие администраторов, кураторов и отдела контроля качества с обучающимися, в течение первых двух месяцев обучения прекращают 63 обучающихся на каждую 1000 привлечённых. При этом отмечается, что в онлайн-школах значительные финансовые ресурсы расходуются на маркетинговые инструменты и мероприятия по привлечению новых обучающихся нежелезнее чем на удержание имеющегося состава. Результаты мониторинга работы руководителей образовательных групп и административного персонала показывают, что личностные и гибкие навыки преподавателя рассматриваются как один из факторов решения указанной проблемы. Таким образом, наряду с профессиональными и цифровыми компетенциями педагогического состава существенную роль играет их способность выстраивать эффективное взаимодействие с обучающимися и родителями, управлять эмоциональным фоном урока и корректно реагировать на конфликтные ситуации [1]. Таким образом, эмоциональный интеллект сотрудников онлайн-школы выступает не только как обеспечивающий эффективную педагогическую деятельность фактор, но и как экономический потенциал.

Для проведения исследования выделим этапы экономического анализа эмоционального интеллекта сотрудников онлайн-школ:

1. Определение цели проведения анализа и обоснование выбора показателей, позволяющих оценивать эмоциональный интеллект и операционную эффективность деятельности.

2. Формирование информационного обеспечения анализа эмоционального интеллекта.

3. Выбор аналитических средств и подходов к проведению факторного анализа моделей влияния эмоционального интеллекта на операционную эффективность деятельности.

4. Формирование выводов по результатам анализа.

5. Уточнение моделей.

В научной литературе эмоциональный интеллект преподавателя рассматривается как «совокупность способностей, умений и навыков, позволяющих распознавать, управлять и корректировать собственные эмоциональные состояния, а также эмоциональные состояния окружающих в целях повышения эффективности образовательного процесса» [2]. Элементами эмоционального интеллекта являются эмпатия, саморегуляция и коммуникации между участниками образовательного процесса. Эмпатия позволяет учитывать эмоциональное состояние обучающихся и выстроить правильную коммуникацию; саморегуляцию рассматриваем как функцию контроля собственных реакций и обучающихся на стрессовые ситуации, а управление эмоциями – умение выстраивать эффективное взаимодействие, направленное на достижение поставленных целей образовательного процесса. В отличие от профессиональных компетенций эмоциональный во многом определяет качество взаимодействия с обучающимися и их родителями. В сервисных моделях экосистемы онлайн-образования, именно взаимодействие становится ключевым элементом воспринимаемой ценности услуги [3].

В этой связи, эмоциональный интеллект персонала представляет собой способность человека воспринимать эмоциональную информацию, анализировать её и использовать ее в профессиональной деятельности при взаимодействии с окружающими (контрагентами). Отсюда следует вывод, что эмоциональный интеллект является одновременно составляющей качества образовательной услуги и фактором устойчивости взаимодействия, что позволяет в некоторых случаях компенсировать отдельные академические недостатки. В деятельности онлайн-школ эмоциональный интеллект как обучающегося, так и педагога проявляется через конкретный поведенческий механизм, который строится на построении социальных отношений, способных снизить тревожность обучающегося и родителя, корректно дать обратную связь без демотивации обучающегося, удержать внимание и распознать снижение вовлечённости в дистанционном формате [4]. Таким образом, даже при высоком уровне академической подготовки недостаточный уровень эмоционального интеллекта персонала может негативно сказываться в целом на результатах образовательного процесса и способствовать уходу обучающихся.

Операционная эффективность деятельность онлайн-школ определяется как отношение операционной прибыли и выручки от оказания

образовательных услуг. Операционная прибыль определяется как разница между выручкой и операционными расходами. По данным большинства создателей онлайн школ ценообразование на образовательные продукты устанавливается исходя из стоимости аналогичных курсов у конкурентов (36% респондентов), 30 % респондентов устанавливает цену, отталкиваясь от средней стоимости учебного часа и квалификации преподавателя, 16% респондентов используют доходный подход, а затратным методом рассчитывают стоимость 18% респондентов [5]. В качестве метрики операционной эффективности образовательной деятельности в краткосрочном периоде используется показатель конверсии, который определяется как доля обучающихся, совершивших покупку образовательных курсов после демонстрационного (пробного) занятия. Рост конверсии в среднем на 5–10% может приводить к существенному росту продаж без дополнительных расходов на маркетинговые мероприятия и способствовать росту операционной прибыли. В долгосрочном периоде операционная эффективность онлайн-школы в большей степени определяется как доход или прибыль, которые онлайн-школа получает в среднем от обучающегося за определенную продолжительность обучения (3 месяца, 6 месяцев, 10 месяцев и т.д.) и показателем удержания как доли лояльных обучающихся, продолжающих обучение на долгосрочной основе. Увеличение средней продолжительности обучения на один месяц приводит к значительному росту общей выручки с одного ученика и, соответственно, его удержанию.

Для обоснования выбора показателей, позволяющих оценивать эмоциональный интеллект и его влияние на операционную эффективность образовательной деятельности, проведен опрос персонала на примере международной онлайн-школы, имеющей в штате более 70 преподавателей и 500 обучающихся. В табл. 1 представлены результаты опроса преподавателей, направленного на выявление наиболее сложных эмоциональных ситуаций в образовательном процессе. Полученные результаты показывают, что значительная часть сложностей преподавания связана с коммуникацией и управлением эмоциональным состоянием участников образовательного процесса.

Таким образом, ключевые вызовы в работе преподавателя лежат не только в академической плоскости, но и области эмоционального взаимодействия, что подтверждает значимость эмоционального интеллекта как профессиональной компетенции. Деятельность онлайн-школы обладает рядом особенностей, усиливающих значимость эмоционального интеллекта сотрудников по сравнению с традиционным офлайн-форматом обучения. В первую очередь, дистанционный характер взаимодействия ограничивает возможность считывания невербальных сигналов, таких как мимика и жесты, что усложняет понимание эмоционального состояния обучающегося. В таких условиях преподаватель вынужден опираться на

косвенные признаки, что требует более высокого уровня коммуникативной гибкости и мотивирования.

