

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБЪЕМОВ ЗАКУПОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕЙ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА (НА ПРИМЕРЕ ОАО «МЭТЗ ИМ. В.И. КОЗЛОВА»)

Л.В. Бутор, К.В. Синкевич, Т.В. Якимова

Белорусский национальный технический университет

Республика Беларусь, 220013, г. Минск, пр-т Независимости, 65

Введение. В статье анализируется применение нейросетевых технологий для прогнозирования объемов закупок на промышленных предприятиях. Рассматриваются ключевые принципы работы искусственных нейронных сетей, их способность выявлять сложные зависимости в данных и адаптироваться к изменяющимся рыночным условиям.

Данные и методы. В исследовании на примере ОАО «МЭТЗ ИМ. В.И. КОЗЛОВА» использованы методы машинного обучения, включая многослойные нейронные сети и алгоритм градиентного спуска.

Полученные результаты. Проведено сравнение прогнозируемых и фактических данных, выявлены основные факторы, влияющие на точность предсказаний.

Заключение. Результаты исследования могут быть использованы для оптимизации закупочной деятельности предприятий и совершенствования цифровых систем управления цепями поставок.

Ключевые слова: нейросеть, машинное обучение, прогнозирование закупок, искусственный интеллект, статистический анализ данных, корреляционный анализ, оптимизация поставок, цифровая трансформация, конкурентоспособность

Для цитирования:

Бутор Л.В., Синкевич К.В., Якимова Т.В. Прогнозирование объемов закупок с использованием нейросетей и искусственного интеллекта (на примере ОАО «МЭТЗ им. В.И. Козлова») // Организатор производства. 2025. Т.33. № 2. С. 42-55. DOI: 10.36622/1810-4894.2025.46.43.005

FORECASTING PROCUREMENT VOLUMES USING NEURAL NETWORKS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE (BY THE EXAMPLE OF JSC "V.I. KOZLOV METZ")

L.V. Butor, K.V. Sinkevich, T.V. Yakimova

Belarusian National Technical University

Republic of Belarus, 220013, Minsk, 65, Independence Ave.

Сведения об авторах:

Бутор Любовь Васильевна (msf.bntu@gmail.com), старший преподаватель кафедры «Инженерная экономика»

Синкевич Константин Витальевич (dvosd95@gmail.com), студент кафедры «Инженерная экономика»

Якимова Татьяна Васильевна (yakimova1337@gmail.com), студент кафедры «Инженерная экономика»

On authors:

Butor Lubov V. (msf.bntu@gmail.com), Senior Lecturer of the Department of Engineering Economics

Sinkevich Konstantin V. (dvosd95@gmail.com), student of "Engineering Economics" department

Yakimova Tatiana V. (yakimova1337@gmail.com), student of "Engineering Economics" department

Introduction. The article analyzes the application of neural network technologies for forecasting the volume of purchases at industrial enterprises. The key principles of artificial neural networks, their ability to identify complex dependencies in data and adapt to changing market conditions are considered.

Data and methods. In the study on the example of JSC "METZ IM. V.I. KOZLOV" the methods of machine learning, including multilayer neural networks and gradient descent algorithm were used.

Results obtained. The comparison of predicted and actual data was carried out, the main factors affecting the accuracy of predictions were revealed.

Conclusion. The results of the study can be used to optimize the procurement activities of enterprises and improve digital supply chain management systems.

Keywords: neural network, machine learning, procurement prediction, artificial intelligence, statistical data analysis, correlation analysis, supply chain optimization, digital transformation, competitiveness

For citation:

Butor L.V., Sinkevich K.V., Yakimova T.V. Forecasting the volume of purchases using neural networks and artificial intelligence (on the example of V.I. Kozlov MPEI JSC) // Organizer of Production. 2025. Vol. 33. No. 2. Pp. 42-55. DOI: 10.36622/1810-4894.2025.46.43.005

Введение

В современных условиях цифровая трансформация производства и логистики становится ключевым фактором повышения эффективности предприятий. Одним из наиболее перспективных направлений в данной области является использование технологий искусственного интеллекта, в частности нейросетей, для прогнозирования закупок и управления цепями поставок. Внедрение подобных технологий позволяет автоматизировать процесс принятия решений, повысить точность прогнозов и снизить операционные затраты.

В Республике Беларусь предприятия активно внедряют цифровые решения в сфере закупок, стремясь к повышению конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках. Важную роль в этом процессе играют государственные инициативы, направленные на поддержку цифровизации промышленности, а также развитие инструментов импортозамещения. Использование нейросетевых моделей позволяет учитывать широкий спектр факторов, включая исторические объемы закупок, динамику цен, курсовые колебания и макроэкономические индикаторы, что значительно повышает точность прогнозирования.

В данной статье рассматривается применение нейросетевых технологий на примере ОАО «МЭТЗ ИМ. В.И. КОЗЛОВА». Основной целью исследования является анализ возможностей использования нейросетей для прогнозирования объемов закупок и оценка эффективности данного подхода в условиях динамично изменяющегося рынка.

Обзор литературы

Как отечественные, так и зарубежные исследования подтверждают эффективность использования искусственных нейронных сетей и алгоритмов машинного обучения для оптимизации закупок и прогнозирования спроса. В современной научной литературе отмечается, что автоматизация процессов принятия решений на основе анализа данных позволяет значительно повысить точность прогнозов и снизить издержки предприятий.

Так, в работе Иванова С.А. и Смирновой Е.П. [7] рассмотрены интеллектуальные системы прогнозирования спроса, в которых основное внимание уделено алгоритмам машинного обучения. Исследование подтверждает, что применение таких технологий позволяет учитывать широкий спектр факторов – от исторических данных до макроэкономических показателей.

