

Research paper / Оригинальная статья

<https://doi.org/10.51176/1997-9967-2026-1-110-127>

MPHTI 06.52.17

JEL: J24, O11, O33



The Impact of Artificial Intelligence on the Structural Transformation of Kazakhstan's Economy

Yevgeniy V. Varavin^a, Marina V. Kozlova^{a*}, Madina U. Rakhimberdinova^a, Ozay Ozpence^b

^aD. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, 19 D. Serikbayev Str., Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; ^bPamukkale University, Çamlaraltı Mahallesi, Kınıklı Yerleşkesi, No. 11, 20160, Denizli, Turkey

For citation: Varavin, Ye. V., Kozlova, M. V., Rakhimberdinova, M. U. & Ozpence, O. (2026). The Impact of Artificial Intelligence on the Structural Transformation of Kazakhstan's Economy. *Economy: strategy and practice*, 21(1), 110-127. <https://doi.org/10.51176/1997-9967-2026-1-110-127>

ABSTRACT

In the context of accelerating digital transformation, quantification of the impact of artificial intelligence (AI) on the structural dynamics of resource-dependent economies is becoming particularly relevant. The purpose of the study is to develop and test an integrated dynamic model to quantify the impact of AI on Kazakhstan's structural transformation and diversification. The methodological framework includes the integration of the Bass model of innovation diffusion, an expanded production function with endogenous technological progress and the task-oriented Acemoglu–Restrepo approach, as well as a multi-criteria system of industry prioritisation. The empirical basis was based on industry data from the Bureau of National Statistics of the Republic of Kazakhstan for 2020–2024. The simulation results show that for the period 2025–2035. The cumulative increase in gross value added in the analysed industries will amount to 35.3 p.p., of which 16.8 percentage points are attributable to AI. The level of AI adoption in priority sectors reaches 86.8–93.8 p.p by 2035, which exceeds the indicators of non-priority industries by 13–32 p.p. The share of priority industries in the GDP structure increases by 6.3 p.p, while total employment increases by 22.4 p.p (+1.3 million jobs). At the same time, across all sectors, there is a steady excess of the effect of creating new tasks over the effect of automation, reflecting the specifics of a resource-dependent economy with a shortage of qualified personnel. The results confirm the expediency of concentrating government support on a limited number of industries with the greatest potential for structural transformation.

KEYWORDS: Artificial Intelligence, Digitalization, Structural Transformation, Diversification, Resource-Dependent Economy, Economic Growth, Labor Market, Employment

CONFLICT OF INTEREST: the authors declare that there is no conflict of interest

FINANCIAL SUPPORT: the study was not sponsored (own resources).

Article history:

Received 11 January 2026

Accepted 20 February 2026

Published 30 March 2026

* **Corresponding author: Kozlova M.V.** – Cand. Sc. (Econ.), Professor, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, 19 Serikbayev Str., Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, email: mkozlova@edu.ektu.kz

Влияние искусственного интеллекта на структурную трансформацию экономики Казахстана

Варавин Е.В.^а, Козлова М.В.^{а*}, Рахимбердинова М.У.^а, Озпенче О.^б

^аВосточно-Казахстанский технический университет им. Д.Серикбаева, ул. Д.Серикбаева 19, Усть-Каменогорск, Казахстан; ^бУниверситет Памуккале, Чамларальты, Кыныклы, № 11, 20160, Денизли, Турция

Для цитирования: Варавин Е.В., Козлова М.В., Рахимбердинова М.У., Озпенче О. (2026). Влияние искусственного интеллекта на структурную трансформацию экономики Казахстана. Экономика: стратегия и практика, 21(1), 110-127. <https://doi.org/10.51176/1997-9967-2026-1-110-127>

АННОТАЦИЯ

В условиях ускоряющейся цифровой трансформации особую актуальность приобретает количественная оценка воздействия искусственного интеллекта (далее – ИИ) на структурную динамику ресурсозависимых экономик. Цель исследования заключается в разработке и апробации интегрированной динамической модели количественной оценки воздействия ИИ на структурную трансформацию и диверсификацию экономики Казахстана. Методологический аппарат включает интеграцию модели диффузии инноваций Басса, расширенной производственной функции с эндогенным технологическим прогрессом и задачно-ориентированного подхода Асемоглу–Рестрепо, а также многокритериальную систему отраслевой приоритизации. Эмпирическую основу составили отраслевые данные Бюро национальной статистики Республики Казахстан за 2020–2024 гг. Результаты моделирования показывают, что за период 2025–2035 гг. совокупный прирост валовой добавленной стоимости в анализируемых отраслях составит 35,3 п.п., из которых 16,8 п.п. обеспечиваются вкладом ИИ. Уровень внедрения ИИ в приоритетных секторах достигает 86,8–93,8 п.п. к 2035 г., что превышает показатели неприоритетных отраслей на 13–32 п.п. Доля приоритетных отраслей в структуре ВВП увеличивается на 6,3 п.п., тогда как совокупная занятость возрастает на 22,4 п.п. (+1,3 млн рабочих мест). При этом во всех секторах наблюдается устойчивое превышение эффекта создания новых задач над эффектом автоматизации, что отражает специфику ресурсозависимой экономики с дефицитом квалифицированных кадров. Полученные результаты подтверждают целесообразность концентрации государственной поддержки на ограниченном числе отраслей с максимальным потенциалом структурной трансформации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: искусственный интеллект, цифровизация, структурная трансформация, диверсификация, ресурсозависимая экономика, экономический рост, рынок труда, занятость

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

ФИНАНСИРОВАНИЕ: исследование не имело спонсорской поддержки (собственные ресурсы).

История статьи:

Получено 11 января 2026

Принято 20 февраля 2026

Опубликовано 30 марта 2026

***Корреспондирующий автор:** Козлова М. В. – к.э.н., профессор, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д.Серикбаева, ул. Д.Серикбаева 19, Усть-Каменогорск, Казахстан, email: mkozlova@edu.ektu.kz

ВВЕДЕНИЕ

Современная мировая экономика переживает период глубокой технологической трансформации, движущей силой которой служит стремительное развитие искусственного интеллекта (далее – ИИ). По своей природе ИИ представляет собой технологию общего назначения, способную проникать во все сектора экономики и генерировать каскады зависимых инноваций, сопоставимые по масштабу с влиянием паровой машины и электричества (Bresnahan & Trajtenberg, 1995; Cockburn et al., 2018). Стратегическая значимость этой трансформации определяется не столько скоростью распространения отдельных технологических решений, сколько ее системным воздействием на структуру производства, рынки труда и паттерны международной специализации.

Вместе с тем существует принципиальный структурный разрыв между экономиками, которые получают наибольшее внимание исследователей, и теми, для которых технологическая трансформация наиболее актуальна. Подавляющее большинство академических работ по воздействию ИИ сосредоточено на развитых странах с диверсифицированной производственной базой, развитыми институтами и высокой цифровой готовностью. При этом развивающиеся ресурсозависимые экономики – с высокой концентрацией экспорта на сырьевых товарах, низкой экономической сложностью и значительными институциональными барьерами модернизации – остаются существенно недоисследованными, хотя именно для них технологическая диверсификация представляет стратегический императив.

Казахстан представляет собой аналитически значимый пример ресурсозависимой развивающейся экономики, сталкивающейся с необходимостью структурной диверсификации. Структурная уязвимость экономики, обусловленная доминированием горнодобывающего сектора, широко освещена в научной литературе (Bulkhaigova et al., 2023), тогда как Концепция развития искусственного интеллекта на 2024–2029 годы закрепляет амбициозные направления цифровой трансформации (Government of the Republic of Kazakhstan, 2024). Вместе с тем реализация данных направлений требует обоснованного

методологического инструментария для количественной оценки отраслевых эффектов внедрения ИИ, который в казахстанском контексте остается недостаточно разработанным.

