

Применение цифровых моделей прогнозирования для повышения эффективности и качества продукции перерабатывающих предприятий Кыргызстана

Сыдыкова Наргул Айдарбековна

преподаватель, Ошский государственный университет, Кыргызстан, sydykova57@gmail.com

Сопубеков Нематилла Абдилахатович

к.т.н., профессор, Ошский технологический университет, Кыргызстан, nematsopubekov@gmail.com

Аннотация

В статье рассматриваются современные подходы к применению цифровых моделей прогнозирования для оптимизации производственных процессов и повышения качества продукции на перерабатывающих предприятиях Кыргызстана. Особое внимание уделено методам предиктивной аналитики, цифровым двойникам и системам машинного обучения, обеспечивающим своевременное выявление рисков отказов оборудования и отклонений производственных параметров. Проведён анализ эффективности внедрения моделей на примере предприятий пищевой, молочной и текстильной отраслей. Представлены таблицы расчётов, примеры применения и рекомендации для дальнейшего развития цифровых решений.

Ключевые слова: цифровые модели, предиктивная аналитика, перерабатывающая промышленность, качество продукции, прогнозирование, цифровые двойники, машинное обучение, Кыргызстан

Для цитирования: Сыдыкова Н.А., Сопубеков Н.А. (2025). Применение цифровых моделей прогнозирования для повышения эффективности и качества продукции перерабатывающих предприятий Кыргызстана. *Открытый журнал евразийских исследований*, 3(3), сс. 16-22. doi: 10.65469/eijournal.2025.3.3

Введение

Перерабатывающая промышленность Кыргызской Республики является одной из ключевых отраслей экономики, обеспечивающих создание добавленной стоимости и занятость населения. Однако отрасль сталкивается с проблемами высокой изношенности оборудования, низкого уровня автоматизации и недостаточной аналитической поддержки принятия решений [1, 11-13].

Развитие цифровых технологий и искусственного интеллекта открывает новые возможности для оптимизации производственных процессов. Согласно Концепции цифровой трансформации Кыргызской Республики на 2024–2028 годы [2], цифровизация промышленности является приоритетным направлением государственной политики.



© The Author(s) 2025.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Внедрение цифровых моделей прогнозирования позволит обеспечить предиктивное обслуживание оборудования, оптимизировать производственные режимы и повысить качество конечной продукции [3].

Теоретические основы цифрового прогнозирования. Цифровое прогнозирование в промышленности базируется на анализе больших данных (Big Data), машинном обучении (Machine Learning) и цифровых двойниках (Digital Twins) [4]. Основная математическая модель прогнозирования может быть представлена выражением:

$$Y(t+1) = f(Y(t), X(t), \theta),$$

где $Y(t)$ — прогнозируемый показатель, $X(t)$ — вектор факторов, θ — параметры модели.

Для практических задач используются методы линейной регрессии, случайного леса (Random Forest), градиентного бустинга (XGBoost) и рекуррентных нейронных сетей (LSTM). Для оценки точности применяются показатели MAE, RMSE и R^2 [5].

Методика и материалы исследования. В исследовании использованы данные телеметрии оборудования (температура, давление, вибрация, нагрузка), а также производственные показатели (объём выпуска, качество продукции, процент брака). Данные были нормализованы и разделены на обучающую и тестовую выборки (80/20). Обучение моделей проводилось с использованием библиотек Python — Scikit-learn и TensorFlow.

Таблица 1 – Сравнение методов цифрового прогнозирования, применяемых в перерабатывающей промышленности

№	Метод прогнозирования	Применяется технология	Преимущества	Недостатки	Тип данных
1	Линейная регрессия	Статистическая модель	Простота применения, малые вычислительные затраты	Низкая точность при нелинейных процессах	Производственные и экономические
2	ARIMA (авторегрессионная интегрированная модель скользящего среднего)	Временные ряды	Хорошо работает при стационарных данных	Требует стабильных и длинных рядов	Объёмы выпуска, цены, энергопотребление
3	Нейронные сети (ANN, LSTM)	Искусственный интеллект	Высокая точность, способность выявлять нелинейные зависимости	Требует большого объёма данных и вычислительных ресурсов	Датчики, IoT, производственные процессы
4	Random Forest / XGBoost	Машинное обучение	Хорошо работает с разнородными данными	Сложность интерпретации результатов	Комбинированные данные (технологические и экономические)

5	Цифровой двойник предприятия	Комплексное моделирование	Возможность имитации и оптимизации производственных процессов в реальном времени	Высокая стоимость внедрения	
---	------------------------------	---------------------------	----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------	--

Результаты моделирования. Алгоритмы XGBoost и LSTM обеспечили наилучшую точность прогнозирования. Средняя точность предсказания отказов составила 89%, а прогнозирование качества продукции (влажность, кислотность, содержание белка) — 87% [6].

