2-ŞÖBA · ÇORVAÇILIK VA HAYVONLAR MAHSULDORLIGI

ƏOЖ 338.43:004.774

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР И РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ КОРМООБЕСПЕЧЕНИЯ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

А.К. ИСМАИЛОВА*

Доктор философии (PhD) по экономике.

Б.А. ЗАКАНОВ

Магистрант образовательной программы «Деловое администрирование»

Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан

** aigul.ismailova@kaznaru.edu.kz*

DOI
10.66073/ReFocus-Conf/1311071

NASHR SANASI
13.11.2026 · Nukus

SAHIFALAR
355–360

NASHR HAMKORI
Research Focus
ISSN 2181-3833

IQTIBOS UÇUN Исмаилова А.К., Заканов Б.А. Применение искусственного интеллекта для прогнозирования урожайности кормовых культур и решения проблем кормообеспечения в животноводстве // Veterinariya meditsinasi va çorvaçilikdagi dolzarb muammolar va ularning yeçimlari: xalqaro ilmiy va ilmiy-texnik anjuman materiallari. – Nukus, 2026. – B. 355–360. – DOI: 10.66073/ReFocus-Conf/1311071

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO FORECAST FORAGE CROP YIELDS AND SOLVE FEED SUPPLY PROBLEMS IN LIVESTOCK FARMING

МАЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫНДА МАЛ АЗЫҒЫ ДАҚЫЛДАРЫНЫҢ ӨНІМДІЛІГІН БОЛЖАУ ЖӘНЕ АЗЫҚПЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ МӘСЕЛЕЛЕРІН ШЕШУ ҮШІН ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТІНІ ҚОЛДАНУ

АННОТАЦИЯ Предложена экономическая модель веб-платформы прогнозирования урожайности кормовых культур. Прогноз связан с потребностью стада, балансом сухого вещества и закупочными расходами. На условном примере определены годовой эффект 1,50 млн тенге и порог безубыточности сервиса; рассмотрены последствия ошибки прогноза. Расчёт служит основой для последующей проверки на данных хозяйства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА кормовые культуры, прогноз урожайности, искусственный интеллект, кормовой баланс, затраты, экономическая эффективность.

ВВЕДЕНИЕ

Недобор урожая кормовых культур превращается в финансовую проблему, когда хозяйство обнаруживает нехватку запасов слишком поздно. Закупки приходится проводить в ограниченные сроки, а потребность в оборотных средствах возрастает. Поэтому для управления важны не только ожидаемые тонны урожая, но и дата, когда информация о возможном дефиците становится доступной.

Цель работы – предложить экономическую модель использования прогноза урожайности при планировании кормообеспечения и определить условия, при

которых расходы на веб-платформу покрываются экономией закупочных затрат.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Использованы балансовый метод, сравнение затрат и анализ чувствительности. Работа представляет методическую модель: производственные данные и результаты обучения алгоритма не представлены. Числовые параметры условные.

П. К. Куценогий и соавторы применили машинное обучение к данным по пшенице и ячменю, учитывая погоду и агротехнические приёмы [1]. С. О. Чиркин и соавторы рассматривают методы искусственного интеллекта для прогнозирования урожайности [2]. Эти публикации служат методической основой; перенос моделей на кормовые культуры требует отдельной проверки. Применение нейросетей и больших данных в сельском хозяйстве Казахстана рассматривают А. К. Исетов и А. С. Ибраев [4].

Единица наблюдения – «поле – культура – сезон». Признаки включают погоду, почву, сроки посева, полив и спутниковые показатели, доступные на дату прогноза. Целевая переменная – урожайность в т СВ/га.

$$\hat{y}_{it} = f(X_{it}); \quad MAE = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} |y_j - \hat{y}_j| \qquad (1)$$

Здесь $\hat{y}_{it}$ – прогноз урожайности поля i в сезоне t, т СВ/га; X_{it} – признаки, доступные на дату прогноза; y_j и $\hat{y}_j$ – фактическая и прогнозная урожайность проверочного наблюдения j; n – число таких наблюдений. MAE выражается в т СВ/га. Ошибку рассчитывают на данных, не использованных для обучения.

Случайный лес и градиентный бустинг сравнивают с исторической средней урожайностью. Проверка проводится на последующих сезонах и отдельных хозяйствах, исключённых из обучения. Использование сведений, полученных после даты прогноза, недопустимо.