Теоретическую основу анализа взаимодействия технологического прогресса и экономического роста формируют взаимодополняющие исследовательские направления. Неоклассическая и эндогенная теории роста объясняют механизмы долгосрочного технологического развития (Solow, 1956; Romer, 1990; Aghion & Howitt, 1992), модель диффузии инноваций Басса описывает S-образные траектории распространения технологий (Bass, 1969), а также задачно-ориентированный подход Асемоглу и Рестрепо разграничивает эффекты автоматизации и создания новых трудовых задач (Acemoglu & Restrepo, 2018, 2019). Прикладные исследования подтверждают значительный производительный потенциал генеративного ИИ, а теория экономической сложности обеспечивает концептуальную основу для анализа процессов диверсификации (Hausmann et al., 2014; Hidalgo & Hausmann, 2009; Brynjolfsson et al., 2023; Dell’Acqua et al., 2023; Eloundou et al., 2023). В то же время исследования по Казахстану остаются фрагментарными: они либо ограничиваются отраслевыми оценками автоматизируемости задач без их интеграции в макроэкономические модели, либо сосредоточены на эконометрическом анализе ИКТ-инвестиций без выделения специфического вклада ИИ и без отраслевой дифференциации (Workforce Development Center, 2023; Aitnazarov et al., 2024).

Таким образом, в литературе наблюдается исследовательский пробел: отсутствуют интегрированные калиброванные модели, синтезирующие теории диффузии инноваций, эндогенного роста и задачно-ориентированный подход применительно к ресурсозависимым развивающимся экономикам с отраслевой дифференциацией параметров и прогнозным горизонтом, релевантным задачам стратегического планирования. Устранение данного пробела составляет ключевую методологическую задачу настоящего исследования.

Цель исследования заключается в разработке и апробации интегрированной динамической модели количественной оценки воздействия

ИИ на структурную трансформацию и диверсификацию экономики Казахстана. Основная гипотеза состоит в том, что ИИ способен выступать катализатором ускоренной диверсификации при условии концентрации государственной поддержки на ограниченном числе приоритетных отраслей с высоким синергетическим потенциалом. Научная новизна исследования заключается в разработке первой для ресурсозависимых экономик калиброванной интегрированной модели, объединяющей механизмы диффузии технологий, эндогенного роста и задачно-ориентированного подхода в единую прогнозную архитектуру с отраслевой дифференциацией параметров.

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Теоретический фундамент исследования формируется на пересечении четырех взаимосвязанных научных направлений: теорий экономического роста и технологического прогресса, моделей диффузии инноваций, задачно-ориентированных подходов к анализу рынка труда, а также теорий экономической сложности и ресурсной зависимости. Их систематизация позволяет выявить как область концептуального пересечения, так и структурные пробелы, определяющие актуальность настоящего исследования.

Первое направление представлено теориями экономического роста и технологического прогресса. Неоклассическая модель Солоу рассматривает технологический прогресс как экзогенный фактор, определяющий устойчивый рост подушевого дохода; эмпирические оценки показывают, что вклад совокупной факторной производительности в рост развитых экономик достигает 50–75% (Solow, 1957; Hall & Jones, 1999). Теория эндогенного роста преодолевает данное ограничение, интерпретируя технологический прогресс как результат целенаправленных инвестиций в исследования и разработки (Romer, 1990; Aghion & Howitt, 1992). Концепция технологий общего назначения дополняет данный подход, утверждая, что фундаментальные инновации, прежде всего ИИ, порождают каскады зависимых инноваций с существенным временным лагом между изобретением и реализацией полного

экономического эффекта, что объясняет «парадокс производительности Солоу» назначения (Bresnahan & Trajtenberg, 1995; Cockburn et al., 2018; Trajtenberg, 2018). Сравнительный анализ этих подходов обнаруживает общее ограничение: все три разработаны применительно к развитым экономикам с высокой технологической готовностью и не учитывают специфику ресурсозависимых стран с институциональными барьерами модернизации.

Второе направление представлено моделями диффузии инноваций. Классическая модель Басса описывает динамику принятия новых продуктов через взаимодействие двух механизмов: внешнего влияния (коэффициент инноваций p) и межфирменных коммуникаций (коэффициент имитации q), с эмпирически верифицированными диапазонами $p = 0,001-0,03$ и $q = 0,3-0,5$ (Bass, 1969; Sultan et al., 1990). По сравнению с более ранними описательными моделями диффузии, модель Басса обладает аналитической строгостью и допускает калибровку по отраслевым данным. Технологии ИИ, в отличие от классических инноваций, проявляют выраженные сетевые эффекты и экономию от масштаба на стороне предложения данных, что порождает более крутые траектории диффузии (Goldfarb & Tucker, 2019). Важное значение имеет вывод о существенном сокращении технологического лага в развивающихся странах — со 100 до менее чем 20 лет (Comin & Hobbijn, 2010). Данный результат обосновывает возможность параметрической калибровки модели Басса для ресурсозависимых экономик при активной государственной поддержке диффузии ИИ. В то же время подобный подход остается не реализованным в существующих исследованиях по Казахстану.

Третье направление представлено задачно-ориентированным подходом к анализу воздействия технологий на рынок труда. В отличие от агрегированных макроэкономических оценок, трактующих автоматизацию как однозначное замещение труда, Асемоглу и Рестрепо концептуализируют производство как выполнение непрерывного набора задач: часть из них поддается автоматизации, тогда как другая часть формирует новые трудовые функции, требующие специфических компетенций (Ас-

emoglu & Restrepo, 2018; Acemoglu & Restrepo, 2019). Эмпирические оценки на данных США за 1947–2017 гг. показывают, что автоматизация привела к снижению доли труда в национальном доходе примерно на 4 п.п., в то время как создание новых задач компенсировало около 2 п.п.

Современные прикладные исследования расширяют данную рамку применительно к генеративному ИИ. Так, Элундоу и соавторы показывают, что большие языковые модели потенциально затрагивают около 80% рабочих мест в США (Eloundou et al., 2023). Далее, Бриньолфссон и соавторы фиксируют прирост производительности сотрудников контакт-центров на 14% (Brynjolfsson et al., 2023). И наконец, Делл’Аква и соавторы выявляют увеличение производительности на 25% в условиях управляемого эксперимента с консультантами McKinsey (Dell’Acqua et al., 2023). Вместе с тем принципиальным ограничением данного корпуса исследований является их фокус на развитых экономиках с высоким уровнем автоматизации и насыщенным рынком квалифицированной рабочей силы. Соответственно, перенос полученных параметров на ресурсозависимые экономики с дефицитом технологически компетентных кадров методологически некорректен без специальной калибровки.

Четвертое направление представлено синтезом теории экономической сложности и концепции ресурсного проклятия. Теория экономической сложности исходит из того, что диверсификация экономики определяется не столько накоплением физического капитала, сколько разнообразием производственных знаний и компетенций, воплощенных в структуре экспорта (Hausmann et al., 2014; Hidalgo & Hausmann, 2009). Концепция ресурсного проклятия фиксирует, что ресурсообилие систематически снижает темпы долгосрочного роста через механизмы голландской болезни, подавление обрабатывающего сектора и деградацию институтов (Sachs & Warner, 1995, 2001; Mehlum et al., 2006). Вместе с тем эмпирика опровергает детерминизм этой концепции: опыт Норвегии, Чили и Ботсваны подтверждает, что целенаправленная политика диверсификации способна преодолеть ресурсную зависимость

(Hausmann & Klinger, 2007). В этой связи ключевым остается вопрос о том, каким образом технологии искусственного интеллекта могут ускорить накопление экономической сложности в ресурсозависимой экономике с низким исходным уровнем диверсификации. При этом теория экономической сложности не располагает операциональными инструментами для количественной оценки данного процесса в динамическом разрезе.

Систематизация четырех рассмотренных направлений позволяет сформулировать ключевой исследовательский пробел. Во-первых, теории экономического роста и диффузии инноваций развивались преимущественно разрозненно по отношению к задачно-ориентированным подходам: первые описывают агрегированную динамику производительности, тогда как вторые фокусируются на трансформации структуры занятости. При этом интегрированные модели, объединяющие диффузию технологий, рост производительности и изменение структуры занятости в единую количественную рамку, в литературе практически отсутствуют. Во-вторых, все четыре направления преимущественно разработаны для развитых экономик либо для анализа ИКТ-инвестиций в целом без выделения искусственного интеллекта как самостоятельного фактора. В контексте Казахстана существующие исследования остаются фрагментарными: они ограничиваются либо экспертными оценками автоматизируемости отдельных профессий без интеграции в макроэкономические модели (Workforce Development Center, 2023), либо анализом совокупного влияния ИКТ без отраслевой дифференциации (Aitnazarov et al., 2024). В-третьих, в существующей литературе отсутствуют подходы к отраслевой приоритизации, обосновывающие концентрацию государственной поддержки на ограниченном числе секторов с максимальным синергетическим потенциалом для диверсификации ресурсозависимой экономики.

