

НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Рихсибоев Нозимбек Абдурасул угли

*докторант, Ташкентский международный университет,
г. Ташкент, Республика Узбекистан*

Аннотация: В статье рассматриваются теоретико-методологические основы и практические направления внедрения технологий искусственного интеллекта (ИИ) в производственные процессы предприятий промышленного сектора Республики Узбекистан. На примере ООО «Grand Road Materials» - производителя строительных материалов предложен авторский композитный индикатор цифровой интеграции (SI-index). Построены эконометрические прогнозные модели на период 2025–2029 гг. с коэффициентом детерминации $R^2 \geq 0,92$ по трём сценариям (пессимистический, базовый, оптимистический).

Ключевые слова: искусственный интеллект, производственные процессы, экономическая эффективность, цифровизация промышленности, SI-index, ART-модель, машинное обучение.

Abstract: This article examines the theoretical and methodological foundations and practical areas for implementing artificial intelligence (AI) technologies in the production processes of industrial enterprises in the Republic of Uzbekistan. Using the example of Grand Road Materials LLC, a manufacturer of building materials, we propose a proprietary composite digital integration indicator (SI-index). Econometric forecast models for the period 2025–2029 with a determination coefficient of $R^2 \geq 0.92$ are constructed across three scenarios (pessimistic, baseline, and optimistic).

Keywords: artificial intelligence, production processes, economic efficiency, industrial digitalization, SI-index, machine learning.

Введение

Современный этап развития мировой экономики характеризуется стремительным переходом промышленного производства к парадигме «Индустрия 4.0», в основе которой лежит интеграция киберфизических систем, промышленного Интернета вещей (IoT) и технологий искусственного интеллекта (ИИ). По данным McKinsey Global Institute, повсеместное внедрение ИИ в обрабатывающую промышленность способно обеспечить мировой экономике прирост в 13 трлн долл. США до 2030 года, что эквивалентно дополнительному росту ВВП на 1,2% в год.

Несмотря на значительный объём зарубежных исследований по вопросам внедрения ИИ в производство (E.Brynjolfsson, A.Agrawal, G.Westerman, K.Schwab и др.), недостаточно проработаны методические подходы к количественной оценке зрелости цифровой интеграции производственных процессов и их экономической эффективности. Это обуславливает необходимость разработки авторского инструментария, учитывающего отраслевую специфику и институциональные особенности национальной экономики.

Целью настоящего исследования является обоснование теоретико-методологических положений и разработка практических инструментов использования технологий искусственного интеллекта для повышения экономической эффективности производственных процессов предприятий промышленности строительных материалов Республики Узбекистан.

Материалы и методы исследования

Методологической базой исследования послужили системный и процессный подходы, методы эконометрического моделирования, метод анализа иерархий (АНР), градиентный бустинг (XGBoost), рекуррентные нейронные сети (LSTM) и Prophet для прогнозирования временных рядов.

Эмпирической базой исследования выступили производственно-хозяйственные данные ООО «Grand Road Materials» за период 2019-2024 гг., аналитические отчёты международных консалтинговых компаний (McKinsey, Deloitte, PwC), а также нормативно-правовые акты Республики Узбекистан в сфере цифровой экономики.

Обзор литературы и зарубежный опыт

Анализ зарубежного опыта показывает, что ведущие промышленно развитые страны сформировали различные модели внедрения ИИ в производственные процессы. Немецкая концепция «Industrie 4.0» делает акцент на киберфизических системах и горизонтальной интеграции цепочек создания стоимости. Американская модель «Smart Manufacturing Leadership Coalition» ориентирована на облачные платформы и предиктивную аналитику. Китайская стратегия «Made in China 2025» сочетает государственное стимулирование с массовым внедрением промышленных роботов. Опыт Республики Корея и Японии демонстрирует эффективность использования коллаборативной робототехники и компьютерного зрения в серийном производстве.