Таблица 2 – Экономический эффект внедрения цифровых моделей прогнозирования на предприятиях перерабатывающей промышленности Кыргызстана

№	Показатель	До внедрения (среднее значение)	После внедрения (прогноз)	Изменение, в %	Примечание
1	Производительность оборудования	82 %	93 %	+13,4	Оптимизация графика загрузки линий
2	Энергопотребление на единицу продукции	1,0 кВт·ч/кг	0,84 кВт·ч/кг	-16,0	Прогноз энергопиков и управление нагрузкой
3	Уровень брака продукции	4,2 %	2,8 %	-33,3	Контроль отклонений параметров в реальном времени
4	Затраты на обслуживание оборудования	100 %	77 %	-23,0	Использование предиктивного обслуживания
5	Экономический эффект (годовой)	—	+14,5 млн сом	—	За счёт снижения простоев и энергозатрат

Экономический эффект. Экономический эффект определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = (\Delta t \times C_{\text{пр}}) - C_{\text{вн}},$$

где Δt — сокращение простоев, $C_{\text{пр}}$ — стоимость простоя оборудования в час, $C_{\text{вн}}$ — затраты на внедрение системы.

Для типового предприятия экономия составила около 240 000 сом в год, что подтверждает эффективность внедрения предиктивной аналитики [7].

Практическое применение. Применение цифровых моделей прогнозирования на молочных и текстильных предприятиях Кыргызстана позволило:

- снизить простои оборудования на 60–70%;
- повысить выпуск качественной продукции на 12–15%;
- улучшить контроль технологических параметров.

Модели интегрируются с IoT-платформами и SCADA-системами, обеспечивая автоматический сбор и анализ данных [8].

Перспективы развития. В перспективе возможно создание национальной платформы цифрового прогнозирования, которая позволит собирать данные с предприятий, формировать цифровые двойники технологических линий и прогнозировать показатели в реальном времени. Важным направлением является развитие кадровых компетенций и стандартизация данных.

Заключение. В ходе проведённого исследования установлено, что внедрение цифровых моделей прогнозирования в перерабатывающую промышленность Кыргызстана является ключевым фактором повышения производительности, качества и устойчивости предприятий. Использование таких технологий, как машинное обучение, нейронные сети, цифровые двойники и интеллектуальные системы мониторинга, позволяет не только оптимизировать производственные процессы, но и значительно снизить издержки на обслуживание оборудования и энергопотребление.

Результаты анализа (см. табл. 2) демонстрируют, что применение цифровых моделей прогнозирования приводит к росту производительности в среднем на 10–15 %, снижению энергозатрат до 16 % и уменьшению количества дефектной продукции на 30 %. Эти показатели подтверждают эффективность внедрения предиктивной аналитики и необходимости дальнейшей цифровой трансформации отрасли.

Несмотря на достигнутые успехи, в Кыргызстане сохраняются определённые барьеры — ограниченные инвестиции в цифровую инфраструктуру, нехватка квалифицированных специалистов в области анализа данных, а также недостаточный уровень интеграции ИТ-систем между предприятиями. Поэтому процесс цифровизации требует системного подхода и поддержки со стороны государства, научных центров и бизнеса.

Рекомендации:

1. **Создание отраслевого центра предиктивной аналитики** на базе ведущих университетов и производственных предприятий, обеспечивающего методическую и техническую поддержку по внедрению цифровых моделей.
2. **Внедрение цифровых двойников производственных линий** в ключевых отраслях переработки (пищевая, текстильная, горнорудная) для анализа и оптимизации технологических процессов.
3. **Разработка программ подготовки и повышения квалификации специалистов**, ориентированных на анализ больших данных, машинное обучение и промышленную аналитику.
4. **Интеграция национальных платформ данных** между предприятиями и государственными структурами с целью обмена производственной информацией и мониторинга эффективности отрасли.
5. **Формирование государственной стратегии цифрового прогнозирования**, включающей систему грантов и налоговых стимулов для предприятий, внедряющих цифровые технологии.

Таким образом, переход к цифровым моделям прогнозирования является не просто технологической модернизацией, а стратегическим направлением развития перерабатывающей промышленности Кыргызстана. Комплексная реализация указанных мер

обеспечит устойчивый рост производительности, повышение конкурентоспособности и устойчивое развитие национальной экономики в условиях цифровой трансформации [7], [8].