Таблица 1

Результаты опроса преподавателей на предмет возникающих эмоциональных сложностей педагогической деятельности в онлайн-школах

Вопрос	Наиболее частый ответ	Удельный вес респондентов, %
Какие ситуации на уроке самые эмоционально сложные?	Работа с немотивированным учеником	48
Когда сложнее всего сохранять спокойствие?	При невыполнении домашнего задания	42
Какие родители вызывают наибольшие трудности?	Родители с завышенными ожиданиями	37
Какие ученики наиболее сложны?	Пассивные / «не включаются» в урок	44
Что чаще всего вызывает конфликт?	Несовпадение ожиданий (результат / реальность)	39

Источник: построено автором по результатам опроса

Особенностью формата онлайн-обучения является наличие дополнительного субъекта коммуникации. Родитель принимает решение о продолжении обучения и оценивает качество услуги со слов обучающегося, что не всегда является адекватной оценкой. Это требует от всех сотрудников способности выстраивать эффективную коммуникацию сразу с несколькими участниками с учетом разных ожиданий и цели. Проблемные ситуации могут возникать на различных этапах взаимодействия: в ходе урока, при коммуникации в чатах, а также при согласовании расписания и переносов занятий. Поэтому на эффективность помимо эмоционального интеллекта преподавателей оказывают влияние администраторы и менеджерский состав. В табл. 2 представлены результаты опроса административного персонала и тимлидов, которые подтверждают, что значительная часть сложностей связана с построением коммуникаций.

Таблица 2

Результаты опроса административного персонала и тимлидов

Вопрос	Наиболее частый ответ	Удельный вес респондентов, %
В каких точках чаще всего возникают конфликты?	Коммуникация преподаватель–родитель	46
Что сложнее решать?	Коммуникационные проблемы	61
Какие негативные ситуации чаще обсуждаются?	Жалобы родителей на формат общения	52
Где чаще возникают проблемы?	В чатах и переписке	43
Можно ли было избежать части конфликтов?	Да, при более корректной коммуникации	68

Источник: построено автором по результатам опроса

Таким образом, высокий уровень эмоционального интеллекта позволяет снижать вероятность конфликтов, улучшать взаимодействие с клиентами и, как следствие, оказывать положительное влияние на экономические показатели деятельности организации. Большое внимание в онлайн-школах уделяется диагностическому занятию, в рамках которого формируется первое впечатление клиента о формате работы в школе. Несмотря на то, что данный этап формально связан с оценкой уровня знаний ученика, на практике он выполняет функцию установления коммуникации между школой, учеником и родителем. В этом контексте эмоциональный интеллект преподавателя становится одним из определяющих факторов, влияющих на решение о покупке.

Традиционно после каждого диагностического (пробного) занятия проводится опрос родителей с целью выявления факторов, влияющих на принятие решения о покупке. В табл. 3 приведены результаты сравнения ответов клиентов, принявших решение о продолжении обучения, и тех, кто отказался.

Таблица 3

Влияние факторов эмоционального взаимодействия на решение о покупке

Фактор	Удельный вес ответов респондентов, %	
	Купили абонемент	Не купили абонемент
Преподаватель понял особенности ребёнка	82	41
Комфортное общение на уроке	88	52
Возникло доверие к преподавателю	91	47
Чёткая и доброжелательная обратная связь	85	49
Ребёнку понравился формат урока	79	45

Источник: построено автором по результату опроса

Родители, принявшие решение о покупке, отмечают высокий уровень эмпатии и комфортной коммуникации со стороны преподавателя. Дополнительно анализ показывает, что среди основных причин отказа фигурируют формулировки, связанные не с академическим уровнем занятия, а с субъективным восприятием взаимодействия: «не было контакта», «ребёнок чувствовал себя неуверенно», «слишком сухая подача», «не слышали ребенка». Это подтверждает, что эмоциональный интеллект преподавателя оказывает прямое влияние на формирование коммуникации. Как показывают исследования, даже при наличии хорошей успеваемости обучающийся может прекратить занятия при появлении эмоционального дискомфорта. В этой связи существенная доля оттока обучающихся приходится на первые два месяца обучения.

В табл. 4 представлены результаты опроса родителей учеников, продолжающих и прекративших обучение в онлайн-школе. Родители продолжающих обучение учеников значительно чаще отмечают наличие

эмоционального контакта, поддержку и мотивацию со стороны преподавателя. На практике преподаватель с высоким уровнем эмоционального интеллекта смог удержать ученика с изначально низкой мотивацией за счёт адаптации формата урока и регулярной позитивной обратной связи. В противоположной ситуации ученик с изначально хорошим уровнем подготовки прекратил обучение после нескольких занятий из-за отсутствия контакта и формального подхода преподавателя.

Таблица 4

Факторы удержания учеников (по мнению родителей)

Фактор	Удельный вес ответов респондентов, %	
	Действующие ученики	Ушедшие ученики
Ребёнку комфортно на уроке	87	46
Есть контакт с преподавателем	83	39
Преподаватель мотивирует	78	34
Ребёнок чувствует поддержку	81	37
Понятна обратная связь родителям	85	51

Источник: построено автором по результат опроса

Также следует анализировать изменение уровня операционных расходов онлайн-школы. Данный аспект зачастую недооценивается, поскольку напрямую не учитывается в ключевых показателях эффективности, однако оказывает существенное влияние на загрузку команды и стабильность процессов. Рост операционных расходов во многом связан с обработкой жалоб, заменами преподавателей и разрешением конфликтных ситуаций. Опрос администраторов и тимлидов показывает, что более половины жалоб родителей и обучающихся имеют коммуникативную природу (рис. 1). Каждый такой конфликт приводит к увеличению трудоемкости административных работ в виде дополнительных организационных действий (например, поиска и замены преподавателя, согласования расписания и т.п.).



Рис. 1. Структура причин жалоб в онлайн школе

Построено автором по результатам опроса

Таким образом, результаты исследования демонстрируют системное влияние эмоционального интеллекта на операционную эффективность онлайн-школ. Сам уровень эмоционального интеллекта можно представить как функцию, включающую уровни вовлеченности персонала, эффективности командной работы и управленческих решений (табл. 5).

Таблица 5

Уровень эмоционального интеллекта сотрудников

Показатель	Экономическое содержание и методы оценки
Уровень вовлеченности персонала в деятельность онлайн-школы	уровень мотивации, способность сотрудников к развитию и самообразованию, индукция профессиональных достижений и индекс персонализации
Уровень эффективности командной работы	рост производительности, удовлетворенности клиентов, снижение текучести кадров, инициативность членов группы
Уровень управленческой эффективности	сохранение клиентов, использование инноваций, рост качества операционных процессов

Источник: построено автором по результат опроса

На основе проведённого анализа можно сформулировать ряд практических рекомендаций для онлайн-школ. Во-первых, целесообразно внедрить оценку эмоционального интеллекта в систему отбора и аттестации персонала. Во-вторых, необходимо развивать навыки коммуникации через обучение и разбор практических ситуаций. В-третьих, рекомендуется включить показатели, связанные с качеством взаимодействия, в критерии профессионального роста управленческого персонала. Дополнительно рекомендуется разработать стандартизированные шаблоны коммуникации с родителями, а также инструментов раннего выявления «нелояльных» учеников. Реализация данных мер позволит системно управлять качеством взаимодействия и снижать влияние человеческого фактора на бизнес-показатели.