Сходные выводы представлены в статье Бондаренко А.Ю. и Тихомирова Н.С. [2], где рассматриваются методы обработки больших данных в нейросетевых моделях. Особое внимание уделено предобработке информации и выбору функций активации, что имеет решающее значение при построении моделей прогнозирования.

В свою очередь, Смирнов Д.А. и Козлов В.Н. [14] анализируют использование алгоритмов машинного обучения для управления цепями поставок. Авторы показывают, что внедрение таких методов в логистику способствует сокращению операционных затрат и повышению точности планирования поставок.

Лебедев А.О. и Романова К.И. [9] акцентируют внимание на автоматизации логистических процессов с помощью искусственного интеллекта. Исследование демонстрирует примеры успешного внедрения ИИ-решений на производственных предприятиях, что подтверждает их практическую значимость.

При этом в ряде источников отмечаются сложности, связанные с внедрением нейросетевых технологий в сферу закупок. Котов Н.П. и Максимов С.В. [8] подчеркивают, что предприятия сталкиваются с проблемами адаптации ИИ-моделей к специфическим условиям работы. Это объясняется необходимостью значительных вычислительных мощностей и корректного обучения нейросетей на реальных данных.

Также стоит отметить исследование Гусева И.В. и Орловой Т.А. [4], где рассматривается влияние машинного обучения на экономические показатели. Согласно выводам авторов, успешность применения подобных технологий во многом зависит от качества исходных данных, а также от правильной настройки параметров моделей.

Кроме того, в литературе [5, 10, 13] рассматриваются примеры внедрения цифровых технологий в управлении закупками в различных странах. В

исследованиях указывается, что успешность таких решений обусловлена не только техническими возможностями, но и организационными факторами, включая уровень цифровой зрелости компаний.

На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что нейросетевые технологии являются мощным инструментом для прогнозирования закупок и управления цепями поставок. Однако их эффективность зависит от качества данных, правильного подбора алгоритмов и уровня цифровой трансформации предприятий. Дальнейшие исследования в данной области могут быть направлены на разработку адаптивных моделей, способных учитывать изменяющиеся рыночные условия в режиме реального времени.

Методологии исследования

Прогнозирование закупок с использованием нейросетей является эффективным методом, позволяющим выявлять сложные зависимости между входными данными и целевыми показателями. В основе данного подхода лежит применение многослойных искусственных нейронных сетей, которые способны обучаться на больших объемах данных и адаптироваться к изменяющимся рыночным условиям.

Для проведения исследования использовались данные о закупках предприятия ОАО «МЭТЗ ИМ. В.И. КОЗЛОВА» за период 2018–2022 годов. Основными переменными выступали: исторические объемы закупок, ценовые показатели, валютные курсы, уровень инфляции, сезонность, а также макроэкономические индикаторы.

Методика прогнозирования включала следующие этапы:

1. Сбор и предобработка данных. На этом этапе проводилось удаление выбросов, нормализация данных и замена пропущенных значений методами линейной интерполяции.

2. Выбор архитектуры нейросети. В качестве модели использовалась многослойная нейронная сеть с входным, скрытым и выходным слоями. Для активации использовалась функция ReLU, обеспечивающая нелинейность преобразований.

3. Обучение модели. В качестве алгоритма оптимизации использовался метод градиентного спуска (Adam), позволяющий минимизировать функцию ошибки. Для оценки качества модели применялась среднеквадратичная ошибка (MSE):

$$MSE = \frac{1}{n} + \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2, \quad (1)$$

где y_i = реальные значения;
 \hat{y}_i = предсказанные значения модели;
 n = количество наблюдений;

4. Коррекция и дообучение модели. В случае переобучения применялось уменьшение сложности модели, а также регуляризация L2 (снижение веса коэффициентов для предотвращения излишней зависимости от обучающей выборки).

5. Построение прогноза. После успешного обучения модель использовалась для предсказания объемов закупок на 2023–2025 годы.

6. Анализ полученных результатов. Для оценки точности прогноза вычислялся коэффициент детерминации R^2 :

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}, \quad (2)$$

где \bar{y} = среднее значение целевой переменной;

После применения модели были построены визуализации в виде графиков и корреляционной карты, позволяющие интерпретировать влияние различных факторов на прогнозируемые показатели.

Предложенный метод позволяет учитывать сложные нелинейные зависимости в данных, что делает его более точным по сравнению с традиционными

статистическими методами прогнозирования.

Анализ и результаты

Важнейшим условием нормального производственного процесса является бесперебойное его обеспечение материальными ресурсами, в потребном количестве. «На сегодняшний день в рамках цифровой трансформации в логистике одним из конкурентоспособных преимуществ является понимание работы и эффективное использование информационных технологий» [1, с. 13]. В данной статье авторами будет проанализирована возможность применения нейросетей и искусственного интеллекта для прогнозирования закупок на примере ОАО «МЭТЗ ИМ. В.И. КОЗЛОВА».

«Нейронные сети получают все большее применение в экономической практике. Они удобны для решения следующих задач:

1. Отслеживание операций с краденными кредитными картами и поддельными чеками.
2. Прогнозирование изменения биржевых котировок.
3. Управление ценами и производством.
4. Прогнозирование объема закупок.
5. Прогнозирование потребления энергии.
6. Оценка и прогнозирование платежеспособности клиентов.
7. Построение рейтингов.

Нейронные сети позволяют решать задачи, с которыми не могут справиться традиционные методы, они способны успешно решать задачи, опираясь на неполную, зашумленную, искаженную информацию» [3, с. 13].