В таблице 1 систематизированы ключевые направления использования ИИ в производстве, выявленные по результатам контент-анализа 87 зарубежных научных публикаций, проиндексированных в базах Scopus и Web of Science за 2019-2024 гг.

Таблица 1.

Основные направления применения ИИ в производственных процессах¹

Направление	Технологии ИИ	Экономический эффект
Предиктивное техобслуживание	ML-модели (Random Forest, LSTM), анализ вибраций, IoT-сенсоры	Сокращение простоев на 25-50%, экономия затрат на ремонт 10-40%
Контроль качества	Компьютерное зрение (CNN), свёрточные нейросети	Снижение брака на 30-90%, сокращение возвратов
Оптимизация ресурсов	Генетические алгоритмы, линейное программирование, RL	Экономия сырья 5-15%, энергозатрат 8-20%
Прогнозирование спроса	ARIMA, Prophet, XGBoost, градиентный бустинг	Снижение складских остатков на 20-35%
Цифровой двойник	Комбинация CPS, IoT, симуляции, ML-моделей	Ускорение вывода продукции на рынок 20-50%
Автономная логистика	Роботизация (AGV/AMR), маршрутная оптимизация	Рост оборачиваемости 15-25%, снижение затрат 10-18%

Результаты исследования

Для количественной оценки уровня интеграции технологий ИИ в производственные процессы промышленного предприятия разработан композитный индикатор Smart Integration Index (SI-index), охватывающий 13 частных показателей, сгруппированных в 5 тематических блоков: (1) цифровая инфраструктура, (2) данные и аналитика, (3) автоматизация и роботизация, (4) человеческий капитал и компетенции, (5) управление и стратегия ИИ.

Расчёт индекса осуществляется по следующей формуле:

$$SI = \sum (w_i \times x_{i_norm}), \quad i = 1, 2, \dots, 13$$

где w_i - весовой коэффициент i -го показателя, определённый методом анализа иерархий (АИР); x_{i_norm} - нормализованное по методу Min-Max значение i -го показателя (в диапазоне 0-1). Итоговое значение SI-index принимает значения в диапазоне от 0 до 100 %.

Интерпретация полученных значений осуществляется по пятиуровневой шкале зрелости цифровой интеграции (таблица 2).

Апробация методики на материалах ООО «Grand Road Materials» позволила получить значение SI-index = 34,7%, что соответствует базовому уровню зрелости и указывает на значительный потенциал дальнейшего развития цифровой интеграции.

Таблица 2

¹ Составлено автором по отчётам McKinsey & Company (2023-2024)

Пятиуровневая шкала интерпретации значений SI-index²

Диапазон	Уровень зрелости	Характеристика
0-20%	Начальный	Фрагментарная автоматизация, отсутствие единой системы сбора данных
21-40%	Базовый	Внедрение SCADA/MES, цифровизация ключевых операций
41-70%	Развитый	Систематическое использование аналитики данных, первые пилоты ИИ
71-90%	Продвинутый	Промышленное использование ML, предиктивная аналитика, цифровые двойники
91-100%	Интеллектуальный	Полная интеграция ИИ в бизнес-процессы, автономные системы принятия решений

На основе временных рядов производственно-экономических показателей ООО «Grand Road Materials» за 2019-2024 гг. построены эконометрические прогнозные модели на период 2025-2029 гг. для восьми ключевых индикаторов: объём производства, выручка от реализации, производительность труда, материалоемкость, энергоёмкость, себестоимость единицы продукции, рентабельность продаж, уровень простоев оборудования.

Для каждого показателя рассчитаны три сценария: пессимистический (сохранение текущего уровня цифровизации), базовый (частичное внедрение ИИ-решений) и оптимистический (комплексная реализация предложенных инструментов). Сводные результаты прогнозирования представлены в таблице 3.