В рамках проведённого исследования показано, что эмоциональный интеллект сотрудников онлайн-школы представляет собой не только социальную характеристику, но и экономический ресурс. Его влияние проявляется через повышение конверсии, увеличение продолжительности обучения и снижение операционных расходов на удержание обучающихся. В современных условиях развития рынка онлайн-образования эмоциональный интеллект становится одним из факторов формирования устойчивого конкурентного преимущества, что обуславливает необходимость его учета в анализе эффективности образовательной деятельности.

Список использованной литературы:

1. Martin F., Sun T., Westine C.D. A Systematic Review of Research on Online Teaching and Learning from 2009 to 2018 [Электронный ресурс] // Computers & Education. – 2020. – Vol. 159. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104009> (дата обращения: 18.04.2026).
2. Гусева А.Ю., Малолеткова А.В. Понятие «эмоциональный интеллект педагога дошкольной образовательной организации» // Проблемы современного педагогического образования. – 2021. – №72-4. – С. 319-323.
3. Keefer K.V., Parker J.D.A., Saklofske D.H. Emotional Intelligence in Education: Integrating Research with Practice [Электронный ресурс]. London: Springer Cham Publ., 2018. – 642 p. – URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-90633-1> (дата обращения: 14.04.2026).
4. MacCann C., Jiang Y., Brown L.E.R., Double K.S., Bucich M., Minbashian A. Emotional Intelligence Predicts Academic Performance: A Meta-Analysis // Psychological Bulletin. – 2020. – Vol. 146 (2). – pp. 150–186. – URL: <https://doi.org/10.1037/bul0000219> (дата обращения: 18.04.2026).
5. Барометр_онлайн-образования_2019 [Электронный ресурс]. – URL: https://media.rbc.ru/media/reports/%D0%91%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80_%D0%BE%D0%BD%D0%BB%D0%B0%D0%B9%D0%BD-%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F_2019.pdf (дата обращения: 18.04.2026).

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ЦИФРОВУЮ ТРАНСФОРМАЦИЮ БИЗНЕСА

Соменкова Н.С., Стрекаловская Д.А.
Нижегород, ННГУ

Аннотация: В данной работе исследуется влияние искусственного интеллекта на цифровую трансформацию бизнеса. Показано, что внедрение технологий искусственного интеллекта приводит к изменению структуры управления, трансформации рынка труда и формированию новых бизнес-моделей. Рассмотрено практическое применение использования искусственного интеллекта в разных сферах экономики. Проанализировано нормативно-правовое регулирование применения цифровых технологий в Российской Федерации.

Ключевые слова: искусственный интеллект, цифровая трансформация, цифровая экономика.

Современная экономика находится в стадии активной трансформации. Организации постоянно меняют способы ведения бизнеса, внедряют инновационные разработки и пересматривают подходы, используемые в управлении. Одним из важных факторов этих изменений стал искусственный интеллект (ИИ). Он влияет как на отдельные процессы,

так и на структуру всего бизнеса в целом. Под его воздействием меняются организационные модели, требования к персоналу и принципы по взаимодействию с потребителями.

Искусственный интеллект постепенно становится одним из простейших средств для управления. Компании используют его для анализа информации, планирования и прогнозирования, контроля, а это, в свою очередь, позволяет быстрее принимать решения и снижать влияние человеческого фактора. Руководство получает более точные данные, что позволяет принимать взвешенные и эффективные решения.

В последнее время стало наиболее заметно влияние искусственного интеллекта в организационной структуре бизнеса, где традиционные иерархические модели отступают, отдавая место более гибким формам управления. Ранее, принятие решений занимало много времени из-за прохождения информацией нескольких уровней управления и ожиданием ответа каждого из уровней. Сейчас значительная часть решений принимается на основе обработанных интеллектуальными системами данных, это сокращает время на ожидание, повышает скорость работы компании. В результате чего структура организации становится более плоской, уменьшается количество промежуточных уровней в управлении, повышается роль аналитиков и IT-специалистов. Появляются новые должности, связанные с обработкой данных, разработкой алгоритмов и управлением цифровыми системами, что в свою очередь приводит к перераспределению функционала внутри компании [2].

Еще одним направлением, где ИИ играет важную роль, является рынок труда. С одной стороны, внедрение ИИ приводит к снижению спроса на низкоквалифицированный труд, а с другой – растёт потребность в высококвалифицированных специалистах, умеющих работать с цифровыми технологиями. Всё это ведёт к технологичному развитию, постоянному обучению, овладению новыми навыками и подстраиванию под текущие приоритеты бизнеса. ИИ способствует изменениям не только в структуре профессий, он также модифицирует сам характер труда: он делается более интеллектуальным, требующим аналитического мышления и нестандартного взгляда на принятие решений, это способствует повышению стандартов к образованию и профессиональной подготовке кадров [3].

Наиболее широкое применение технологии искусственного интеллекта получили в организациях торговли, транспорта, финансовой сферы, а также высшего образования (рис.1).

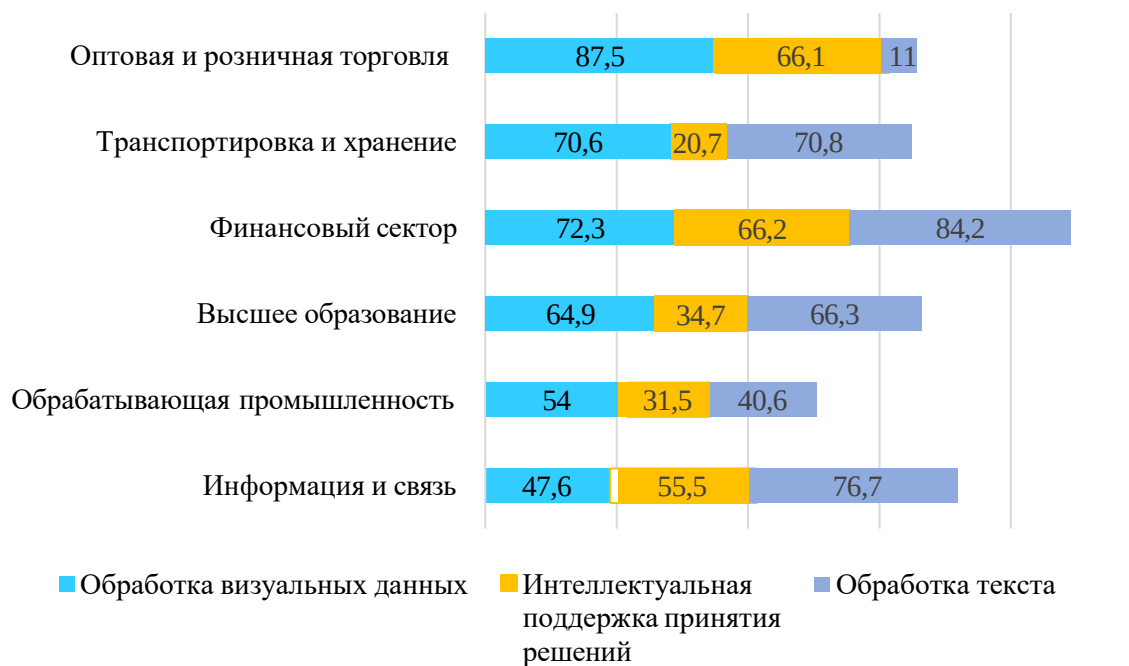


Рис.1. Доля организаций, использующих технологии искусственного интеллекта в 2024 году, %

Источник: Построено авторами по [1]

Самыми востребованными технологиями ИИ являются обработка визуальных данных и интеллектуальная поддержка принятия решений.