Нейросеть – это математическая модель, основанная на принципах работы человеческого мозга, которая реализуется в виде программы или аппаратной системы. Она состоит из множества взаимосвязанных искусственных нейронов, каждый из которых получает входные данные, обрабатывает их с использованием нелинейных функций активации и передает

результат другим нейронам. Основное свойство нейросети заключается в её способности учиться: на основе большого объёма данных она корректирует внутренние параметры (веса связей) для минимизации ошибки при решении задач, таких как классификация, прогнозирование и распознавание образов. Несмотря на то, что нейросети – это довольно новая технология, их внедрение уже показывает свою эффективность, в том числе на промышленных предприятиях. В контексте данной работы мы будем рассматривать их использования для прогнозирования объёма закупок [15].

Прогнозирование объёмов закупок с использованием нейросетей базируется на моделировании сложных нелинейных зависимостей между множеством факторов, таких как исторические данные по продажам и закупкам, сезонность, колебания цен и другие экономические показатели. Основной принцип работы нейросетей заключается в том, что входные данные проходят через несколько слоев искусственных нейронов, где каждый нейрон с помощью нелинейных функций активации (например, ReLU или сигмоидной функции) преобразует сигнал, а алгоритм обратного распространения ошибки с использованием метода градиентного спуска корректирует веса связей между нейронами для минимизации расхождения между прогнозируемыми и реальными значениями. Таким образом, сеть обучается выявлять скрытые паттерны в большом объеме зашумленных данных, что обеспечивает высокую точность предсказаний даже при сложных динамических изменениях рынка [6].

Кроме того, благодаря возможности непрерывного обучения на новых данных, нейросети способны адаптироваться к изменяющимся условиям и оперативно корректировать прогнозы, что критически важно для оптимизации процессов закупок на производственных предприятиях, таких как ОАО «МЭТЗ ИМ. В.И. КОЗЛОВА».

С учетом постоянно растущей конкуренции и необходимости снижения издержек, всем предприятиям, в том числе в Республике Беларусь, я рекомендую активно внедрять данные технологии. Применение нейросетевых моделей позволяет не только повысить точность прогнозов и оптимизировать запасы, но и улучшить оперативность управленческих решений за счет автоматизации анализа больших объемов данных. Это, в свою очередь, способствует повышению конкурентоспособности и устойчивости предприятий в условиях динамичного рынка, что является важным фактором для успешного развития отечественного производства и логистики.

На ОАО «МЭТЗ ИМ. В.И. КОЗЛОВА» большое внимание уделяется качеству закупаемого сырья, материалов и комплектующих изделий. Вся получаемая продукция имеет сертификаты качества и соответствует требованиям технической документации.

Основным нормативным документом, регламентирующим порядок проведения закупок, является «Положение о закупках». Положение является порядком проведения закупок в ОАО «МЭТЗ ИМ. В.И. КОЗЛОВА» за счет собственных средств, разработано в соответствии с Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 15 марта 2012 № 229 «О совершенствовании отношений в области закупок товаров (работ, услуг) за счет собственных средств» и другими актами законодательства Республики Беларусь.

В соответствии с действующими нормативными документами, регламентирующими порядок закупок товаров за счет собственных средств, поставка товаров на ОАО «МЭТЗ ИМ. В.И. КОЗЛОВА» может осуществляться организациями-производителями (резидентами и нерезидентами РБ) или их сбытовыми организациями, а также посредством системы электронных торгов на

Белорусской Универсальной Товарной Бирже.

Как показала практика, наименьшие цены и своевременность отгрузки товаров могут обеспечить только производители. Все материалы и комплектующие, которые производятся в Республике Беларусь или за ее пределами, в большинстве случаев приобретаются предприятием непосредственно у производителей или их официальных представителей.

Объем закупок у поставщиков, не являющихся производителями или их официальными представителями, незначителен и обусловлен необходимостью в отдельных случаях оперативно приобрести небольшое количество товара. При этом сам производитель не имеет возможности изготовить и отгрузить товар в требуемом объеме, поскольку он существенно меньше минимальной монтажной партии изготовления либо минимальной отгрузочной партии товара. Таким образом закуплено небольшое количество металлопродукции (трубы, листы, полосы и др.), химической продукции, вспомогательных материалов. Импорт ряда материалов связан с особенностью производства продукции ОАО «МЭТЗ ИМ. В.И. КОЗЛОВА». Так, например, электротехническая сталь, трансформаторное масло и т.п. являются специфическими материалами и используются в отдельных обязательных технологических процессах предприятия. Данные материалы в Республике Беларусь не производятся, а в РФ и за рубежом перечень их производителей ограничен.

Осуществление поставок других видов материалов и комплектующих изделий ведётся как от зарубежных, так и отечественных партнёров-поставщиков. Многие российские предприятия открывают в Беларуси свои торговые представительства, что автоматически переводит поставки материалов из разряда импорта в поставки резидентов РБ, например: СЗАО «Русский алюминиевый

Альянс» (г. Минск) - поставка проката цветных металлов; ИП «ЛУКОЙЛ - Белоруссия» и СП ЗАО «Славнефть-Старт» (г. Минск) - поставка масла трансформаторного и горюче-смазочных материалов и т.д.