ФОРМИРОВАНИЕ КОРМОВОГО БАЛАНСА

Кормовой баланс сопоставляет доступные запасы с потребностью хозяйства. Для расчёта предлагается использовать сухое вещество: натуральная масса сена и силоса зависит от влажности. Т. В. Павленкова и В. В. Чулкова рассматривают содержание сухого вещества и питательных компонентов как самостоятельные характеристики кормов [3]. Методы определения содержания сухого вещества устанавливает ГОСТ 31640-2012 [6].

$$R = \frac{N \cdot b \cdot T}{1000} \qquad (2)$$

R – потребность, т СВ; N – поголовье; b – суточное потребление выбранной группы кормов, кг СВ на голову; T – период, дней. Для неоднородного стада результаты суммируют по группам. В примере: 400 голов × 10 кг × 350 дней / 1 000 = 1 400 т СВ. Это условный расчёт, а не норматив рациона.

$$F = \sum_{i=1}^{m} A_i \cdot \hat{y}_i \cdot (1 - l_i) + S \qquad (3)$$

F – собственные корма после потерь, т СВ; m – число культур; A_i – площадь, га; $\hat{y}_i$ – прогноз урожайности, т СВ/га; l_i – доля потерь; S – пригодный переходящий запас, т СВ. Если исходный прогноз дан в натуральной массе, его предварительно умножают на долю сухого вещества.

$$D = max(0;\ R - F); \quad K = \frac{F}{R} \cdot 100\,\% \qquad (4)$$

https://doi.org/10.66073/ReFocus-Conf/1311071

D – объём закупки для покрытия дефицита, т СВ; К – обеспеченность собственными кормами, %. При К ≥ 100 % количественный дефицит отсутствует, однако соответствие кормов требованиям рациона проверяется отдельно. Рассматривается обеспечение грубыми и сочными кормами. Переходящий запас принят равным нулю, потери – 10 %. Закупаемые корма считаются подходящими по качеству для покрытия дефицита.

Таблица 1 – Условный баланс собственных кормов

Культура	Площадь, га	Урожайность, т СВ/га	Выход после потерь, т СВ
Люцерна	200	4,0	720
Кукуруза на силос	100	6,0	540
Итого	300	–	1 260
Примечание: *СВ – сухое вещество.*			

Обеспеченность составляет 1 260 / 1 400 × 100 = 90 %, дефицит – 140 т СВ. Прогноз позволяет заранее определить закупку и потребность в финансировании. Экономический эффект возникает за счёт срока покупки, а не увеличения урожая.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАКУПОЧНОГО РЕШЕНИЯ

Сравниваются две стратегии при одинаковом фактическом дефиците 140 т. В первой весь объём приобретается срочно, во второй – заранее на основании прогноза. Условная цена срочной закупки составляет 95 тыс. тг/т СВ, ранней – 70 тыс. тг/т СВ. В обе цены включена доставка; качество кормов принято сопоставимым. Оценка кормовых ресурсов должна учитывать их целевое использование [8], связь с себестоимостью животноводства [9] и условия конкретного предприятия [10].

$$E = D \cdot (p_{с} - p_{р}) - C_{д} - C_{п} \qquad (5)$$

Е – годовой экономический эффект, тг; рс и рр – цены срочной и ранней закупки, тг/т СВ; Сд – дополнительные расходы на хранение и финансирование ранней закупки; Сп – годовая стоимость использования платформы. Собственное кормопроизводство одинаково в двух вариантах и в разностный расчёт не включается.

Таблица 2 – Сравнение затрат, млн тенге за год

Показатель	Срочная закупка	Ранняя закупка
Закупка 140 т СВ	13,30	9,80
Дополнительное хранение и финансирование	0,00	0,80
Использование платформы	0,00	1,20
Итого сравниваемых затрат	13,30	11,80

Расчёт по формуле (5): Е = 140 × (95 000 − 70 000) − 800 000 − 1 200 000 = 1 500 000 тг. Экономия составляет 11,3 % затрат базового варианта, или 10,7 тыс. тг на тонну закупленного сухого вещества. Это эффект на участке закупки кормов; он не равен снижению полной себестоимости продукции животноводства. Из разницы закупочных расходов 3,50 млн тг после хранения и финансирования остаётся 2,70 млн тг. Это

предельная годовая плата за платформу при нулевом чистом эффекте и отсутствии ошибок прогноза. Фактическая плата 1,20 млн тг оставляет запас 1,50 млн тг на покрытие непредвиденных расходов.