Наиболее часто организации использовали технологии ИИ в маркетинге и продажах (51,6%), производстве товаров/ оказании услуг (50,6%) и управлении персоналом (50,5%) (рис.2).



Рис.2. Доля организаций, использующих технологии искусственного интеллекта в бизнес-процессах в 2024 году, %

Источник: Построено авторами по [1]

Основными результатами использования технологий ИИ являются повышение качества/эффективности бизнес-процессов и рост доходов (рис.3).



Рис.3. Оценка организациями результатов использования технологий искусственного интеллекта, %

Источник: Построено авторами по [1]

Практическое применение ИИ охватывает широкий круг отраслей: в финансовом секторе он используется для оценки рисков, анализа поведения клиентов и для выявления схем мошенничества. Банки применяют интеллектуальные системы для автоматизации обслуживания, что позволяет повысить качество сервиса, время обработки запросов заметно сокращается. В промышленной сфере он помогает контролировать состояние оборудования, прогнозируя поломки, выявляет несоответствия, а это в свою очередь снижает количество простоев, а также повышается эффективность производства.

В логистической отрасли ИИ используется для построения маршрутов и управления поставками. Это позволяет уменьшать затраты и ускорять доставки, повышая эффективность деятельности. В сфере государственных услуг искусственный интеллект также активно используется, например, при обработке обращений граждан, ИИ-ассистент на портале «Госуслуги», что повышает доступность сервисов.

Особым является развитие цифровых платформ, они объединяют различных участников рынка и позволяют обмениваться данными, а искусственный интеллект обрабатывает информацию и формирует рекомендации для более эффективного и удобного использования.

В России внедрение искусственного интеллекта активно поддерживается государством. Разрабатываются проекты по развитию цифровой экономики – с 2025 года реализуется национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства. Его задачами является подготовка специалистов в сфере информационных технологий, развитие цифровой инфраструктуры, внедрение платформенной модели взаимодействия граждан, бизнеса и государства. Всё это создает условия для широкого внедрения искусственного интеллекта в бизнесе и в экономике в целом.

Не менее важным элементом цифровой трансформации выступает нормативно-правовое регулирование: развитие искусственного интеллекта требует создания новых правил достойного пользования, необходимости определения ответственности за решения, принимаемыми алгоритмами, а также обеспечения защиты данных и соблюдения прав пользователей.

В России постепенно формируется законодательная база, регулирующая использование цифровых технологий. Особое внимание уделяется защите персональных данных, информационной безопасности, так как ИИ работает с большим объемом информации и важно предотвратить утечку данных, обеспечив правильное использование этих материалов [5].

Несмотря на положительные эффекты, внедрение ИИ связано с рядом проблем, во-первых, нехватка квалифицированных кадров, поскольку отечественные компании сталкиваются с трудностями при поиске специалистов. Во-вторых, это проблема качества предоставленных ИИ данных, поскольку если они неточны или неполны, то эффективность системы снижается. Наблюдается также неравномерность цифрового развития, в крупных городах и регионах РФ технологии внедряются быстрее, чем в небольших регионах. Для решения этой проблемы необходимы инвестиции в инфраструктуру и равномерное развитие цифровой среды на всей территории государства.

Для наглядного представления влияния ИИ на бизнес можно выделить основные направления его воздействия, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Ключевые направления воздействия ИИ в бизнесе

Сфера влияния	Основные изменения	Результат
Организационная структура	Переход компаний к гибким структурам в управлении на основе данных – усиление роли аналитиков и программистов, быстрое принятие решений благодаря внедрению цифровых систем	Значительное сокращение по времени принятия решений, рост эластичности и гибкости бизнеса, а также снижение управленческих издержек

Сфера влияния	Основные изменения	Результат
Рынок труда	Автоматизация рутинных задач, снижение потребности в низкоквалифицированном персонале, рост спроса на обучение в сфере ИИ и анализа данных	Изменение структуры занятости, рост производительности и эффективности труда
Финансовая сфера	Автоматизация процессов оценки пользователей, выявление мошеннических операций и анализ совершаемых транзакций	Снижение финансовых рисков, повышение надежности операций, сокращение времени обслуживания клиентов
Сервис по работе с клиентом	Использование чат-ботов и голосовых ассистентов	Снижение нагрузки на сотрудников, времени ответа на обращения, повышение качества обслуживания
Цифровые платформы	Формирование экосистем и маркетплейсов, которые способны объединить пользователей и множественные сервисы в единое целое	Рост бизнес-моделей, расширение рынка и увеличение базы среди клиентов

Источник: составлено авторами на основе [4]

Таким образом, искусственный интеллект оказывает комплексное влияние на цифровую трансформацию в бизнес-сфере. Он изменяет структуру управления, видоизменяет рынок труда и способствует развитию новых бизнес-моделей, а его применение позволяет повысить эффективность работы компаний и укрепить их позиции на рынке. Несмотря на все плюсы, внедрение технологий требует комплексного подхода. Необходимо развивать инфраструктуру, готовить квалифицированных специалистов и совершенствовать законодательную базу. Только при совмещении всех этих условий ИИ сможет в полной мере реализовать свой потенциал и стать основой устойчивого развития экономики и бизнеса.

Список использованной литературы:

1. Индикаторы цифровой экономики: 2026: статистический сборник / В.Л. Абашкин, Г.И. Абдрахманова, М.Я. Бочаров, К. О. Вишневский Л.М., Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: ИСИЭЗ ВШЭ, 2026. – 304 с.
2. Лукинов В.А., Соколов Д.А. Роль искусственного интеллекта в цифровой трансформации современной России // Научное обозрение. Технические науки. – 2023. – № 2. – С. 38-43
3. Магомедов Р. М. Влияние искусственного интеллекта на цифровую трансформацию бизнеса в России // Цифровые решения и технологии искусственного интеллекта. – 2025. – № 1 (4). – С.69-75.

4. Никонов П. М. Влияние искусственного интеллекта на цифровую трансформацию малого бизнеса // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2025. – №3 (121). – С. 225-228.
5. Тухугов Я. Ш., Баташев Р. В. Влияние искусственного интеллекта на трансформацию современных экономических моделей // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2024. – № 12-3 (118). – С. 110-112.