В странах дальнего зарубежья, СНГ и Республике Беларусь находится свыше 630 поставщиков материалов и ПКИ, основными среди них являются:

– по прокату чёрных металлов и изделий из него: ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат», ПАО «Северсталь» (г. Череповец), ООО «ВИЗ-Сталь» (г. Екатеринбург), ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», ОАО «Речицкий метизный завод», ООО «Оливер»;

– по прокату цветных металлов: ОАО «Каменск-Уральский завод обработки цветных металлов»; ООО «ЦОМ МОСТ-1» Московская область, ООО «ДМЗ» (г. Димитровград), ООО «УГМК-ОЦМ» (г. Верхняя Пышма), ООО «ЗЦМ» (г. Бахмут, Украина);

– по алюминиевой катанке: ОАО «ОК РУСАЛ – «Торговый Дом» (г. Москва);

– по проводам обмоточным и изоляционным изделиям: ООО «СКБМ» (г. Серпухов), WAIDMANN Switzerland, ОАО «ЗСКА» (г. Минск), ООО «Серталит» (г. Минск), резидент СЭЗ «Гомель-Ратон», УП «Стройизотех» (г. Минск);

– по маслу трансформаторному: ООО «РН-смазочные материалы» (г. Рязань), ИООО «ЛУКОЙЛ-Белоруссия» (г. Минск), SIA Himbalt (г. Рига);

– по лакокрасочным и химическим материалам: ЗАО «Эмлак» (г. Санкт-Петербург), ОДО «ТЭЙПС-ПРО» (г. Минск), ООО НПК «Приматек» (г. Гатчина Ленинградской обл.), ОАО «ГродноАзот», ООО «Тесла» (г. Подольск), CHEMETALL POLSKA, АО «Хемпель» (г. Москва), ОАО «Крион» (г. Минск), Управляющая компания «Группа Полипластик» (г. Москва), AMORIM CORC COMPOSITES

(Португалия), ОАО «Крион» (г. Минск), SILTECH S.R.L. ITALY;

– по комплектующим изделиям: «Siemens Zrt.» (Венгрия), ООО «НЭТКОМ» (г. Минск), АО «Шнейдер электрик» (г. Москва), ООО «Шнейдер электрик» (г. Минск), ARES TRAF0 Ekipmartari San ve Tic. ltd. (Турция), ОАО «СЗОС» (г. Сморгонь), ООО «Гжельский завод Электроизолятор» (г. Новохаритоново), ООО «ЭТК – Комплект» (г. Минск), ЗАО

«БЕЛНЭТЭКСПЕРТ» (г. Минск), Barberi Rubineterrie Industriali (Италия), Electroporcelan A.D. (Сербия), ЧП «Холтика Эверест» (г. Минск), ОАО «Резинотехника» (г. Борисов).

Деятельность данных поставщиков характеризуется стабильностью, а поставляемые ресурсы – требуемым качеством. Структура поставок по регионам представлена на рисунке 1.

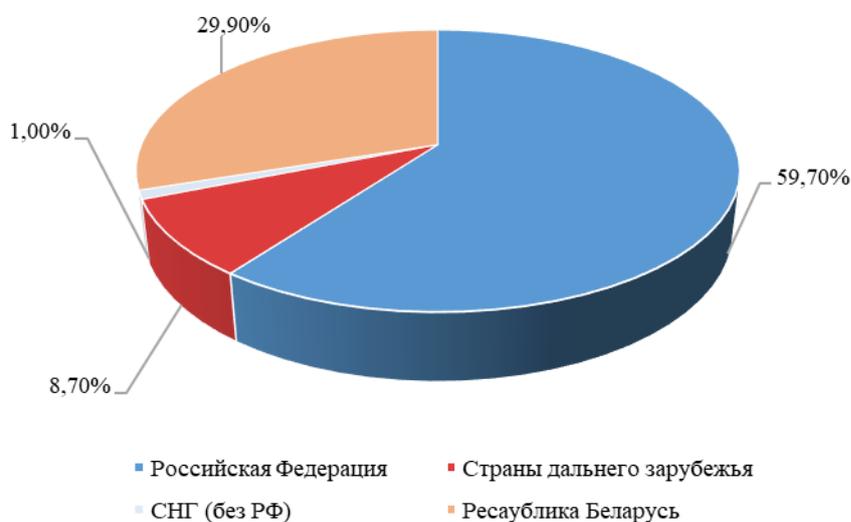


Рис. 1. География поставщиков ОАО «МЭТЗ ИМ. В.И. КОЗЛОВА»
Fig. 1. Geography of suppliers of JSC "METZ NAMED AFTER V.I. KOZLOV"

Материально-техническое обеспечение производства продукции на ОАО «МЭТЗ ИМ. В.И. КОЗЛОВА» характеризуется достаточно большой долей импортных поставок. В перечень основных материалов и ПКИ, получаемых по импорту, вошли: прокат чёрных металлов (47,2% от общего объёма импорта), в т. ч. электротехническая сталь (35,3% от общего объёма импорта сырья, материалов и ПКИ), алюминиевая катанка (13,6%), блоки катушек (7,2%), прокат цветных металлов (9,5%), масло трансформаторное (7,8%).

В рамках отечественной программы по импортозамещению ОАО «МЭТЗ ИМ. В.И. КОЗЛОВА» частично освоило собственное производство необходимых

комплектующих, а также переходит к закупкам материалов и комплектующих у белорусских предприятий (ОАО «ЗСКА», РУП «Витебский завод электроизмерительных приборов», ОАО «Электроаппаратура», г. Гомель, СЗАО «БелТЭН», г. Минск) по мере освоения ими выпуска продукции, ранее поступающей по импорту.

Возможности получения сырья, материалов и комплектующих зависит от финансового положения предприятия, так как расчеты с поставщиками производятся денежными средствами. В 2025 году так же, как и в предыдущие годы, предприятие планирует работать с поставщиками на условиях предварительной оплаты,

частичной предоплаты и оплаты материалов и ПКИ по факту поставки.