Настоящее исследование направлено на преодоление указанных ограничений посредством разработки интегрированной динамической модели, калиброванной для казахстанского контекста.

МЕТОДОЛОГИЯ

Разработанная интегрированная динамическая модель включает три взаимосвязанных аналитических модуля. Первый модуль описывает диффузию технологий искусственного интеллекта на основе расширенной модели Басса с отраслевой дифференциацией параметров. Второй модуль моделирует воздействие на производительность и валовую добавленную стоимость через расширенную производственную функцию с эндогенным технологическим прогрессом. Третий модуль отражает трансформацию структуры занятости на основе задачно-ориентированного подхода Асемоглу и Рестрепо (Acemoglu & Restrepo, 2018; Acemoglu & Restrepo, 2019). Методологической основой выбора отраслей является двухэтапная процедура. На первом этапе из 19 отраслей по ОКЭД отобрано десять. При этом из рассмотрения исключены: (1) горнодобывающая промышленность как сектор,

не связанный с задачами диверсификации; (2) отрасли с долей менее 1% ВВП и низким потенциалом применения ИИ; (3) отрасли с доминированием государственного сектора.

На первом этапе из 19 отраслей по ОКЭД отобрано десять, с исключением горнодобывающей промышленности как сектора диверсификации, с долей менее 1% ВВП и низким потенциалом ИИ, а также отраслей с доминированием государственного сектора. Эмпирическую основу для отраслевой калибровки модели составляют официальные статистические данные Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан за 2020–2024 гг. В таблице 1 представлены базовые характеристики отобранных отраслей, включая объем валовой добавленной стоимости (ВДС) и ее долю в ВВП по итогам 2024 г., численность занятых, а также среднегодовой темп прироста индекса физического объема (ИФО) за 2020–2024 гг.

Таблица 1. Исходные статистические данные отобранных отраслей экономики Казахстана за 2020–2024

Table 1. Source statistical data of selected sectors of Kazakhstan economy for 2020–2024

Вид экономической деятельности	ВДС, млн тг	Доля в ВВП, %	Занятость, тыс. чел.	Ср. прирост ИФО, %
Сельское, лесное и рыбное хозяйство	5 306 833,1	3,8	1 027,9	103,53
Обрабатывающая промышленность	16 941 133,3	12,4	625,9	104,61
Строительство	8 178 000,0	6,0	665,5	104,20
Оптовая и розничная торговля	26 007 101,5	19,0	1 529,0	104,47
Транспорт и складирование	7 752 756,9	5,7	670,1	101,92
Информация и связь	3 013 049,3	2,2	188,5	107,06
Финансовая и страховая деятельность	4 649 709,1	3,4	202,5	102,98
Операции с недвижимым имуществом	11 576 195,0	8,5	162,9	102,98
Профессиональная, научная и техническая деятельность	4 252 469,0	3,1	263,6	101,89
Административное обслуживание	3 210 188,6	2,4	277,2	102,98
ВДС – валовая добавленная стоимость. ИФО – индекс физического объема.				

Примечание: составлено авторами на основе данных Bureau of National Statistics (2024)

На втором этапе реализована многокритериальная система оценки, включающая пять критериев с дифференцированными весами: K_1 (30%) — потенциал диверсификации экономики; K_2 (25%) — потенциал применения ИИ; K_3 (20%) — потенциал создания рабочих мест; K_4 (15%) — уровень цифровизации и инфраструктурной готовности; K_5 (10%) — экспортный потенциал и интеграция в глобальные цепочки создания стоимости (Denissova et al., 2025).

Интегральная оценка отрасли i рассчитывается по формуле (1):

$$S_i = 0,30 \cdot K_{1,i} + 0,25 \cdot K_{2,i} + 0,20 \cdot K_{3,i} + 0,15 \cdot K_{4,i} + 0,10 \cdot K_{5,i} \quad (1)$$

где:

S_i — интегральный индекс приоритетности отрасли i ;

$K_{1,i} - K_{5,i}$ – значения критериев для отрасли i , нормированные по шкале от 1 до 10 баллов.

Входными данными служат официальная статистика Бюро национальной статистики, международные исследования воздействия ИИ на производительность и занятость, а также стратегические документы. Взаимодействие трех моделирующих блоков обеспечивает последовательное распространение эффектов:

ускоренная диффузия технологий транслируется в прирост производительности, который формирует дополнительный спрос на квалифицированные кадры. Агрегирование результатов дает три группы выходных показателей: структурные сдвиги ВВП, воздействие на занятость и результаты сценарного анализа. Далее, концептуальная архитектура модели схематически представлена на рисунке 1.

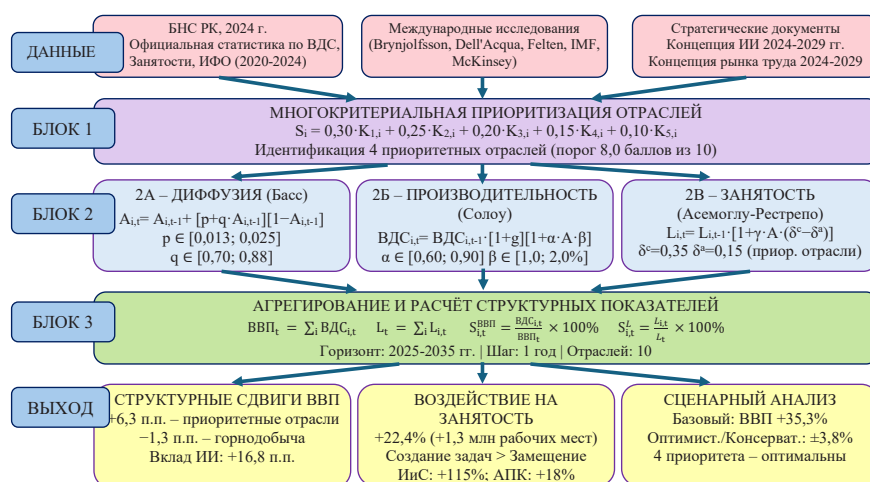


Рисунок 1. Концептуальная архитектура интегрированной динамической модели количественной оценки воздействия ИИ на структурную трансформацию

Figure 1. Conceptual architecture of the integrated dynamic model for quantitative assessment of AI impact on structural transformation

Математическая спецификация модели включает три взаимосвязанных блока уравнений (рисунок 1), каждый из которых описывает отдельный механизм воздействия ИИ. Первый блок моделирует диффузию технологий ИИ по отраслям; второй – трансляцию уровня внедрения в прирост производительности и валовой добавленной стоимости; третий – воздействие на структуру занятости. Параметры каждого уравнения калиброваны на основе отраслевых данных таблицы 1 и международных эмпирических исследований, указанных ниже. Динамика распространения технологий ИИ в отрасли i моделируется следующим рекуррентным соотношением на основе модели Басса согласно формуле (2):

$$A_{i,t} = A_{i,t-1} + [p_i + q_i \cdot A_{i,t-1}] \cdot [1 - A_{i,t-1}] \quad (2)$$

где:

- $A_{i,t} \in [0, 1]$ – уровень внедрения ИИ в отрасли i в период t ;
- p_i – коэффициент инноваций, отражающий внешнее влияние;
- q_i – коэффициент имитации, описывающий межфирменные коммуникации.

Начальный уровень установлен как $A_{i,2025} = 0,01$ для всех отраслей. С учетом институциональных ограничений вводится верхняя граница внедрения, которая представлена по формуле (3):

$$A_{i,t} = \min(A_{i,t-1} + \Delta A_{i,t}; 0,95) \quad (3)$$

Коэффициент инноваций p_i для приоритетных отраслей установлен в диапазоне 0,013-0,025, коэффициент имитации q_i – в диапазоне 0,70-0,88, что отражает выраженные сетевые эффекты ИИ и активную государственную под-

держку. Выбор параметров в верхней части наблюдаемого диапазона обусловлен ускоренным сокращением временного лага технологического заимствования в развивающихся экономиках (Comin & Hobijn, 2010).