АНАЛИЗ СЕКТОРА МСП ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ КАК БАЗЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Сыч А.А.

Челябинск, ЮУрГУ

Аннотация. В статье рассматривается сектор малого и среднего предпринимательства Челябинской области как основа для оценки потенциала цифровой трансформации. На основе анализа структурных характеристик МСП, включая высокую долю микропредприятий и изменение структуры затрат на технологии, выявлены специфические барьеры и драйверы внедрения цифровых решений. Обосновывается вывод о необходимости адаптации стратегии цифровой трансформации к неоднородной структуре регионального бизнеса с акцентом на доступные сервисные модели.

Ключевые слова: малые и средние предприятия, Челябинская область, цифровая трансформация, микропредприятия, SaaS-модели, региональная экономика.

После принятия государственных программ, направленных на развитие цифровых экономик, тема цифровой трансформации стала часто упоминаться как представителями бизнеса, так и исследователями [6]. Но, несмотря на частую упоминаемость термина «цифровая трансформация» и наличие государственных программ по цифровой экономике, предполагающих в том числе проведение цифровой трансформации бизнеса и отраслей, единого общепринятого определения данного термина на сегодняшний момент не существует, а без понимания сущности «цифровой трансформации» разработать соответствующую стратегию и запустить проект трансформации невозможно.

Для целей настоящего исследования под цифровой трансформацией малых и средних предприятий будет пониматься процесс внедрения цифровых технологий, приводящий к изменению бизнес-процессов, моделей взаимодействия с контрагентами и организационной структуры, направленный на повышение эффективности деятельности в условиях рыночной конкуренции и регуляторных требований.

Необходимость такой трансформации обусловлена существенными изменениями, происходящими в структуре национальной экономики.

Все больше отраслей и секторов национальной экономики включаются в цифровую экономику: машиностроение, сельское хозяйство, строительство, связь, торговля, финансы, образование, медицина и др. Информационные технологии как главный фактор производства открыли большие возможности качественного экономического роста предприятий коммерческого и государственного секторов. Фактически все отрасли находятся на пороге новой промышленной революции, перехода на цифровые технологии – дигитализацию [5].

По данным официальной статистики, на протяжении последних лет наблюдалась стабилизация числа субъектов малого и среднего предпринимательства, однако их распределение по категориям остается крайне неравномерным. Подавляющее большинство зарегистрированных предприятий – это микропредприятия с численностью сотрудников до 15 человек. Именно эта группа, обладая наименьшими ресурсами и наибольшей гибкостью, является наиболее уязвимой перед лицом экономических колебаний и одновременно наиболее чувствительной к регуляторным изменениям. Для таких предприятий решение о внедрении любого цифрового инструмента – это не стратегический выбор, а вынужденная мера, направленная на решение сиюминутной операционной задачи, будь то сдача отчетности или подключение к системе маркировки [3, с. 7].

Столь высокая доля микробизнеса в структуре МСП региона определяет специфику спроса на цифровые решения. В отличие от крупных корпораций, готовых инвестировать в долгосрочные проекты с отложенным эффектом, микропредприятия требуют инструментов, которые просты в установке, доступны по цене и дают быстрый измеримый результат. Это смещает фокус спроса с комплексных ERP-систем на функциональные облачные сервисы, которые можно приобрести по подписке и использовать без содержания собственного IT-штата. Такая модель потребления, когда капитальные затраты замещаются операционными, становится для сектора МСП не просто предпочтительной, а зачастую единственно возможной [5, с. 65].

В таблице 1 отражены структурные изменения в распределении затрат организаций на внедрение цифровых технологий, демонстрирующие переход от капиталоемкой модели к сервисной.

Снижение доли оборудования в затратах и переход к аренде программных решений (SaaS-модели) делает цифровые инструменты более доступными. Для предприятий Челябинской области, особенно в сегменте микробизнеса, это открывает возможности для постепенной, поэтапной цифровизации, начиная с наиболее критичных участков – учета,

документооборота и взаимодействия с клиентами, без необходимости единовременного крупного вложения средств [8].

Таблица 1

Структура затрат на цифровые технологии (в % к итогу)

Вид затрат	2020 г.	2024 г.	Тенденция
Внутренние затраты (всего)	71,2	69,1	Незначительное снижение
в том числе: приобретение машин и оборудования	45,5	23,2	Резкое снижение
в том числе: приобретение программных средств	19,3	16,3	Стабилизация
Внешние затраты (всего)	28,8	30,9	Рост
в том числе: разработка, аренда, поддержка ПО	58,6 (от внешних)	19,9 (от внешних)	Снижение доли из-за импортозамещения

Таким образом, с одной стороны, высокая доля микропредприятий с ограниченными финансовыми и кадровыми ресурсами, сильная зависимость от крупных промышленных заказчиков и чувствительность к экономической конъюнктуре создают объективные барьеры для широкого внедрения технологий. С другой стороны, в регионе сложилась структура, где уже существует направленность для цифровизации, исходящие от промышленной кооперации и требований платформенных рынков. Потенциал региона заключается не в единовременном «большом скачке», а в последовательной реализации мер, учитывающих эту внутреннюю неоднородность и позволяющих каждому сегменту МСП – от промышленного субподрядчика до розничного магазина – найти свой путь к повышению эффективности через доступные и адекватные масштабу бизнеса цифровые инструменты.

Список использованной литературы:

1. О внесении изменений в распоряжение Правительства Российской Федерации от 22 октября 2021 г. № 2998-р: распоряжение Правительства РФ от 16 марта 2024 г. № 637-р // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2024. – № 12. – Ст. 3456.
2. Об отдельных вопросах регулирования платформенной экономики в Российской Федерации: Федеральный закон от 31 июля 2025 г. № 289-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2025. – № 31. – Ст. 2345.
3. Паспорт национального проекта «Экономика данных и цифровая трансформация государства»: утв. 01.01.2025. – Москва, 2025. – 26 с.
4. Развитие цифровой экономики в России. Программа до 2035 года. – [Б. м.: б. и.], 2035. – 40 с. – Режим доступа: <https://aetr.ru/news/item/410256>, свободный. – (Дата обращения: 17.03.2026).
5. Абытаева, А. Цифровая трансформация как основной фактор усиления конкурентных преимуществ бизнеса / А. Абытаева // Вестник Кыргызстана. – 2025. – № 1-1. – С. 65–72.