Для данной работы была создана нейросеть, которую обучили на данных о закупках на предприятии за 2019-2024 года,

был спрогнозирован импорт сырья, материалов, ПКИ и оборудования на 2025-2027 года. На рисунке 2 представлена структура слоёв нейросети.

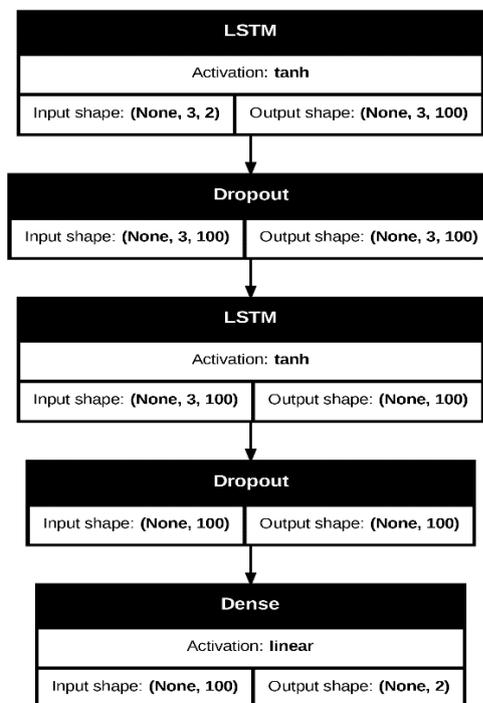


Рис. 2. Структура слоёв нейросети

* Источник: собственная разработка авторов на основе [12]

Fig. 2. Structure of neural network

* Source: author's own development based on [12]

Импорт сырья, материалов, ПКИ и оборудования в 2024 году прогнозировался на уровне 59,4 млн. долл. США (102,0% к 2020 году). В таблице 1 приведём перечень наиболее импортоёмких покупных изделий и

материалов в целом по предприятию на 2024 год (годовой объем более 80 тыс. долларов США), с указанием планируемых объемов закупок на ближайшие 3 года.

Таблица 1
Перечень наиболее импортоёмких покупных изделий и материалов
в ОАО «МЭТЗ ИМ. В.И. КОЗЛОВА»

Table 1
List of the post imported purchased products and materials of JSC "METZ NAMED
AFTER V.I. KOZLOV"

Название	2025 Закупки	2025 Количество	2026 Закупки	2026 Количество	2027 Закупки	2027 Количество
Алюминиевая лента	789.80	341.77	784.00	335.56	767.55	319.73
Балки-швеллеры	771.99	325.12	769.61	321.94	758.81	311.40

Название	2025 Закупки	2025 Количество	2026 Закупки	2026 Количество	2027 Закупки	2027 Количество
Бумага DDP	698.14	262.30	699.54	263.83	704.66	268.52
Бумага кабельная	733.94	292.29	733.21	291.47	730.60	289.01
Грунт Уретал Праймекс, Термосил, ВРА	704.30	267.42	705.10	268.42	708.74	271.82
Изоляторы	23058.19	24919.36	22787.42	25015.04	23579.26	25914.71
Катанка алюминиевая	1423.09	1042.89	1363.08	942.90	1171.27	699.75
Комплект блоков катушек	713.37	275.01	713.56	275.38	715.15	276.93
Краска порошковая цинкосодержащая	695.76	260.35	697.27	262.00	702.88	267.14
Латунные листы, ленты	697.37	261.69	698.67	263.18	703.86	267.95
Латунные прутки	712.33	274.15	712.44	274.50	714.23	276.24
Масло трансформаторное	3705.42	4318.02	3517.01	3878.16	2755.83	2654.10
Медная лента	694.77	259.54	696.31	261.24	702.11	266.55
Медные листы, полосы	717.78	278.80	717.19	278.55	717.52	279.02
Медные прутки	709.07	271.43	709.38	271.99	711.86	274.38
Полоса стальная	707.55	270.03	708.57	271.07	711.79	274.02
Припой, олово	694.84	259.62	696.31	261.27	702.04	266.53
Провод ПЭЭИП 2- 155	702.83	266.23	703.60	267.25	707.48	270.89
Смола, отвердитель	697.41	261.72	698.72	263.21	703.89	267.98
Сталь конструкционная горячекатаная	880.76	425.31	872.00	412.95	835.23	374.90
Сталь листовая конструкционная холоднокатаная	743.58	300.38	742.85	299.26	738.47	295.00
Сталь рулонная холоднокатаная	1169.34	728.44	1138.61	679.36	1022.79	545.00
Сталь толстолистовая	1120.17	672.34	1094.93	631.88	994.05	516.80
Сталь холоднотянутая	724.75	284.42	724.82	284.39	724.38	283.93
Стальные уголки	736.43	294.29	736.03	293.61	733.18	290.83
Стеклотекстолит	699.45	263.40	700.65	264.77	705.41	269.16
Трансформатор-	2923.20	3078.53	2773.27	2740.55	2161.31	1826.75

Название	2025	2025	2026	2026	2027	2027
	Закупки	Количество	Закупки	Количество	Закупки	Количество
ный ввод						
Электрокартон Б,Г,ЭВ,ПЕС	753.96	309.48	752.18	307.32	745.18	300.61
Электротехническая сталь	17306.46	21550.61	17703.06	22140.31	19368.33	23558.45

Для наглядности разницы между историческими данными (за 2019-2024 года) и спрогнозированными нейросетью за 2025-2027 были сформированы графики по каждой из позиции, рисунок 3.