Валовая добавленная стоимость (ВДС) отрасли i в период t определяется через расширенную модель производительности согласно формуле (4):

$$\text{ВДС}_{i,t} = \text{ВДС}_{i,t-1} \cdot \left[1 + \frac{g_i}{100} \right] \cdot \left[1 + \frac{\alpha_i \cdot A_{i,t} \cdot \beta_i}{100} \right] \quad (4)$$

где:

g_i – среднегодовой темп прироста индекса физического объема за 2020-2024 гг., характеризующий базовую траекторию роста отрасли;

α_i – коэффициент восприимчивости отрасли к воздействию ИИ, отражающий долю производственных задач отрасли, которые могут быть трансформированы или дополнены технологиями ИИ; принимает значения в диапазоне 0,60-0,90, где максимальное значение соответствует отрасли информации и связи, а минимальное – сельскому хозяйству; калиброван по методологии Фелтена и соавторов на основе индекса ИИ-экспозиции профессий (Felten et al., 2021, Felten et al., 2023);

β_i – коэффициент эластичности производительности по уровню внедрения ИИ, количественно определяющий, на сколько процентных пунктов возрастает годовая производительность отрасли при увеличении уровня внедрения ИИ на одну единицу; составляет 1,0-2,0 п.п. для различных отраслей; верхняя граница диапазона обоснована эмпирическими оценками прироста производительности от генеративного ИИ в диапазоне 14-25% (Brynjolfsson et al., 2023; Dell'Acqua et al., 2023), масштабированными на горизонт полного внедрения.

Произведение $\alpha_i \cdot A_{i,t} \cdot \beta_i$ количественно определяет процентный прирост производительности, обусловленный внедрением ИИ. Значения α_i калиброваны по методологии Фелтена и соавторов (Felten et al., 2021, Felten et al., 2023); значения β_i определены на основе метаанализа исследований, выявивших 14-25-процентный прирост производительности при использовании

генеративного ИИ (Brynjolfsson et al., 2023; Dell'Acqua et al., 2023).

Воздействие на занятость моделируется в рамках задачно-ориентированного подхода согласно формуле (5):

$$L_{i,t} = L_{i,t-1} \cdot [1 + \gamma_i \cdot A_{i,t} \cdot (\delta_i^c - \delta_i^a)] \quad (5)$$

где:

γ_i – коэффициент масштаба трансформации трудовых функций в отрасли i под влиянием ИИ, принимающий значение 1,0 для приоритетных отраслей и 0,8 для неприоритетных, что отражает более интенсивную реструктуризацию занятости в секторах с концентрированной государственной поддержкой;

δ_i^c – коэффициент создания новых задач, требующих специфических компетенций в области ИИ; для высокотехнологичных приоритетных отраслей принят равным 0,35, что означает: при полном внедрении ИИ в отрасли формируется трудовой спрос, эквивалентный 35% исходной численности занятых в новых функциях; обоснован структурным дефицитом ИИ-компетенций в казахстанской экономике согласно методологии Асемоглу и Рестрепо (Acemoglu and Restrepo, 2019);

δ_i^a – коэффициент автоматизации существующих задач, количественно определяющий долю исходных трудовых функций, замещаемых ИИ при полном внедрении; для приоритетных отраслей принят равным 0,15, что более чем вдвое ниже δ_i^c , обеспечивая устойчивое доминирование эффекта создания задач над эффектом замещения; калиброван на основе оценок WDC (2023) по 423 группам занятий казахстанской экономики.

Для высокотехнологичных приоритетных отраслей коэффициент создания новых задач $\delta_i^c = 0,35$ более чем вдвое превышает коэффициент автоматизации $\delta_i^a = 0,15$. Это означает, что внедрение ИИ порождает больше новых рабочих функций, чем упраздняет существующих, что согласуется с теорией Асемоглу и Рестрепо: в условиях нехватки квалифицированных кадров эффект создания задач закономерно доминирует над эффектом замещения (Acemoglu & Restrepo, 2019).

Далее, совокупный ВВП и совокупная занятость рассчитываются путем агрегирования отраслевых показателей согласно формулам (6) и (7):

$$\text{ВВП}_t = \sum_i \text{ВДС}_{i,t} \quad (6)$$

$$L_t = \sum_i L_{i,t} \quad (7)$$

Далее, отраслевые доли в ВВП и занятости (относительные показатели) определяются по формулам (8) и (9):

$$S_{i,t}^{\text{ВВП}} = \frac{\text{ВДС}_{i,t}}{\text{ВВП}_t} \times 100\% \quad (8)$$

$$S_{i,t}^L = \frac{L_{i,t}}{L_t} \times 100\% \quad (9)$$

Изменения отраслевых долей за 2025-2035 гг. количественно характеризуют масштаб и направленность структурной трансформации. Таким образом, разработанная интегрированная динамическая модель объединяет три ключевых механизма воздействия ИИ (диффузию технологий, рост производительности и трансформацию структуры занятости) в единую количественную рамку с отраслевой дифференциацией параметров. В отличие от существующих подходов, модель обеспечивает согласованное описание взаимосвязей между технологическим внедрением, экономическим ростом и изменениями на рынке труда, что позволяет учитывать как макроэкономические,

так и структурные эффекты ИИ. Калибровка параметров на основе отраслевых данных Казахстана и международных эмпирических исследований обеспечивает прикладную релевантность модели для анализа ресурсозависимой экономики. Полученная методологическая конструкция служит основой для проведения сценарного моделирования и количественной оценки структурных сдвигов, результаты которых представлены в следующем разделе.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Применение разработанной многокритериальной методологии к десяти отобранным отраслям экономики на основе пяти взвешенных критериев (потенциала диверсификации, применимости искусственного интеллекта, создания рабочих мест, уровня цифровизации и экспортного потенциала) позволило выявить эндогенно сформированное пороговое значение на уровне 8,0 балла. Данное значение выполняет функцию разделяющего критерия, отделяющего группу из четырёх приоритетных отраслей (с интегральной оценкой в диапазоне 8,03–9,10 балла из 10) от остальных секторов с более низким потенциалом структурной трансформации. Полученный результат свидетельствует о наличии выраженной дифференциации отраслей по их способности выступать драйверами экономической диверсификации в условиях внедрения ИИ. Полные результаты многокритериальной оценки представлены в таблице 2.

Таблица 2 Результаты многокритериальной оценки приоритетности отраслей экономики
Table 2. Results of multi-criteria prioritization of economic sectors

Отрасль	K ₁ (30%)	K ₂ (25%)	K ₃ (20%)	K ₄ (15%)	K ₅ (10%)	Интегральная оценка
Информация и связь	9,5	10,0	8,5	9,0	7,0	9,10
Транспорт и складирование	8,0	8,5	9,0	7,0	8,5	8,23
Обрабатывающая промышленность	9,0	7,5	8,5	7,5	8,0	8,20
Сельское, лесное и рыбное хозяйство	8,5	7,0	9,5	6,5	8,5	8,03
Профессиональная, научная и техническая деятельность	7,5	8,5	7,0	8,0	7,0	7,68
Финансовая и страховая деятельность	7,0	9,0	6,5	8,5	6,5	7,58
Оптовая и розничная торговля	6,5	7,5	8,0	7,5	7,0	7,25
Строительство	7,0	6,5	8,5	6,0	6,5	6,98
Административное обслуживание	5,5	6,5	7,0	6,0	5,0	6,08
Операции с недвижимым имуществом	6,0	6,0	5,5	7,0	5,5	6,00

Примечание: составлено авторами

Четыре приоритетные отрасли обладают принципиально различными, взаимодополняющими конкурентными характеристиками. Отрасль информации и связи выступает технологическим ядром трансформации, демонстрируя максимальные значения по потенциалу применения ИИ и диверсификации. Транспорт и складирование обеспечивает масштабную платформу для создания рабочих мест, обрабатывающая промышленность – крупнейший из приоритетов – генерирует продукцию с высокой добавленной стоимостью и интенсивные межотраслевые связи, а сельское хозяйство с занятостью свыше 1 млн человек способно дать наибольший социальный эффект при внедрении

технологий точного земледелия и агро-ИИ. Совокупная доля четырех приоритетных отраслей в ВДС десяти анализируемых секторов составляет 24,1% (~17,5% ВВП всей экономики), что обеспечивает достаточный масштаб для значимого структурного воздействия.

Калиброванная модель Басса генерирует S-образные траектории диффузии в приоритетных отраслях, включающие три последовательные фазы: медленного роста (2025–2027 гг.), ускоренного распространения (2028–2032 гг.) и замедления по мере приближения к насыщению (2033–2035 гг.). Прогнозные траектории представлены в таблице 3.