6. Даниловских, Т. Е. Цифровая трансформация финансового анализа для субъектов малого бизнеса в сфере розничной торговли / Т. Е. Даниловских, А. Д. Ушкова // Цифровое общество: научные инициативы и новые вызовы: Сборник научных трудов по материалам XVIII Международной научно-практической конференции, Москва, 17 ноября 2025 года. – М.: Автономная некоммерческая организация дополнительного профессионального образования «Университет информационных технологий и бизнес-образования», 2025. – С. 128–133.
7. Цифровизация: от комфортной жизни до обеспечения промпроизводства: экспертный аналитический доклад / [авт.-сост. Я. Авдиев и др.] ; ЦСП «Платформа». – М., 2025. – 52 с.
8. Основные показатели использования цифровых технологий в Челябинской области за 2024 год: [статистические данные]. – Челябинск, 2024. – 1 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ И БИЗНЕС-АНАЛИЗ АДМИНИСТРАТИВНОГО ПРОЦЕССА В ВУЗЕ НА БАЗЕ 1С

Шлыков А.А. Недостоев В.В.
Челябинск, ЮУрГУ

Аннотация: в статье рассматриваются вопросы бизнес-анализа административного процесса подготовки и выдачи справок студентам в вузе. Выявлены основные проблемы существующей организации процесса, предложена модель его совершенствования и автоматизации на базе 1С: Университет и 1С:Документооборот, а также определены ожидаемые организационные и временные эффекты внедрения цифрового решения.

Ключевые слова: бизнес-анализ, административный процесс, вуз, 1С: Университет, 1С:Документооборот.

В условиях цифровизации высшего образования особую значимость приобретает не только внедрение новых информационных систем, но и изменение подходов к анализу, организации и совершенствованию административных процессов. Для современного вуза важным фактором качества внутренней среды становится скорость и предсказуемость предоставления студентам типовых услуг. К ним относятся прием заявлений, выдача справок, обработка запросов, подтверждение статуса обучающегося и иные процедуры, напрямую влияющие на удовлетворенность студентов и на нагрузку административного персонала. По этой причине вопросы бизнес-анализа и последующей автоматизации подобных процессов становятся актуальным направлением развития цифровой инфраструктуры университета [6, 10].

В современных условиях бизнес-анализ понимается как комплексное исследование существующего процесса, включающее описание его текущего состояния, выявление заинтересованных сторон, фиксацию проблемных зон, формирование требований к целевой модели и оценку

ожидаемого эффекта от изменений. Такой подход особенно востребован в вузе, где многие административные процедуры формально стандартизированы, но фактически реализуются по-разному в зависимости от подразделения, степени загруженности сотрудников и сложившихся организационных практик. В результате даже типовая услуга может выполняться с разными сроками, неодинаковым качеством и разной степенью прозрачности для обучающегося [5].

Одним из наиболее показательных административных процессов в вузе является подготовка и выдача справок студентам. Справки требуются для военкомата, органов социальной защиты, работодателей, иных образовательных организаций и государственных структур. Несмотря на типовую характер документа, сам процесс его получения может включать несколько последовательных действий: прием обращения, идентификацию студента, уточнение вида справки, проверку сведений, подготовку документа, согласование, регистрацию результата и уведомление заявителя. Если данные этапы не формализованы и не поддерживаются информационной системой, процесс становится зависимым от ручных действий исполнителей и не обеспечивает единых стандартов обслуживания [3, 9].

С точки зрения бизнес-анализа текущая организация процесса обычно описывается через модель AS-IS. Для нее характерны несколько типичных особенностей. Во-первых, обращение студента может поступать через разные каналы: личное обращение, телефон, электронную почту, сообщение в мессенджере или через конкретного сотрудника. Во-вторых, регистрация запроса не всегда осуществляется в единой системе, поэтому часть обращений оказывается незафиксированной в цифровом контуре. В-третьих, проверка данных о студенте и подготовка справки нередко требуют обращения к нескольким источникам информации. В-четвертых, маршрут исполнения часто задается не регламентом, а фактической практикой подразделения. В-пятых, статус обращения остается непрозрачным для студента и слабо контролируемым для руководителя [4, 9].

Рассматриваемый процесс интересен тем, что он сочетает признаки массовости, повторяемости и управленческой значимости. С одной стороны, это относительно простая административная услуга, хорошо поддающаяся регламентации. С другой стороны, именно такие процессы сильнее всего демонстрируют проблемы фрагментарной организации работы: повторный ввод данных, неформализованные согласования, зависимость от конкретного сотрудника, отсутствие оперативной аналитики, сложность контроля сроков и рост рутинной нагрузки. Поэтому подготовка и выдача справок студентам может выступать пилотным объектом для внедрения инструментов бизнес-анализа и цифровой автоматизации в вузе [1].

При анализе процесса важно определить круг заинтересованных сторон и зафиксировать их ожидания. Для студента критичны доступность услуги, понятный способ обращения, отсутствие лишних визитов и соблюдение разумного срока исполнения. Для сотрудника деканата или иного подразделения важны сокращение ручных операций, наличие шаблонов документов, быстрый доступ к достоверным данным и снижение числа повторяющихся уточнений. Для руководства института или факультета значимы показатели загрузки сотрудников, уровень исполнительской дисциплины, соответствие сроков установленному регламенту и возможность выявлять проблемные точки процесса. Таким образом, целевая модель должна одновременно учитывать удобство пользователя, эффективность исполнителя и управляемость процесса на уровне подразделения.

Следующим этапом бизнес-анализа является определение границ процесса и его основных характеристик. Началом процесса целесообразно считать регистрацию обращения студента на получение справки, а завершением – выдачу готового документа либо направление студенту результата в установленной форме. Внутри процесса могут быть выделены этапы приема обращения, идентификации заявителя, проверки исходных данных, формирования документа, согласования при необходимости, фиксации результата и уведомления студента. Такое разложение процесса по этапам позволяет не только описать текущий порядок действий, но и установить, на каких участках возникают наибольшие временные потери и риски ошибок [1].

На основе проведенного анализа формируется модель ТО-ВЕ, то есть целевое состояние процесса. В данной модели предполагается единый цифровой канал обращения, автоматическая регистрация запроса, использование актуальных данных о студенте, формализованный маршрут исполнения, автоматический контроль сроков и фиксация истории прохождения документа. С практической точки зрения такую модель целесообразно реализовывать на базе связки 1С: Университет и 1С:Документооборот. Первая система обеспечивает доступ к сведениям об обучающихся, приказам, статусам, учебным группам и другим данным, необходимым для корректного оформления справки. Вторая обеспечивает маршрут исполнения, постановку задач, согласование, контроль сроков и последующую аналитику [2, 8].

Содержательно автоматизация в данном случае должна рассматриваться как результат бизнес-анализа, а не как самоцель. Если текущие проблемы процесса не определены, а требования заинтересованных сторон не зафиксированы, то даже внедрение функционально развитой информационной системы не приведет к ожидаемому эффекту. Напротив, при наличии четко описанной модели ТО-ВЕ цифровое решение становится инструментом устранения конкретных

узких мест: сокращает ручной ввод, формализует маршруты, снижает зависимость от индивидуальных действий сотрудников и создает единую основу для управленческого контроля. Именно в этом проявляется связь бизнес-анализа и автоматизации административного процесса.