На рисунке 3 отчётливо видно, что результаты по прогнозу отличаются несмотря на то, что исторические данные очень схожи. В среднем закупки в денежном эквиваленте будут снижаться 3 года, а в количественном немного расти, скорее всего это связано с тем, что нейросеть учитывает то, что курс белорусского рубля сильно подвержен инфляции.

На карте корреляции подтверждается гипотеза о том, что нейросеть учитывает

курс доллара к белорусскому рублю и инфляцию – в модели есть обратная корреляция с курсом и инфляцией по отношению к количественным закупкам и денежному эквиваленту. В целом видно, что модель хорошо обучилась – большая корреляция между данными, как положительная, так и отрицательная. В работе нейросети корреляция выше 0,9 считается нехорошей так, как модель будет предсказывать, опираясь исключительно на такой показатель. В нашей модели корреляция около 0,5 – следовательно модель использует все данные для предсказания закупок.

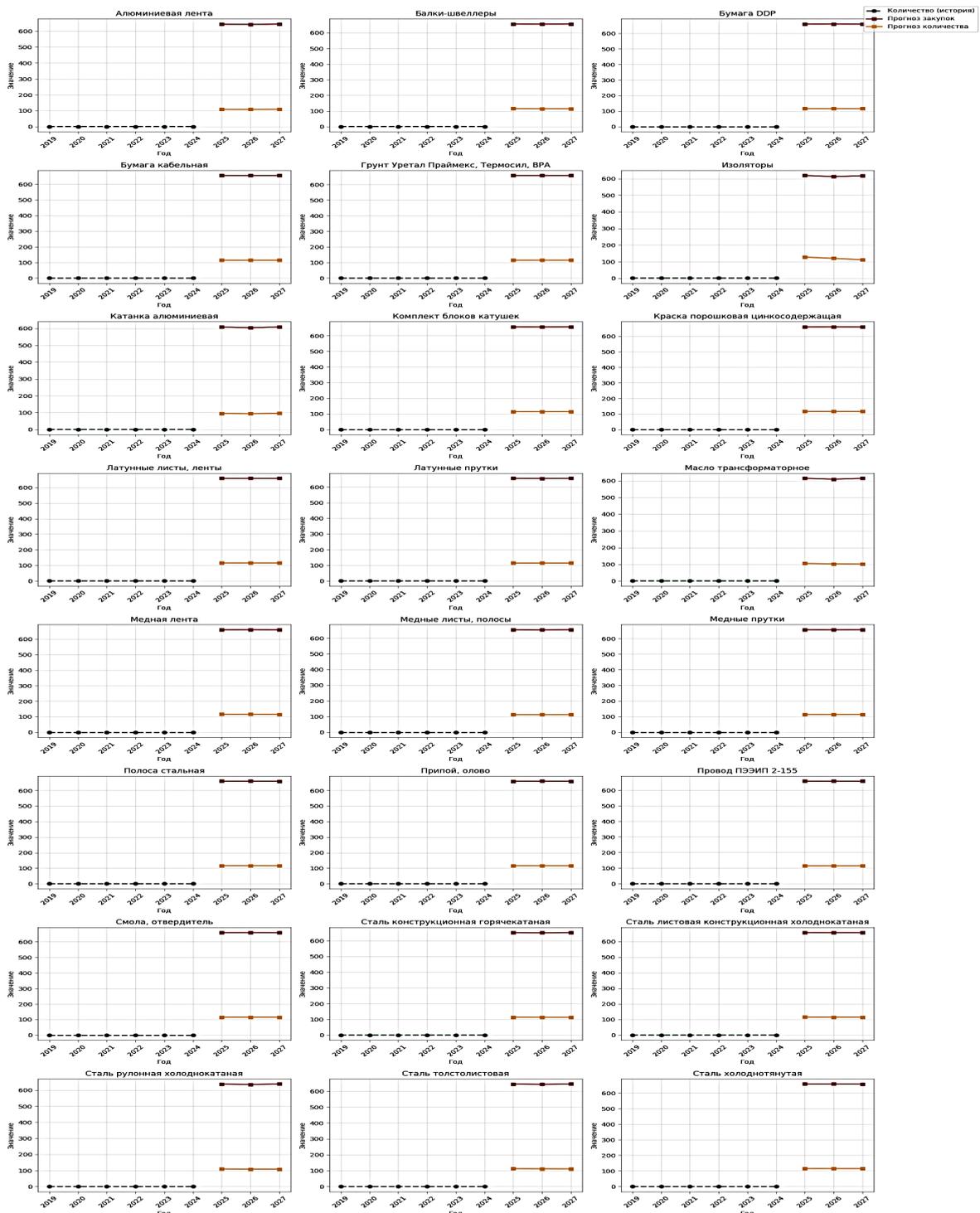


Рис. 3. Графическое сравнение исторических данных о закупках в денежном и количественном эквивалентах и спрогнозированных результатов на заводе ОАО «МЭТЗ ИМ. В.И. КОЗЛОВА»

* Источник: собственная разработка авторов с помощью [12]

Fig. 3. Graphical comparison of historical purchase data in monetary and quantitative equivalents and predicted results at the plant JSC "METZ NAMED AFTER V.I. KOZLOV"

* Source: author's own development based on [12]

Тепловая карта корреляции (2019-2024)