Таблица 3. Прогнозные траектории диффузии искусственного интеллекта в отраслях экономики, %

Table 3. Forecast AI diffusion trajectories across economic sectors, %

Отрасль	2025	2027	2029	2032	2034	2035
Информация и связь	1,0	8,2	22,5	50,3	76,8	93,8
Транспорт и складирование	1,0	5,8	16,8	40,2	68,4	88,2
Обрабатывающая промышленность	1,0	5,5	15,9	38,7	66,8	87,5
Сельское, лесное и рыбное хозяйство	1,0	5,2	15,1	37,1	65,2	86,8
Финансовая и страховая деятельность	1,0	4,2	11,8	28,5	52,3	72,4
Профессиональная деятельность	1,0	4,5	12,6	30,2	55,1	75,2
Оптовая и розничная торговля	1,0	3,8	10,5	25,4	47,8	68,1
Строительство	1,0	3,5	9,7	23,6	45,2	65,3
Операции с недвижимостью	1,0	3,2	8,9	21,8	42,5	62,4
Административное обслуживание	1,0	3,4	9,3	22,7	43,8	63,7

Примечание: составлено автором на основе результатов моделирования

Приоритетные отрасли характеризуются существенно более высокими темпами внедрения ИИ. Так, к 2035 г. уровень проникновения достигает 86,8–93,8 п.п., тогда как в неприоритетных секторах он ограничивается диапазоном 62,4–75,2 п.п. Наиболее интенсивная динамика наблюдается в отрасли информации и связи, где уровень внедрения возрастает с 1 п.п. в 2025 г. до 93,8 п.п. к 2035 г., отражая высокий потенциал технологической восприимчивости. В то же время такие отрасли, как операции с недвижимостью и административное обслуживание, демонстрируют более умеренные темпы

диффузии, что обусловлено более низкой ИИ-экспозицией производственных задач. Разрыв в темпах внедрения между приоритетными и неприоритетными отраслями к 2035 г. составляет 13–32 п.п., формируя структурный дифференциал роста производительности и предпосылки для перераспределения долей в ВВП.

Далее, рисунок 2 наглядно иллюстрирует ключевую закономерность: приоритетные отрасли (сплошные кривые) демонстрируют принципиально иную траекторию диффузии по сравнению с неприоритетными (пунктирные кривые).

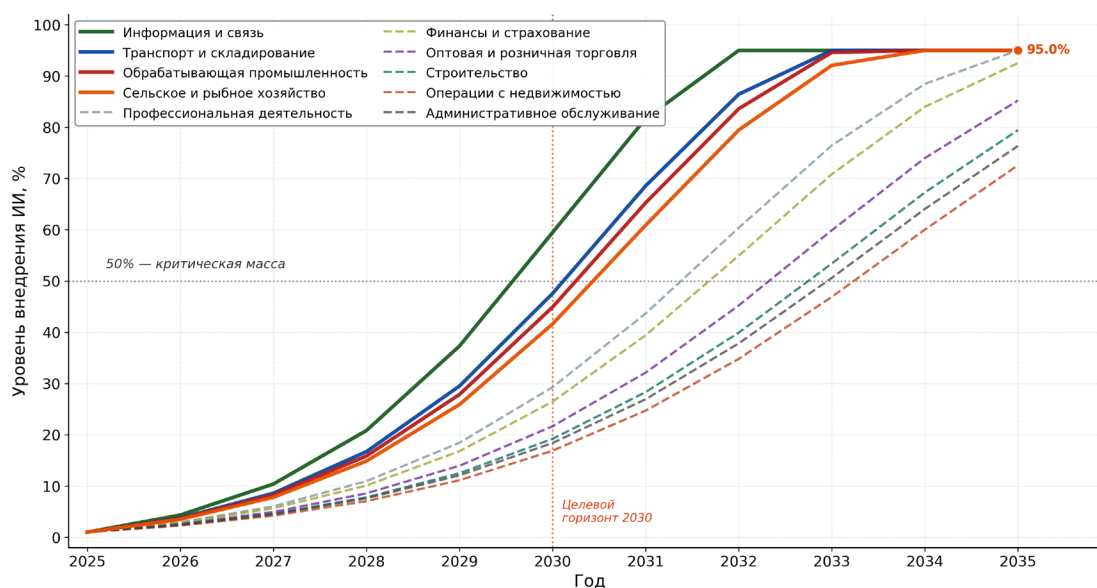


Рисунок 2. Прогнозные траектории диффузии ИИ по отраслям экономики Казахстана за 2025-2035
Figure 2. Forecast AI diffusion trajectories by economic sector of Kazakhstan for 2025-2035

К 2029 г. разрыв в уровнях внедрения достигает 7-12 п.п., а к 2035 г. – 13-32 п.п., что количественно подтверждает стратегическую обоснованность концентрации государственной поддержки на ограниченном числе секторов с максимальной ИИ-восприимчивостью. Согласно результатам моделирования, за 2025-2035 гг. совокупная валовая добавленная стоимость десяти анализируемых отраслей,

на которые приходится около 70% ВВП Казахстана, вырастет на 35,3%. Из них 18,5 п.п. обеспечивает базовый экономический рост, еще 16,8 п.п. – непосредственный вклад ИИ в производительность. При этом прогнозный прирост ВДС четырех приоритетных секторов составит от 36% до 78%, тогда как для остальных отраслей – лишь от 22% до 27% (таблица 4).

Таблица 4. Прогнозное воздействие на валовую добавленную стоимость и структуру производства
Table 4. Forecast impact on gross value added and production structure

Отрасль	ВДС 2024, млн тг	Доля ВДС 10 отраслей, 2024, %	ВДС 2035, млн тг	Доля ВДС 10 отраслей, 2035, %	Прирост ВДС, %	Изм. доли, п.п.
Информация и связь	3 013	3,8	5 372	5,3	78,4	+1,5
Транспорт и складирование	7 753	9,7	11 072	10,8	42,8	+1,1
Обрабатывающая промышленность	16 941	21,3	23 596	23,1	39,3	+1,8
Сельское, лесное и рыбное хозяйство	5 307	6,7	7 216	7,1	36,0	+0,4
Финансовая и страховая деятельность	4 650	5,8	6 324	6,2	36,0	+0,4
Профессиональная деятельность	4 252	5,3	5 798	5,7	36,3	+0,4
Оптовая и розничная торговля	26 007	32,6	33 129	32,5	27,4	-0,1
Строительство	8 178	10,2	10 263	10,1	25,5	-0,1
Операции с недвижимостью	11 576	14,5	14 125	13,8	22,0	-0,7
Административное обслуживание	3 210	4,0	3 984	3,9	24,1	-0,1

Доли рассчитаны относительно совокупной ВДС десяти анализируемых отраслей (~79 500 млн тг).

Примечание: составлено автором на основе результатов моделирования

Наиболее значимым структурным сдвигом является динамика обрабатывающей промышленности, чья доля в совокупной ВДС возрастает на 1,8 п.п. при приросте добавленной стоимости на 39,3%. В совокупности доля четырех приоритетных отраслей увеличивается на 6,3 п.п. при одновременном сокращении доли горнодобывающей промышленности на 1,3 п.п. – динамика, наглядно отражена на рисунке 3, где левая панель показывает эволюцию

отраслевой структуры ВВП, а правая – асимметрию абсолютных значений ВДС между высокотехнологичными и ресурсным секторами.

На рисунке 3 представлена двухпанельная визуализация структурной трансформации: левая панель отображает динамику долей приоритетных отраслей и горнодобывающей промышленности в ВВП за 2024-2035 гг., правая – сравнение абсолютных значений ВДС.