Для наглядного сопоставления текущей и целевой моделей процесса представим их основные характеристики в таблице 1.

Таблица 1

**Специфика процесса подготовки
и выдачи справок в моделях AS-IS и TO-BE**

Параметр	Модель AS-IS	Модель TO-BE
Канал обращения	Несколько неунифицированных каналов	Единый цифровой канал
Регистрация запроса	Частично ручная	Автоматизированная
Проверка данных	По нескольким источникам, вручную	На основе данных 1С:Университет
Маршрут исполнения	Не всегда формализован	Настроен в 1С:Документооборот
Контроль сроков	Ручной, нерегулярный	Автоматический
Статус обращения	Непрозрачный для студента	Доступен для отслеживания
Аналитика	Ограниченная	Системная

Данные таблицы показывают, что переход к модели TO-BE означает изменение не одного отдельного действия, а всей логики управления услугой. В традиционной модели контроль носит преимущественно реактивный характер: руководитель узнает о задержке или ошибке постфактум, студент вынужден самостоятельно уточнять статус, а сотрудник опирается на собственный опыт и неформальные способы координации. В автоматизированной модели значительная часть процесса становится прозрачной и измеримой. Это создает условия для регулярного бизнес-анализа на основе фактических данных, а не единичных наблюдений [1, 3].

На следующем этапе анализа целесообразно определить показатели, по которым можно оценивать результативность процесса. К числу базовых показателей относятся среднее время исполнения обращения, доля заявок, выполненных в установленный срок, число возвратов на доработку, количество ошибок в подготовленных документах, частота ручного ввода данных и степень прозрачности статуса обращения для студента. Дополнительно могут использоваться показатели по видам справок, нагрузке на исполнителей, сезонным колебаниям обращений и числу согласующих действий. Наличие таких показателей важно не только для

оценки результата внедрения, но и для последующего совершенствования процесса в цикле постоянных улучшений.

Для более точной настройки целевой модели полезно разделить показатели на несколько групп: временные, качественные, организационные и пользовательские. Временные показатели отражают скорость прохождения обращения, качественные – корректность подготовленного результата, организационные – распределение нагрузки и соблюдение регламентов, пользовательские – удобство и прозрачность услуги для студента. Такая группировка позволяет связать метрики процесса с интересами конкретных участников и избежать ситуации, когда эффективность оценивается только по одному параметру, например по скорости исполнения. С позиции бизнес-анализа это особенно важно, так как избыточное сокращение сроков без учета качества и устойчивости процесса может привести к росту ошибок и возвратов.

С учетом сказанного можно выделить ключевые аналитические показатели, которые наиболее полезны для управления процессом подготовки и выдачи справок. Их обобщенная характеристика представлена в таблице 2.

Таблица 2

**Ключевые показатели бизнес-анализа процесса подготовки
и выдачи справок**

Показатель	Содержание	Управленческое значение
Среднее время исполнения	Показывает длительность прохождения обращения от регистрации до выдачи результата	Позволяет оценивать скорость процесса и выявлять задержки
Доля обращений в срок	Характеризует соблюдение установленного регламента	Используется для контроля исполнительской дисциплины
Количество возвратов	Фиксирует случаи доработки документа или повторной обработки обращения	Позволяет оценивать качество шаблонов и точность проверки данных
Количество ручных операций	Отражает долю действий, не автоматизированных системой	Показывает потенциал дальнейшей оптимизации
Прозрачность статуса	Определяет, может ли студент отслеживать стадию исполнения	Показывает потенциал дальнейшей оптимизации

Включение подобных показателей в контур управления дает возможность перейти от разовых организационных решений к регулярному анализу состояния процесса. Руководитель подразделения получает основу для сопоставления разных периодов, оценки динамики нагрузки и выявления тех этапов, где регламент выполняется нестабильно. Для бизнес-

анализа это принципиально, поскольку процесс становится не только описанным, но и операционализированным через измеримые характеристики. Соответственно, автоматизация на базе 1С обеспечивает не только исполнение операций, но и сбор данных для дальнейшей аналитики.

Отдельное значение имеет вопрос временной оценки процесса. При отсутствии полной статистики допустимо использовать расчетную экспертную оценку, которая показывает направление ожидаемого эффекта. Для типовых справок в традиционной модели наибольшие затраты времени приходятся на прием и регистрацию обращения, поиск и проверку данных, ожидание согласования и информирование студента. После автоматизации часть этих действий либо сокращается, либо переводится в цифровую среду. В результате уменьшается число ручных контактов, снижается вероятность задержек и сокращается общий срок исполнения. Ориентировочная оценка временных параметров представлена в таблице 3.

Таблица 3

Ориентировочная оценка временных параметров процесса

Этап	До автоматизации	После автоматизации
Прием и регистрация	10–20 минут	2-5 мин
Проверка данных	20-60 минут	1-5 минут
Согласование	От нескольких часов до 1 дня	5-30 минут
Формирование справки	15-30 минут	1-10 минут
Уведомление студента	По запросу, вручную	Автоматически
Общий срок исполнения	1-3 рабочих дня	От нескольких минут до 1-2 часов

Приведенные значения не следует рассматривать как универсальный норматив для всех случаев. Они характеризуют типовые справки при условии корректной настройки маршрутов, актуальности исходных данных и понятного распределения ролей между участниками процесса. Вместе с тем даже такая ориентировочная оценка позволяет зафиксировать ключевую тенденцию: автоматизация не просто ускоряет отдельные операции, а перераспределяет время внутри процесса, сокращая долю непроизводительных действий и усиливая управляемость исполнения.

С точки зрения современных подходов к бизнес-анализу важно, что после внедрения автоматизированной модели появляется возможность непрерывного анализа процесса на основе накопленных данных. Система позволяет увидеть, какие виды справок формируют наибольшую нагрузку, какие этапы чаще всего становятся причиной задержек, в какие периоды увеличивается поток обращений, сколько времени занимает согласование и какие отклонения повторяются наиболее часто. Эти сведения могут

использоваться для корректировки регламентов, перераспределения нагрузки между сотрудниками, доработки шаблонов документов и настройки контрольных сроков. Иными словами, автоматизация создает не только новый способ исполнения, но и основу для последующего цикла улучшений [6, 8, 10].

Еще один важный результат связан с повышением клиентоориентированности административного сервиса. В современной образовательной организации качество цифровой среды оценивается студентами не только по возможностям электронного обучения, но и по удобству решения повседневных административных вопросов. Если студент может подать обращение через понятный канал, получить уведомление о статусе, не дублировать одни и те же данные и заранее понимать ориентировочный срок исполнения, это влияет на общее восприятие вуза как современной и организованной структуры. Следовательно, бизнес-анализ административных процессов должен учитывать не только внутреннюю логику документооборота, но и пользовательский опыт конечного получателя услуги.