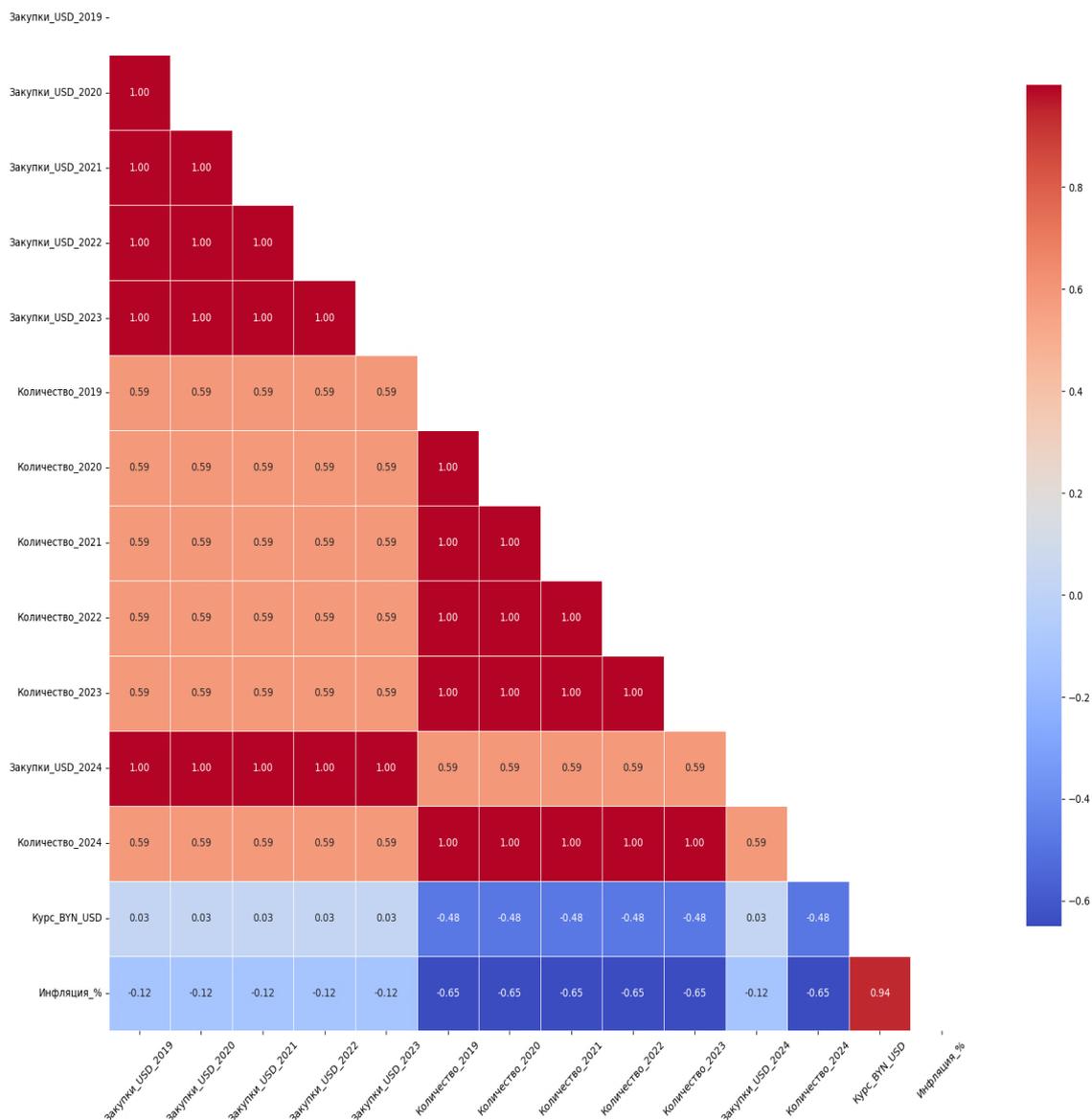


Рис. 4. Карта корреляции между показателями

* Источник: собственная разработка авторов на основе [12]

Fig. 4. Correlation map between indicators

* Источник: собственная разработка авторов с помощью [12]

Выводы и предложения

Таким образом, ключевыми экономическими факторами, влияющими на успешное развитие малых и средних предприятий, являются объем произведенной продукции и оказываемых услуг, инвестиции в основной капитал, а также уровень заработной платы. Для создания благоприятной среды бизнеса

государству необходимо направлять свои усилия на повышение доступности финансовых ресурсов, стимулирование инвестиционной активности и обеспечение конкурентных условий на рынке труда. Поддержка этих направлений позволит не только укрепить позиции малых и средних предприятий, но и способствовать

экономическому росту, развитию регионов и повышению уровня жизни населения.

Библиографический список

1. Агеев, А.О. Использование имитационного моделирования в логистике // А.О. Агеев, Л.В. Бутор. Актуальные проблемы и тенденции развития современной экономики: сборник материалов Международной научно-практической конференции 28–29 октября 2024 г. [Электронный ресурс] / Отв. ред. О.А. Горбунова. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2024. – 1 электрон. опт. диск. – С. 12-18.

2. Бондаренко, А.Ю. Нейронные сети в задачах анализа данных / А.Ю. Бондаренко, Н.С. Тихомиров // Компьютерные науки и технологии. 2021. Т.18. №4. С.45-59. DOI 10.56789/CST.2021.04.007.

3. Бутор, Л. В. Применение искусственных нейронных сетей для прогнозирования закупок / Л. В. Бутор // Инженерная экономика [Электронный ресурс] : сборник материалов международной научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава в рамках 20-й Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике», 26-28 апреля 2022 / Белорусский национальный технический университет, Машиностроительный факультет ; редкол.: А. В. Плясунков, Т. А. Сахнович ; сост. А. В. Плясунков. – Минск : БНТУ, 2022. – С. 12-15.