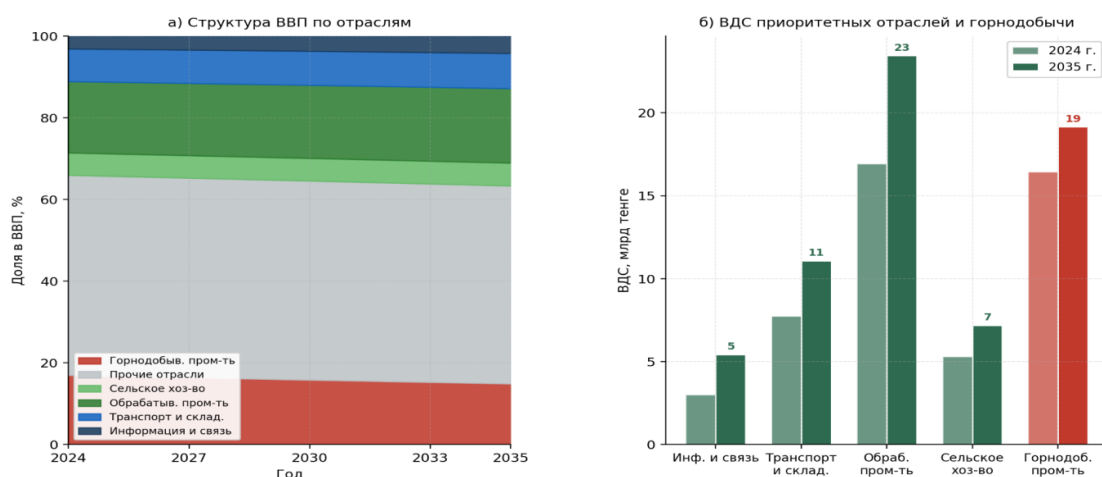


Рисунок 3. Структурная трансформация ВВП Казахстана под воздействием ИИ за 2024-2035
Figure 3. AI-driven structural transformation of Kazakhstan GDP for 2024-2035

Совокупный прирост доли четырех приоритетных отраслей (+6,3 п.п.) при одновременном сокращении доли горнодобывающей промышленности (–1,3 п.п.) наглядно иллюстрирует механизм ИИ-индуцированной диверсификации ресурсозависимой экономики. По прогнозам модели, совокупная занятость в десяти анализируемых отраслях вырастет с 5,8 млн человек в

2024 г. до 7,1 млн к 2035 г. (+22,4 п.п.). Прирост распределен неравномерно: наибольший рост ожидается в отрасли информации и связи – 115,2 п.п., что объясняется высоким спросом на специалистов по разработке, внедрению и обслуживанию ИИ-систем. Детальные результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5. Прогнозное воздействие на занятость и структуру рынка труда

Table 5. Forecast impact on employment and labour market structure

Отрасль	Занятость 2024, тыс. чел.	Доля 2024, %	Занятость 2035, тыс. чел.	Доля 2035, %	Прирост, %	Изм. доли, п.п.
Информация и связь	188,5	3,2	405,7	5,7	115,2	+2,5
Транспорт и складирование	670,1	11,5	883,2	12,4	31,8	+0,9
Обрабатывающая промышленность	625,9	10,7	781,4	11,0	24,8	+0,3
Сельское, лесное и рыбное хозяйство	1 027,9	17,6	1 214,3	17,1	18,1	–0,5
Финансовая и страховая деятельность	202,5	3,5	267,3	3,8	32,0	+0,3
Профессиональная деятельность	263,6	4,5	352,0	5,0	33,5	+0,5
Оптовая и розничная торговля	1 529,0	26,2	1 819,7	25,6	19,0	–0,6
Строительство	665,5	11,4	785,3	11,0	18,0	–0,4

Операции с недвижимостью	162,9	2,8	187,7	2,6	15,2	-0,2
Административное обслуживание	277,2	4,8	326,1	4,6	17,6	-0,2

Примечание: составлено автором на основе результатов моделирования

Принципиальный теоретический результат состоит в том, что ИИ выступает драйвером роста занятости: во всех секторах Казахстана эффект появления новых трудовых функций устойчиво превышает эффект вытеснения труда автоматизацией. В развитых странах картина обратная – зрелый рынок труда и высокий

исходный уровень автоматизации обуславливают преобладание эффекта замещения. Суммарный чистый прирост занятости к 2035 г. составит около 1,3 млн рабочих мест. Рисунок 4 представляет декомпозицию воздействия ИИ на занятость по каждой из десяти анализируемых отраслей.

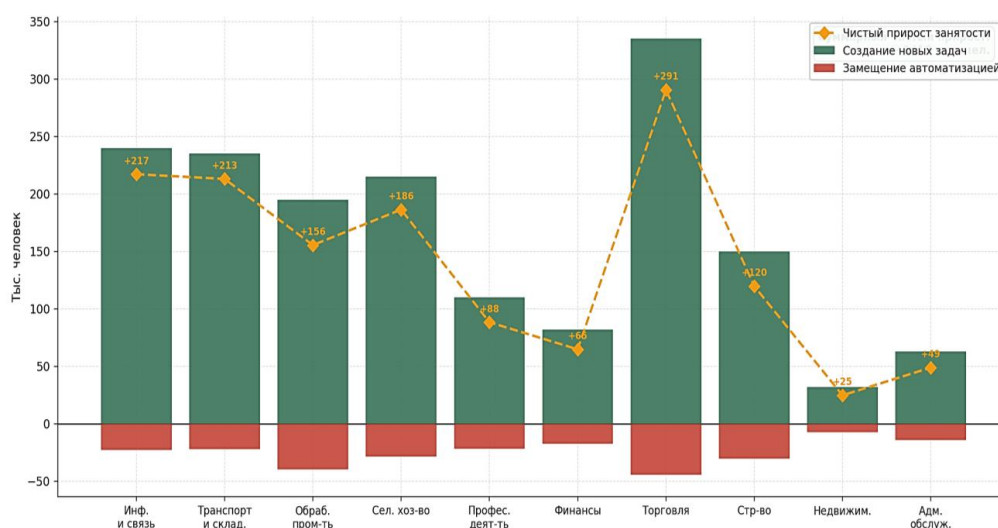


Рисунок 4. Декомпозиция воздействия ИИ на занятость в экономике Казахстана к 2035 с учетом эффектов создания новых задач и автоматизации (тыс. чел.)

Figure 4. Decomposition of the impact of AI on employment in the economy of Kazakhstan by 2035, considering the effects of creating new tasks and automation (thousand people)

Столбцы отражают два конкурирующих эффекта в абсолютном выражении (тыс. чел.): прирост занятости за счет создания новых трудовых функций (эффект δ^c) и сокращение за счет автоматизации существующих задач (эффект δ^a). Устойчивое превышение первого эффекта над вторым во всех без исключения отраслях подтверждает специфику ресурсозависимой экономики с дефицитом квалифицированных кадров, принципиально отличающую ее от паттернов развитых стран. Доля

четырёх приоритетных отраслей в совокупной занятости возрастает с 26,8% до 29,4% (+2,6 п.п.), что согласуется с динамикой их доли в ВВП и подтверждает одновременный рост производительности труда и его абсолютного количества.

Для проверки устойчивости базового сценария разработаны три альтернативных варианта. Сравнительный анализ всех сценариев представлен в таблице 6.

Таблица 6. Сравнительный анализ альтернативных сценариев структурной трансформации

Table 6. Comparative analysis of alternative structural transformation scenarios

Сценарий	ВВП 2035, млрд тг	Общий прирост ВВП, %	Вклад ИИ, п.п.	Доля приор. отраслей, %	Занятость 2035, млн чел.	Прирост занятости, %
Базовый сценарий	147,2	35,3	16,8	30,4	7,1	22,4

Оптимистический сценарий	152,8	39,1	20,6	31,2	7,3	25,9
Консервативный сценарий	141,6	31,5	13,0	29,5	6,9	18,9
Расширенная приоритизация (6 отраслей)	149,1	36,6	18,1	36,2	7,2	23,7

Примечание: составлено автором на основе результатов моделирования

Результаты показывают, что общий прирост ВВП варьируется в диапазоне от 31,5% в консервативном сценарии до 39,1% в оптимистическом, при этом вклад ИИ составляет от 13,0 до 20,6 п.п. Базовый сценарий демонстрирует сбалансированное соотношение между темпами роста и структурными изменениями, обеспечивая прирост ВВП на уровне 35,3% при доле приоритетных отраслей 30,4%. Расширение числа

приоритетных отраслей до шести приводит лишь к незначительному дополнительному эффекту (+1,3 п.п. к ВВП), что указывает на наличие убывающей отдачи от расширения периметра государственной поддержки.

Рисунок 5 представляет сравнительную визуализацию четырех сценариев по ключевым показателям (совокупному приросту ВВП, вкладу ИИ и доле приоритетных отраслей).