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТА К ЗАКУПОЧНЫМ ЦЕНАМ

При фиксированном объёме закупки результат зависит от разницы цен. Если ранняя покупка почти не дешевле срочной, дополнительные расходы могут поглотить экономию. Порог безубыточности определяется следующим образом:

$$\Delta p^{*} = \frac{C_{\text{д}} + C_{\text{п}}}{D} = \frac{2\,000\,000}{140} \approx 14\,286 \text{ тг/т СВ} \qquad (6)$$

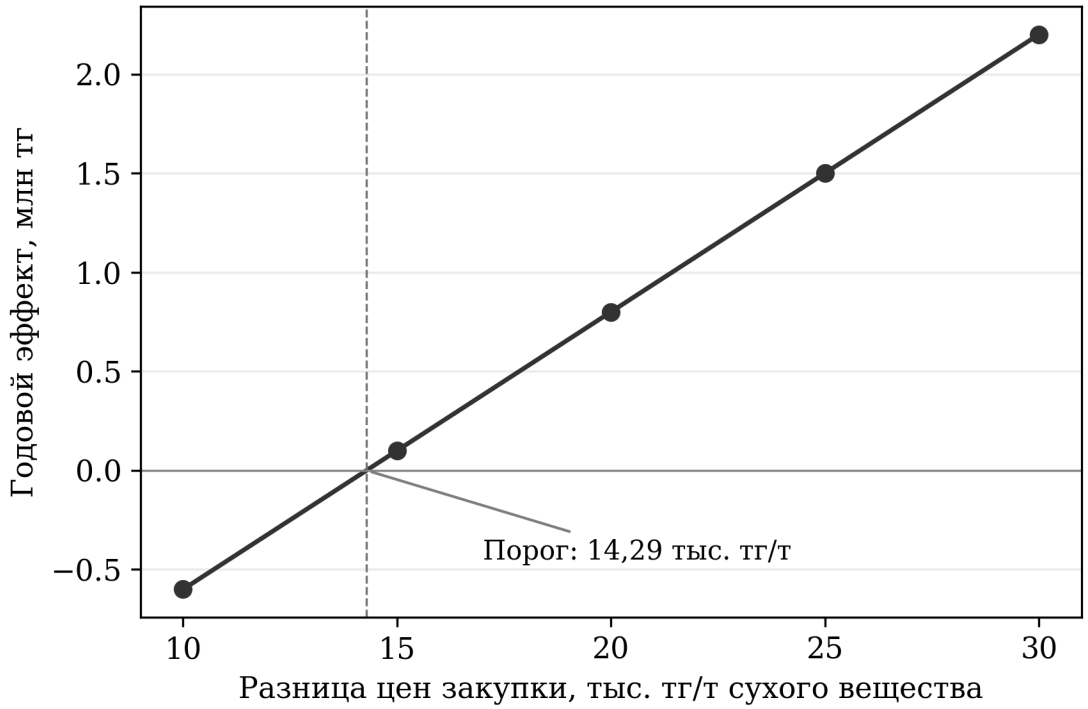


Рисунок 1 – Годовой эффект при разной величине ценового разрыва. Источник: авторский условный расчёт.

При разнице цен 10 тыс. тг/т СВ эффект отрицателен: −0,60 млн тг. При 20 тыс. тг он составляет 0,80 млн тг, а при 30 тыс. тг – 2,20 млн тг. Следовательно, предложение о подключении сервиса должно опираться на закупочные условия конкретного хозяйства. Расчёт относится к подписке на сервис. Самостоятельная разработка требует отдельной оценки капитальных вложений и дисконтированных денежных потоков.

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАТФОРМЫ И ОГРАНИЧЕНИЯ РАСЧЁТА

Платформа объединяет прогноз по полям, запасы и закупочный план. Экономический модуль сопоставляет цены поставщиков, хранение и доступное финансирование. Итог – объём, срок и предельная цена закупки. Для небольших хозяйств перспективен совместный доступ к сервису: Б. М. Дюсегалиева рассматривает кооперативные цифровые экосистемы в животноводстве [5]. Прогноз обновляется в течение сезона, до срока заключения закупочных договоров. После уборки

https://doi.org/10.66073/ReFocus-Conf/1311071

фактический сбор и потери используются для проверки модели и пересчёта потребности.

Завышение урожайности приводит к недозакупке, занижение – к избыточным запасам. При ранней закупке q тонн и фактическом дефиците D дополнительные затраты ошибки оцениваются раздельно:

$$C_{ош} = c_н \cdot max(D - q; 0) + c_и \cdot max(q - D; 0) \quad (7)$$

$$E_р = E - M(C_{ош}) \quad (8)$$

q – ранняя закупка, т СВ; сн – удорожание тонны недозакупки относительно плановой цены; си – чистые затраты тонны излишка с учётом последующего использования или продажи; М (Сош) – ожидаемые затраты ошибки; Ер – эффект с учётом риска. Поэтому рассчитанные 1,50 млн тг относятся к случаю q = D. Например, при q = 140 т и фактическом D = 160 т недозакупка составляет 20 т. При сн = 25 тыс. тг/т затраты ошибки равны 0,50 млн тг. Эффект при безошибочной закупке 160 т составил бы 2,00 млн тг; с недозакупкой он снижается до 1,50 млн тг. Расчёт сохраняет прочие затраты неизменными. Для оценки ожидаемого эффекта нужны вероятности таких отклонений. Запас сухого вещества не гарантирует полноценного рациона: необходима оценка энергетической и протеиновой питательности, минерального состава [3]. Платформа учитывает качество кормов; рацион утверждают зоотехник и ветеринарный специалист. Основы нормированного кормления и рационального использования кормов изложены также в пособии А. Е. Интизаровой и соавторов [7].