4. Гусев, И.В. Методы машинного обучения в прогнозировании экономических показателей / И.В. Гусев, Т.А. Орлова // Журнал экономических исследований. 2023. №4. С.135-148. DOI 10.23578/JER.2023.04.009.

5. Данные по импортозамещению в Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://belstat.gov.by/>, свободный.

6. Дорошенко, П.С. Анализ данных и предсказательное моделирование в экономике / П.С. Дорошенко, Л.В. Малинина. – СПб.: Наука, 2022. – 312 с.

7. Иванов, С.А. Интеллектуальные системы прогнозирования спроса / С.А. Иванов, Е.П. Смирнова // Экономика и цифровые технологии. 2022. №2. С.112-125. DOI 10.12345/ECOT.2022.02.011.

8. Котов, Н.П. Современные системы управления закупками: принципы и технологии / Н.П. Котов, С.В. Максимов // Вестник управления. 2022. Т.29. №2. С.50-63. DOI 10.54321/MGUB.2022.02.008.

9. Лебедев, А.О. Автоматизация логистических процессов на основе ИИ / А.О. Лебедев, К.И. Романова // Информационные технологии в бизнесе. 2021. №3. С.22-35. DOI 10.78634/ITB.2021.03.006.

10. Применение больших данных в экономическом прогнозировании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bigdata-analytics.by/>, свободный.

11. Применение искусственного интеллекта в логистике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ai-logistics.com/>, свободный.

12. Рабочая тетрадь Jupiter в Google Colabotory с созданием нейросети для статьи Прогнозирование объемов закупок с использованием нейросетей и искусственного интеллекта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://colab.research.google.com/drive/>, свободный.

13. Роль цифровых технологий в модернизации производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://digital-industry.by/>, свободный.

14. Смирнов, Д.А. Алгоритмы машинного обучения для управления цепями поставок / Д.А. Смирнов, В.Н. Козлов // Логистика и управление цепями поставок. 2023. №1. С.78-91. DOI 10.78901/LCS.2023.01.005.

Bibliography

1. Ageev, A.O. Use of Simulation Modeling in Logistics // A.O. Ageev, L.V. Butor. Actual Problems and Development Trends of the Modern Economy: Collection of Materials of the International Scientific and Practical Conference on October 28–29, 2024 [Electronic resource] / Ed. O.A. Gorbunov. – Samara: Samara State Technical University, 2024. – 1 electronic optical disc. – pp. 12–18.
2. Bondarenko, A.Yu. Neural Networks in Data Analysis Tasks / A.Yu. Bondarenko, N.S. Tikhomirov // Computer Science and Technology. 2021. Vol.18. No.4. pp.45-59. DOI 10.56789/CST.2021.04.007.
3. Butor, L. V. Application of Artificial Neural Networks for Procurement Forecasting / L. V. Butor // Engineering Economics [Electronic resource]: Collection of Materials from the International Scientific and Technical Conference of Faculty within the 20th International Scientific and Technical Conference "Science for Education, Production, and Economics," April 26-28, 2022 / Belarusian National Technical University, Faculty of Mechanical Engineering; Editorial Board: A. V. Plyasunkov, T. A. Sakhnovich; Compiler: A. V. Plyasunkov. – Minsk: BNTU, 2022. – pp. 12-15.
4. Gusev, I.V. Machine Learning Methods in Economic Forecasting / I.V. Gusev, T.A. Orlova // Journal of Economic Research. 2023. No.4. pp.135-148. DOI 10.23578/JER.2023.04.009.
5. Data on Import Substitution in Belarus [Electronic resource]. – Access mode: <https://belstat.gov.by/>, open access.
6. Doroshenko, P.S. Data Analysis and Predictive Modeling in Economics / P.S. Doroshenko, L.V. Malinina. – St. Petersburg: Nauka, 2022. – 312 p.
7. Ivanov, S.A. Intelligent Demand Forecasting Systems / S.A. Ivanov, E.P. Smirnova // Economics and Digital Technologies. 2022. No.2. pp.112-125. DOI 10.12345/ECOT.2022.02.011.
8. Kotov, N.P. Modern Procurement Management Systems: Principles and Technologies / N.P. Kotov, S.V. Maksimov // Management Bulletin. 2022. Vol.29. No.2. pp.50-63. DOI 10.54321/MGUB.2022.02.008.
9. Lebedev, A.O. Automation of Logistics Processes Based on AI / A.O. Lebedev, K.I. Romanova // Information Technologies in Business. 2021. No.3. pp.22-35. DOI 10.78634/ITB.2021.03.006.
10. Application of Big Data in Economic Forecasting [Electronic resource]. – Access mode: <https://bigdata-analytics.by/>, open access.
11. Application of Artificial Intelligence in Logistics [Electronic resource]. – Access mode: <https://ai-logistics.com/>, open access.
12. Jupyter Notebook in Google Colaboratory for the Article "Forecasting Procurement Volumes Using Neural Networks and Artificial Intelligence" [Electronic resource]. – Access mode: <https://colab.research.google.com/drive/>, open access.
13. The Role of Digital Technologies in Production Modernization [Electronic resource]. – Access mode: <https://digital-industry.by/>, open access.
14. Smirnov, D.A. Machine Learning Algorithms for Supply Chain Management / D.A. Smirnov, V.N. Kozlov // Logistics and Supply Chain Management. 2023. No.1. pp.78-91. DOI 10.78901/LCS.2023.01.005.
15. Structure and Methods of Artificial Neural Networks / Edited by A.P. Vasiliev. – Moscow: MSTU Publishing, 2020. – 285 p.

Received – 17 April 2025

Accepted for publication – 09 June 2025