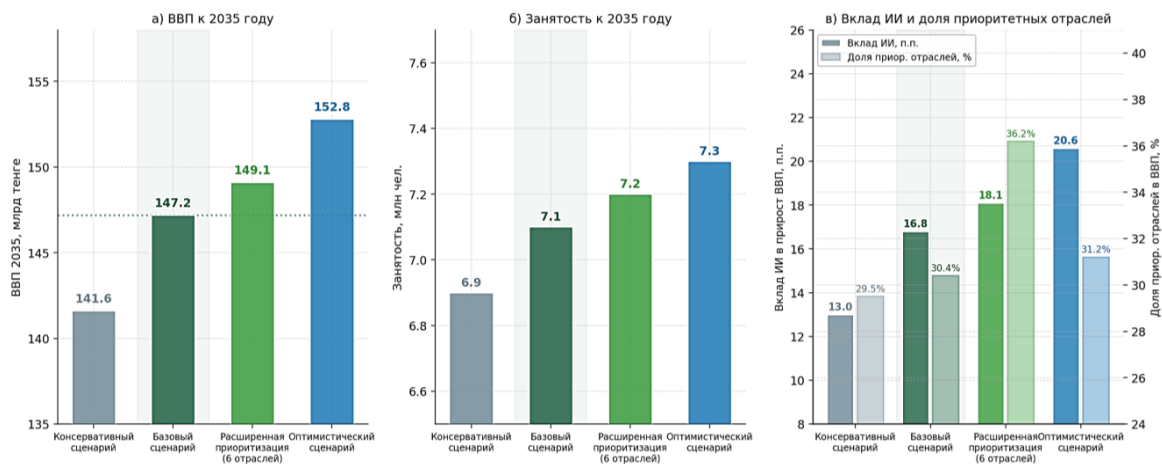


Рисунок 5. Сравнительный анализ альтернативных сценариев структурной трансформации экономики Казахстана

Figure 5. Comparative analysis of alternative structural transformation scenarios for Kazakhstan

Диапазон между консервативным и оптимистическим сценариями составляет 7,6 п.п. по ВВП (31,5-39,1 п.п.), что свидетельствует об умеренной чувствительности результатов к вариации параметров диффузии и подтверждает устойчивость базового прогноза. Сценарий расширенной приоритизации (шесть отраслей вместо четырех) дает лишь 1,3 дополнительных п.п. к ВВП относительно базового: распыление ресурсов государственной поддержки замедляет диффузию ИИ в исходных приоритетах, нивелируя выигрыш от расширения охвата и количественно подтверждая принцип стратегической концентрации.

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты эмпирически подтверждают основную гипотезу исследования: искусственный интеллект выступает катализатором ускоренной экономической диверсификации при условии концентрации государственной поддержки на приоритетных отраслях. Количественные оценки демонстрируют существование естественной пороговой точки, разделяющей секторы по потенциалу внедрения ИИ; значимый дифференциал темпов диффузии между

приоритетными и неприоритетными отраслями; а также устойчивое доминирование эффекта создания рабочих мест над эффектом замещения в условиях дефицита квалифицированных кадров.

Полученные результаты поддаются интерпретации в рамках всех четырех теоретических направлений, задействованных в модели. Доминирование эффекта создания задач над эффектом замещения согласуется с задачей-ориентированной моделью Асемоглу и Рестрепо: в условиях структурного дефицита квалифицированных кадров предельная производительность новых трудовых функций превышает предельную производительность автоматизируемых, что и обеспечивает чистый прирост занятости. S-образная форма траекторий диффузии воспроизводит предсказания модели Басса и согласуется с выводом Коэмина и Хобайна о сокращении лага внедрения в развивающихся странах. Структурный дифференциал между приоритетными и неприоритетными отраслями, в свою очередь, отражает механизм экономической сложности: концентрация ИИ в секторах с высоким потенциалом диверсификации ускоряет накопление разнообразных производственных компетенций, необходимых для преодоления ресурсной зависимости.

Результаты согласуются с глобальными трендами внедрения ИИ. Прогнозируемый 50% уровень проникновения в приоритетных отраслях к 2029 г. соответствует траекториям Сингапура и Южной Кореи; оценка вклада ИИ в производительность (16,8 п.п. за десятилетие) находится в середине диапазона прогнозов McKinsey Global Institute (13-26%) и PwC ($\approx 14\%$) (McKinsey Global Institute, 2023; PwC, 2017). Принципиальное отличие Казахстана от развитых экономик – качественно иное соотношение эффектов: тогда как для США и Западной Европы зафиксировано преобладание эффекта замещения (Acemoglu & Restrepo, 2019), Казахстан демонстрирует выраженное доминирование эффекта создания задач вследствие структурного дефицита технологически компетентной рабочей силы.

Полученные результаты позволяют сформулировать практические следствия для государственной политики. Принцип стратегической концентрации, количественно подтвер-

ждённый сценарным анализом, предполагает приоритетное направление ресурсов – целевых грантов, налоговых льгот и инновационных кластеров – в четыре отобранных сектора. Одновременно прогнозируемый дефицит порядка 1,3 млн рабочих мест с ИИ-компетенциями к 2035 г. диктует необходимость масштабной подготовки кадров при координации государства, бизнеса и системы образования. Реализация производительного потенциала ИИ обусловлена также качеством цифровой инфраструктуры: без развития сетей связи, облачных мощностей и национальной платформы данных параметры диффузии модели не будут достигнуты. Наконец, формирование регуляторной среды – стандартов этического использования ИИ и механизмов мониторинга социально-экономических последствий автоматизации – является необходимым условием устойчивости трансформации, поскольку институциональные барьеры способны существенно снизить реально достигаемый потолок внедрения ИИ относительно технологически возможного максимума.

Среди методологических ограничений исследования выделяются четыре основных: отраслевой уровень агрегации скрывает внутриотраслевую гетерогенность по размеру и технологической зрелости предприятий; отсутствие пространственного измерения не учитывает разрыв между агломерациями и периферией; экзогенная институциональная среда не отражает адаптивных изменений, индуцируемых самим внедрением ИИ; за рамками анализа остались распределительные эффекты – влияние трансформации на неравенство доходов и поляризацию рынка труда. Эти ограничения определяют повестку будущих исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее исследование расширяет теоретическую базу анализа воздействия ИИ на экономическое развитие по трём направлениям. В теоретическом отношении разработана интегрированная аналитическая рамка, впервые синтезирующая модель диффузии инноваций Басса, расширенную производственную функцию с эндогенным технологическим

прогрессом и задачно-ориентированный подход Асемоглу-Рестрепо в единую калиброванную модель применительно к контексту ресурсозависимой развивающейся экономики. Объединение этих трех теоретических концепций, развивавшихся независимо, позволяет учитывать взаимозависимости между диффузией технологий, производительностью труда и структурой занятости, недостижимые при изолированном применении каждого подхода.

В прикладном отношении исследование демонстрирует принципиальную значимость отраслевой дифференциации: агрегированные общеэкономические оценки воздействия ИИ скрывают структурный дифференциал, который и является ключевым механизмом трансформации ресурсозависимой экономики. Обнаруженный компромисс «концентрация-охват» имеет непосредственные следствия для государственной политики как Казахстана, так и других ресурсозависимых стран: расширение периметра поддерживаемых отраслей сопряжено с убывающей отдачей, поэтому стратегическая фокусировка на секторах с максимальным синергетическим потенциалом предпочтительнее широкой горизонтальной программы субсидирования ИИ.

Перспективы исследования определяются тремя направлениями. Первое – подотраслевая дезагрегация, позволяющая выявить внутриотраслевые кластеры с неоднородной ИИ-восприимчивостью и точнее настроить инструменты политики. Второе – включение пространственного измерения: разрыв между агломерациями и периферией в условиях цифровой трансформации способен усиливать региональное неравенство, что требует отдельного моделирования. Третье – эндогенизация институциональной динамики, поскольку качество регуляторной среды, защита данных и системы образования не только влияют на параметры диффузии ИИ, но и сами трансформируются под его воздействием. Реализация этих направлений позволит перейти от прогнозной модели к инструменту политического планирования с обратной связью между технологической диффузией и институциональными изменениями.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization and theory: YV, MK and MR; research design: YV and OO; data collection: YV, MK, MR and OO; analysis and interpretation: YV, MK and MR; writing draft preparation: YV, MK, MR and OO; supervision: YV; correction of article: MK and OO; proofread and final approval of article: YV and MR. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