Практическая проверка должна учитывать труд по вводу данных, анализы кормов и ошибки прогноза. Влияние платформы на продуктивность и здоровье животных в данной работе не установлено.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экономическая ценность прогноза определяется его влиянием на закупочное решение. Предложенная схема связывает урожайность, кормовой баланс и расходы на покрытие дефицита. В условном примере ранняя закупка 140 т сухого вещества при ценовом разрыве 25 тыс. тг/т обеспечивает годовую экономию 1,50 млн тг после оплаты сервиса и дополнительных расходов. Порог безубыточности составляет 14,29 тыс. тг/т. Эти значения действуют только при принятых параметрах и не могут переноситься на другие хозяйства без пересчёта.

Следующий этап – проверка модели на производственных данных с учётом затрат ошибочных решений. При внедрении экономический расчёт необходимо дополнить контролем питательности и качества кормов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куценогий П. К., Каличкин В. К., Пакуль А. Л., Куценогий С. П. Машинное обучение в качестве инструмента прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур // Российская сельскохозяйственная наука. – 2021. – № 1. – С. 72–75. – DOI: 10.31857/S2500262721010178. – URL: https://sciencejournals.ru/view-article/?a=RosShN_2101017Kutsenogiy&j=russhn&n=1&v=0&y=2021 (дата обращения: 05.11.2026).
2. Чиркин С. О., Картечина Н. В., Брозгунова Н. П., Филипчик М. Е. Использование искусственного интеллекта для прогнозирования урожайности // Наука и Образование. – 2024. – Т. 7, № 4. – URL: https://www.opusmgau.ru/index.php/see/article/view/7288 (дата обращения: 05.11.2026).

3. Павленкова Т. В., Чулкова В. В. Кормопроизводство: учебное пособие. – Екатеринбург: Издательство Уральского ГАУ, 2023. – 124 с. – URL: https://repository.urgau.ru/images/Ucheb_posobiya/kormoproizvodstvo_2023.pdf (дата обращения: 05.11.2026).
4. Исетов А. К., Ибраев А. С. Применение нейросетей и Big Data в прогнозировании урожайности сельскохозяйственных культур // Наука и Образование. – 2025. – Т. 8, № 2. – URL: https://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/7892
5. Дюсегалиева Б. М. Цифровая трансформация бизнес-систем малых форм хозяйствования в животноводстве // Экономика. Информатика. – 2026. – Т. 53, № 2. – С. 330–341. – DOI: 10.52575/2687-0932-2026-53-2-330-341. – URL: https://econom-inform-journal.ru/index.php/journal/article/view/523
6. ГОСТ 31640-2012. Корма. Методы определения содержания сухого вещества [Электронный ресурс] // КазСтандарт: каталог нормативных документов. – URL: https://new-shop.ksm.kz/catalog/document/52392/
7. Интизарова А. Е., Казарина Е. В., Тицкая А. В. и др. Кормопроизводство: учебное пособие для СПО. – 2-е изд. – Саратов; Москва: Профобразование; Ай Пи Ар Медиа, 2024. – 148 с. – URL: https://profspo.ru/books/138130
8. Запрудский А. А., Горбатовский А. В., Надточаев Н. Ф. Методика оценки экономической эффективности кормовых ресурсов с учетом их целевого использования в молочном скотоводстве // Аграрная экономика. – 2023. – № 6. – С. 63–75. – DOI: 10.29235/1818-9806-2023-6-63-75. – URL: https://agris.fao.org/search/en/providers/122645/records/69033526b901ffe5ca64cd44
9. Исаев Р. А. Экономическая эффективность производства и использования кормов в животноводстве // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – URL: https://science-education.ru/article/view?id=17565
10. Хайруллин А. А. Экономическая эффективность кормопроизводства в Республике Татарстан // Russian Journal of Management. – 2025. – Т. 13, № 12. – С. 205–215. – DOI: 10.29039/2409-6024-2025-13-12-205-215. – URL: https://riorpub.com/ru/nauka/article/109231/view