Список использованной литературы

1. Имаралиев Θ.Р. Аймактык экономиканын өнүгүүсүнө жергиликтүү билим берүү мекемелеринин салымы [Текст] / Θ.Р. Имаралиев, Примберди кызы А. // Известия Ошского технологического университета.-Ош: ОшТУ, 2020-№1. С. 257-259.
2. Имаралиев Θ.Р. Сыдыкова Н.А. Региондого жумушсуздуктун абалына экономикалык анализ.-Бишкек: М.Рыскулов атындагы кыргыз экономикалык университетти, 2 (55) 22
3. Бектуров Э.Ж. Цифровизация производственных процессов в промышленности Кыргызстана // Вестник КРСУ. — 2023. — №2. — С. 45–52.
4. Концепция цифровой трансформации Кыргызской Республики на 2024–2028 годы. — Бишкек: Министерство цифрового развития КР, 2024.
5. Пупырев В.В. Методы машинного обучения для предиктивного обслуживания оборудования. — М.: Инфра-М, 2022. — 256 с.
6. Иванов И.А., Сидоров П.В. Цифровые двойники и аналитика в промышленности // Автоматизация и ИТ. — 2023. — №4. — С. 33–41.
7. Отчет Национального статистического комитета КР «Промышленность Кыргызстана 2023». — Бишкек, 2024.
8. Сагынбаев Т.К. Влияние цифровых технологий на развитие обрабатывающих производств // Экономика и инновации. — 2024. — №1. — С. 21–29.
9. Громов Д.А. Предиктивное обслуживание и цифровые платформы в промышленности // Цифровая экономика. — 2023. — №3. — С. 14–22.
10. Кадыров А.М. Использование искусственного интеллекта для анализа производственных процессов в пищевой отрасли // Промышленные технологии. — 2024. — №5. — С. 50–59.
11. Эркебаев У.З., Мусаева Н.Ж. (2025). Окуучулардын окууга болгон мотивациясын жогорулатуу үчүн билим берүү процесстеринде геймификацияны колдонуу. Евразия изилдөөлөрү ачык журналы, 2(2), бб. 24-33. DOI: 10.65469/eijournal.2025.2.4
12. Имаралиев О.Р., Аширов Н.С., Хашимова Г.А. (2025). Ишкананын каржылык ресурстарын пландоо каражаттары. Евразия изилдөөлөрү ачык журналы, 1(1), бб. 26-32. DOI: 10.65469/eijournal.2025.1.4
13. Бексултанов А.А., Мелисов А.Н., Аманова Г.Ж. (2025). Экономикалык чечимдерди кабыл алууда прогноздук моделдердин колдонулушу. Евразия изилдөөлөрү ачык журналы, 1(1), бб. 33-39. DOI: 10.65469/eijournal.2025.1.5

Евразия изилдөөлөрү ачык журналы, 2025, 3(3), 66. 16-22

doi: 10.65469/eijournal.2025.3.3

eijournal.ilimbilim.kg

ЭКОНОМИКА / ECONOMICS

УДК 004.8:66.01

Кыргызстандын кайра иштетүүчү ишканаларында өндүрүштүн натыйжалуулугун жана продукциянын сапатын жогорулатуу үчүн санараптик божомолдоо моделдерин колдонуу

Сыдыкова Наргул Айдарбековна

октууучу, Ош мамлекеттик университети, Кыргызстан, sydykova57@gmail.com

Сопубеков Нематилла Абдилахатович

т.и.к., профессор, Ош технологиялык университети, Кыргызстан, nematsopubekov@gmail.com

Аннотация

Макалада Кыргызстандын кайра иштетүүчү ишканаларында өндүрүш процесстерин оптималдаштыруу жана продукциянын сапатын жогорулатуу үчүн санараптик божомолдоо моделдерин колдонуудагы заманбап ыкмалар каралат. Өзгөчө көңүл жабдуулардын иштебей калуу тобокелдиктерин жана өндүрүш параметрлеринин четтөөлөрүн өз убагында аныктоону камсыз кылган предиктивдүү аналитика ыкмаларына, санараптик эгиздерге жана машиналык окутуу системаларына бурулган. Тамак-аш, сүт жана текстиль тармактарындағы ишканалардын мисалында моделдерди киргизүүнүн натыйжалуулугуна талдоо жүргүзүлгөн. Эсептөөлөрдүн таблицалары, колдонуу мисалдары жана санараптик чечимдерди мындан ары өнүктүрүү боюнча сунуштар берилген.

Ачкыч сөздөр: санараптик моделдер, предиктивдүү аналитика, кайра иштетүүчү өнөр жай, продукциянын сапаты, божомолдоо, санараптик эгиздер, машиналык окутуу, Кыргызстан

ЭКОНОМИКА / ECONOMICS

УДК 004.8:66.01

Application of digital forecasting models to improve the efficiency and quality of products of processing enterprises in Kyrgyzstan

Sydykova Nargul Aidarbekovna

Lecturer, Osh State University, Kyrgyzstan, sydykovaa57@gmail.com

Sopubekov Nematilla Abdilahatovich

Candidate of Technical Sciences, professor, Osh Technological University, Kyrgyzstan, nematsopubekov@gmail.com

Abstract

The article discusses modern approaches to the use of digital forecasting models to optimize production processes and improve product quality at processing plants in Kyrgyzstan. Special attention is paid to predictive analytics methods, digital twins and machine learning systems that ensure timely identification of risks of equipment failures and deviations in production parameters. The analysis of the effectiveness of the implementation of models is carried out using the example of enterprises in the food, dairy and textile industries. Calculation tables, application examples and recommendations for further development of digital solutions are presented.

Keywords: digital models, predictive analytics, processing industry, product quality, forecasting, digital twins, machine learning, Kyrgyzstan