Для прикладного бизнес-анализа также важна оценка рисков внедрения. К числу таких рисков относятся недостаточная актуальность исходных данных, несогласованность регламентов между подразделениями, отсутствие единых шаблонов документов, недостаточная цифровая грамотность отдельных пользователей и попытки сохранить параллельный неформальный порядок обработки запросов. Если эти риски не будут учтены, эффективность целевой модели окажется ниже ожидаемой, а часть преимуществ автоматизации останется нереализованной. Поэтому проектирование процесса должно сопровождаться не только технической настройкой систем, но и управленческими мерами по стандартизации работы, обучению сотрудников и закреплению единых правил исполнения.

С практической точки зрения внедрение целевой модели может осуществляться поэтапно. На первом этапе выполняется описание текущего процесса и сбор требований от заинтересованных сторон. На втором этапе формируются регламент, шаблоны документов и маршрут исполнения типовых обращений. На третьем этапе проводится настройка 1С:Университет и 1С:Документооборот, а также тестирование маршрутов на ограниченном перечне справок. На четвертом этапе осуществляется запуск процесса в опытную эксплуатацию, сбор первичных показателей и корректировка настроек. Такой поэтапный подход снижает риски внедрения и делает автоматизацию управляемой с позиции бизнес-анализа.

Вместе с тем переход к модели ТО-ВЕ требует организационной подготовки. Необходимо определить перечень типовых справок, закрепить правила обработки нестандартных запросов, установить ответственных исполнителей, настроить права доступа, согласовать шаблоны документов

и определить показатели контроля. При отсутствии этих шагов автоматизация может воспроизвести текущие недостатки процесса в электронной форме. Поэтому прикладной бизнес-анализ является обязательным предварительным этапом внедрения информационной системы, поскольку именно он позволяет сформулировать требования к целевой модели и соотнести техническое решение с реальными потребностями пользователей и исполнителей [1, 4].

Таким образом, административный процесс подготовки и выдачи справок студентам представляет собой удобный объект для бизнес-анализа в условиях цифровизации вуза. Он демонстрирует типичные проблемы массовых административных услуг: фрагментарность каналов обращения, ручной характер проверки данных, слабую прозрачность маршрутов и ограниченные возможности контроля. Проведенный анализ показывает, что использование 1С:Университет и 1С:Документооборот позволяет перейти к более формализованной, измеримой и управляемой модели процесса. При этом ценность автоматизации проявляется не только в сокращении сроков исполнения, но и в появлении устойчивой базы для последующего анализа, оптимизации и развития внутреннего сервиса образовательной организации [2, 8].

Список использованной литературы:

1. Елиферов, В. Г. Бизнес-процессы: регламентация и управление: учебник / В. Г. Елиферов, В. В. Репин. – М.: ИНФРА-М, 2026. – 319 с. – (Учебники для программы MBA). – ISBN 978-5-16-001825-6. – ISBN 978-5-16-102460-7 (online). – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=469742> (дата обращения: 16.04.2026).
2. Караулова, О. А. Внедрение 1С:Университет ПРОФ в вузах / О. А. Караулова, Н. В. Киреева. – Текст: электронный // Наука. Информатизация. Технологии. Образование: материалы XIV Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 01–05 марта 2021 года. – Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2021. – С. 94–102. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45825047> (дата обращения: 16.04.2026).
3. Клишин, А. П. Подходы к автоматизации документооборота в вузе / А. П. Клишин, Н. Р. Волкова, Н. Л. Еремина, А. А. Мытник, Е. Н. Клыжко. – Текст: электронный // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. – 2017. – Т. 15, № 1. – С. 36–46. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/podhody-k-avtomatizatsii-dokumentoorota-v-vuze> (дата обращения: 16.04.2026).
4. Ковалева, Н. Н. Правовые основы интеграции электронного документооборота в цифровую среду вуза / Н. Н. Ковалева, П. В. Ереско, В. Ф. Изотова. – Текст: электронный // Вестник Саратовской государственной юридической академии. – 2021. – № 6 (143). – С. 277–284. – DOI 10.24412/2227-7315-2021-6-277-284. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pravovye-osnovy-integratsii-elektronnogo-dokumentoorota-v-tsifrovuyu-sredu-vuza> (дата обращения: 16.04.2026).
5. Назарова, О. Б. Моделирование бизнес-процессов: учебно-методический комплекс / О. Б. Назарова, О. Е. Масленникова. – 3-е изд., стер. – М.: ФЛИНТА, 2023. – 261 с. – ISBN 978-5-9765-3700-2. – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная

- система. – URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=432897> (дата обращения: 16.04.2026).
6. Приоритеты цифровой трансформации в сфере образования: монография / Ю. В. Рагулина, Т. В. Братарчук, К. О. Крошков [и др.]. – Москва: Дашков и К°, 2024. – 164 с. – ISBN 978-5-394-06082-3. – Текст: электронный // ЭБС Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/463112> (дата обращения: 16.04.2026).
 7. Российская Федерация. Законы. Об образовании в Российской Федерации: Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ. – Текст : электронный // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: <https://publication.pravo.gov.ru/document/0001201212300007> (дата обращения: 16.04.2026).
 8. Седоплатов, И. С. Аспекты цифровизации университета с применением технологий 1С / И. С. Седоплатов, Н. Е. Копытова. – Текст: электронный // Психолого-педагогический журнал «Гаудеамус». – 2021. – Т. 20, № 3 (49). – С. 35–40. – DOI 10.20310/1810-231X-2021-20-3(49)-35-40. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aspekty-tsifrovizatsii-universiteta-s-primeneniem-tehnologiy-1s> (дата обращения: 16.04.2026).
 9. Соколов, Е. А. Информационный сервис электронного документооборота вуза / Е. А. Соколов, С. Н. Серeda. – Текст: электронный // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 5. – С. 106–125. – URL: <https://science-education.ru/article/view?id=7031> (дата обращения: 16.04.2026).
 10. Цифровая трансформация системы высшего образования Российской Федерации до начала и во время пандемии коронавируса : монография / под общ. ред. Н. А. Шевелевой, И. А. Васильева. – Санкт-Петербург: Издательство Санкт-Петербургского университета, 2025. – 261 с. – ISBN 978-5-288-06505-7. – Текст : электронный // ЭБС Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/507928> (дата обращения: 16.04.2026).

Математическое и компьютерное моделирование и бизнес-анализ
в условиях цифровизации экономики

Сборник научных статей по итогам
VI Всероссийского научно-практического семинара
«Математическое и компьютерное моделирование и бизнес-анализ
в условиях цифровизации экономики»
(22 апреля 2026 года)
Электронное издание

Верстка и оформление: Капитанова О.В., Незнакомцева О.Ю.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»
603950, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23

Нижний Новгород, 2026