REFERENCES

- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2018). The race between man and machine: Implications of technology for growth, factor shares, and employment. *American Economic Review*, 108(6), 1488–1542. <https://doi.org/10.1257/aer.20160696>
- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2019). Automation and new tasks: How technology displaces and reinstates labor. *Journal of Economic Perspectives*, 33(2), 3–30. <https://doi.org/10.1257/jep.33.2.3>
- Aghion, P., & Howitt, P. (1992). A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, 60(2), 323–351. <https://doi.org/10.2307/2951599>
- Aitnazarov, T. M., Andabayeva, G. K., & Kakizhanova, T. I. (2024). The role of digital technologies and their impact on the economy of Kazakhstan. *Central Asian Economic Review*, 3, 86–99. <https://doi.org/10.52821/2789-4401-2024-3-86-99> (In Russ.)
- Bass, F. M. (1969). A new product growth model for consumer durables. *Management Science*, 15(5), 215–227. <https://doi.org/10.1287/mnsc.15.5.215>
- Bresnahan, T. F., & Trajtenberg, M. (1995). General purpose technologies: Engines of growth? *Journal of Econometrics*, 65(1), 83–108. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01598-T](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01598-T)
- Brynjolfsson, E., Li, D., & Raymond, L. R. (2023). Generative AI at work (NBER Working Paper No. 31161). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w31161>
- Bulkhairova, Zh. S., Alpeissova, Sh. E., & Kossymbayeva, Sh. I. (2023). [The current state and problems of economic digitalization in Kazakhstan]. *Vestnik ENU im. L. N. Gumilyova. Ekonomicheskaya seriya = Bulletin of L.N. Gumilyov ENU. Economic Series*, 1, 32–39. <https://bulecon.enu.kz/index.php/main/article/view/110> (In Russ.)
- Bureau of National Statistics. (2024). Bureau of National Statistics of the Republic of Kazakhstan. Retrieved December 15, 2025 from <https://stat.gov.kz/en>
- Cockburn, I. M., Henderson, R., & Stern, S. (2018). The impact of artificial intelligence on innovation (NBER Working Paper No. 24449). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w24449>

- Comin, D., & Hobijn, B. (2010). An exploration of technology diffusion. *American Economic Review*, 100(5), 2031–2059. <https://doi.org/10.1257/aer.100.5.2031>
- Dell’Acqua, F., McFowland, E., Mollick, E. R., Lifshitz-Assaf, H., Kellogg, K., Rajendran, S., Kraymer, L., Candelon, F., & Lakhani, K. R. (2023). Navigating the jagged technological frontier: Field experimental evidence of the effects of AI on knowledge worker productivity and quality (Harvard Business School Working Paper No. 24-013). Harvard Business School. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4573321>
- Denissova, O., Konurbayeva, Z., Kulisz, M., Yussubaliyeva, M., & Sueubayeva, S. (2025). Measuring the digital economy in Kazakhstan: From global indices to a contextual composite index (IDED). *Economies*, 13(8), 225. <https://doi.org/10.3390/economies13080225>
- Eloundou, T., Manning, S., Mishkin, P., & Rock, D. (2023). GPTs are GPTs: An early look at the labor market impact potential of large language models. *Science*, 381(6654), 187–192. <https://doi.org/10.1126/science.adh2586>
- Felten, E., Raj, M., & Seamans, R. (2021). Occupational, industry, and geographic exposure to artificial intelligence: A novel dataset and its potential uses. *Strategic Management Journal*, 42(12), 2195–2217. <https://doi.org/10.1002/smj.3286>
- Felten, E., Raj, M., & Seamans, R. (2023). How will language modelers like ChatGPT affect occupations and industries? *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.01157>
- Goldfarb, A., & Tucker, C. (2019). Digital economics. *Journal of Economic Literature*, 57(1), 3–43. <https://doi.org/10.1257/jel.20171452>
- Government of the Republic of Kazakhstan (2024). Concept for the development of artificial intelligence in the Republic of Kazakhstan for 2024–2029 [Kontseptsiya razvitiya iskusstvennogo intellekta v Respublike Kazakhstan na 2024–2029 gody] (Resolution No. 592, July 24, 2024). <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2400000592> (In Russ.)
- Hall, R. E., & Jones, C. I. (1999). Why do some countries produce so much more output per worker than others? *Quarterly Journal of Economics*, 114(1), 83–116. <https://doi.org/10.1162/0033553995555954>
- Hausmann R., & Klinger B. (2007). The structure of the product space and the evolution of comparative advantage. CID Working Paper No. 146. Harvard University. Retrieved December 15, 2025 from <https://www.hks.harvard.edu/sites/default/files/centers/cid/files/publications/faculty-working-papers/146.pdf>
- Hausmann, R., Hidalgo, C. A., Bustos, S., Coscia, M., Simoes, A., & Yildirim, M. A. (2014). The atlas of economic complexity: Mapping paths to prosperity. MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9647.001.0001>
- Hidalgo, C. A., & Hausmann, R. (2009). The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(26), 10570–10575. <https://doi.org/10.1073/pnas.0900943106>
- International Monetary Fund. (2024). Gen-AI: Artificial intelligence and the future of work (IMF Staff Discussion Note No. 2024/001). <https://doi.org/10.5089/9798400262548.006>
- McKinsey Global Institute. (2023). The economic potential of generative AI: The next productivity frontier. McKinsey & Company. Retrieved December 15, 2025 from <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-economic-potential-of-generative-ai-the-next-productivity-frontier>
- Mehlum, H., Moene, K., & Torvik, R. (2006). Institutions and the resource curse. *Economic Journal*, 116(508), 1–20. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2006.01045.x>
- PricewaterhouseCoopers. (2017). Sizing the prize: What’s the real value of AI for your business and how can you capitalise? PwC. Retrieved December 15, 2025 from <https://www.pwc.com/au/government/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf>
- Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98(5), S71–S102. <https://doi.org/10.1086/261725>
- Sachs, J. D., & Warner, A. M. (1995). Natural resource abundance and economic growth (NBER Working Paper No. 5398). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w5398>
- Sachs, J. D., & Warner, A. M. (2001). The curse of natural resources. *European Economic Review*, 45(4–6), 827–838. [https://doi.org/10.1016/S0014-2921\(01\)00125-8](https://doi.org/10.1016/S0014-2921(01)00125-8)
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65–94. <https://doi.org/10.2307/1884513>
- Solow, R. M. (1957). Technical change and the aggregate production function. *Review of Economics and Statistics*, 39(3), 312–320. <https://doi.org/10.2307/1926047>
- Sultan, F., Farley, J. U., & Lehmann, D. R. (1990). A meta-analysis of applications of diffusion models. *Journal of Marketing Research*, 27(1), 70–77. <https://doi.org/10.2307/3172552>
- Trautenberg, M. (2018). AI as the next GPT: A political-economy perspective (NBER Working Paper No. 24245). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w24245>
- Workforce Development Center. (2023). Assessment of the impact of automation, robotization and artificial intelligence on the labour market of the Republic of Kazakhstan [Otsenka vliyaniya avtomatizatsii, robotizatsii i iskusstvennogo intellekta na rynek truda Respubliki Kazakhstan]. <https://erdo.enbek.kz/news/271> (In Russ.)

Information about the authors

Yevgeniy V. Varavin – Cand Sc. (Econ.), Associate Professor, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, email: evaravin@edu.ektu.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7257-9213>

* **Marina V. Kozlova** – Cand Sc. (Econ.), Professor, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, email: mkozlova@edu.ektu.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3381-4997>

Madina U. Rakhimberdinova – PhD, Professor, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, email: mrakhimberdinova@edu.ektu.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9009-8686>

Ozay Ozpence – PhD, Associate Professor, Pamukkale University, Denizli, Turkey, email: oozpence@pau.edu.tr, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1502-3240>

Авторлар туралы мәліметтер

Варавин Е.В. – э.ғ.к., қауымдастырылған профессор, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен, Қазақстан, email: evaravin@edu.ektu.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7257-9213>

***Козлова М.В.** – э.ғ.к., профессор, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен, Қазақстан, email: mkozlova@edu.ektu.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3381-4997>

Рахимбердинова М.У. – PhD, профессор, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен, Қазақстан, email: mrakhimberdinova@edu.ektu.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9009-8686>

Озпенче Ö. – PhD, қауымдастырылған профессор, Памуккале университеті, Денизли, Түркия, email: oozpence@pau.edu.tr, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1502-3240>

Сведения об авторах

Варавин Е.В. – к.э.н., ассоциированный профессор, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан, email: evaravin@edu.ektu.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7257-9213>

***Козлова М.В.** – к.э.н., профессор, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан, email: mkozlova@edu.ektu.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3381-4997>

Рахимбердинова М.У. – PhD, профессор, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан, email: mrakhimberdinova@edu.ektu.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9009-8686>

Озпенче Ö. – PhD, ассоциированный профессор, Университет Памуккале, Денизли, Турция, email: oozpence@pau.edu.tr, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1502-3240>