Таблица 3

Прогнозные значения ключевых показателей ООО «Grand Road Materials» на 2029 год по сценариям³

Показатель	2024 (факт)	Песс. 2029	Баз. 2029	Опт. 2029
Объём производства, тыс. т	248,6	275,3	312,8	358,4
Производительность труда, тыс. сум/чел.	187 420	204 500	228 700	255 600
Материалоемкость, сум/сум	0,642	0,628	0,589	0,553
Энергоёмкость, кВт·ч/т	92,4	89,7	81,2	73,8
Рентабельность продаж, %	14,8	15,6	18,9	22,7
Простои оборудования, ч/год	412	395	318	268
SI-index, %	34,7	42,5	58,3	74,6

Качество построенных эконометрических моделей характеризуется высокими значениями коэффициента детерминации ($R^2 = 0,92-0,97$), а также

² Разработано автором

³ Расчёты автора на основе данных ООО «Grand Road Materials» с использованием EViews 12 и Python 3.11.

низкими значениями среднеквадратичной ошибки (RMSE) и средней абсолютной ошибки (MAE), что подтверждает их пригодность для практического применения в прогнозировании и управленческом планировании.

Для моделирования динамики SI-index использована логистическая функция роста, отобранная по критерию минимизации AIC/BIC среди альтернативных спецификаций (линейной, экспоненциальной, полиномиальной). Логистическая модель адекватно отражает эффект «цифрового плато» - замедление темпов роста интеграции по мере приближения к верхнему теоретическому пределу.

Заключение

Проведённое исследование позволило получить следующие основные результаты теоретического и прикладного характера:

Во-первых, обоснована авторская концепция многоуровневой интеграции технологий искусственного интеллекта в производственные процессы промышленных предприятий, учитывающая отраслевые особенности производства строительных материалов и институциональные условия Республики Узбекистан.

Во-вторых, разработан композитный индикатор цифровой интеграции SI-index, позволяющий количественно оценивать уровень зрелости применения ИИ в производстве по 13 частным показателям и пяти тематическим блокам. Апробация методики на материалах ООО «Grand Road Materials» выявила значительный потенциал цифрового развития предприятия.

В-третьих, построены эконометрические прогнозные модели ($R^2 \geq 0,92$) по трём сценариям развития, свидетельствующие о том, что реализация оптимистического сценария обеспечит рост производительности труда на 27%, снижение материалоёмкости на 14%, сокращение простоев оборудования на 35% и повышение рентабельности продаж до 22,7%.

Список литературы

1. Указ Президента Республики Узбекистан от 5 октября 2020 г. № УП-6079 «Об утверждении Стратегии «Цифровой Узбекистан - 2030» и мерах по её эффективной реализации». - Ташкент, 2020.

2. Постановление Президента Республики Узбекистан от 17 февраля 2021 г. № ПП-4996 «О мерах по созданию условий для ускоренного внедрения технологий искусственного интеллекта». - Ташкент, 2021.

3. Агзамов А.Т. Цифровая трансформация промышленных предприятий Узбекистана: состояние и перспективы // Экономика Узбекистана. 2023. № 4. с. 23-34.

4. Агравал А., Ганс Д., Голдфарб А. Машины предсказаний. Простая экономика искусственного интеллекта. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2023. 320 с.
5. Бриньолфссон Э., МакАфи Э. Вторая эра машин. Работа, прогресс и процветание в эпоху новейших технологий. М.: АСТ, 2022. 384 с.
6. Шваб К. Четвёртая промышленная революция. М.: Эксмо, 2022. 288 с.
7. Westerman G., Bonnet D., McAfee A. Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation. Boston: Harvard Business Review Press, 2022. 256 p.
8. Chui M., Hall B., Mayhew H. et al. The State of AI in 2023: Generative AI's breakout year // McKinsey Global Survey. McKinsey & Company, 2023.
9. ООО «Grand Road Materials». Годовой производственно-экономический отчёт за 2024 год. Ташкент, 2025.