

## Совершенствование процесса принятия управленческих решений в сельском хозяйстве с применением систем искусственного интеллекта

Е. Н. Ялунина<sup>1</sup>, Н. К. Прядилина<sup>2</sup>, Е. А. Скворцов<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: 9089267986@mail.ru

**Аннотация.** Проблема качества управленческих решений является одной из наиболее острых в сельском хозяйстве. Их качество может быть повышено с использованием цифровых технологий, в том числе применения систем искусственного интеллекта (ИИ). **Цель исследования** состоит в уточнении основных этапов принятия управленческих решений с учетом применения систем ИИ. **Научная новизна** состоит в разработке структурной модели принятия управленческого решения с учетом применения систем ИИ, определении основных компонентов этого процесса. **Методами исследования** послужили анализ публикаций в сети научного цитирования WoS по тематикам «сельское хозяйство» и «искусственный интеллект», а также абстрактно-логический метод при анализе основных этапов принятия управленческого решения. **Результатами** исследования явились определение состава и содержания этапов процессуального инварианта решения с учетом применения систем искусственного интеллекта. Применение систем искусственного интеллекта позволяет диагностировать возникновение проблем в растениеводстве, животноводстве, в технических системах на ранних стадиях. Сбор и анализ данных в процессе принятия управленческого решения с применением систем ИИ включает непосредственный сбор данных с применением датчиков, камер, сканеров и т. д., их очистку и предварительный анализ, исследовательский и статистический анализ, моделирование данных и интерпретацию результатов. Применение систем ИИ позволит оперировать большими наборами данных с объектов сельскохозяйственного производства, что позволяет снизить неопределенность при принятии управленческих решений. Анализ альтернатив и выработка управленческого решения с применением систем ИИ включает прогнозирование показателей развития сельского хозяйства в заданной системе ограничений, генерацию альтернативных решений и выбор оптимальной альтернативы, принятие или игнорирование предложенных альтернатив. Системы ИИ могут использоваться для автоматизации и оптимизации процесса выполнения управленческих решений, мониторинг и контроль управленческих решений. Применение систем ИИ для автоматизации процессов принятия управленческих решений в сельском хозяйстве может помочь повысить эффективность управления.

**Ключевые слова:** системы искусственного интеллекта, управленческие решения, сельское хозяйство, сбор и анализ данных, выбор альтернатив, процесс принятия управленческого решения, мониторинг контроль

**Для цитирования:** Ялунина Е. Н., Прядилина Н. К., Скворцов Е. А. Совершенствование процесса принятия управленческих решений в сельском хозяйстве с применением систем искусственного интеллекта // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 03. С. 440–449. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-03-440-449>.

**Дата поступления статьи:** 16.05.23, **дата рецензирования:** 09.06.2023, **дата принятия:** 22.06.2023.

# Improving the process of making management decisions in agriculture using artificial intelligence systems

E. N. Yalunina<sup>1</sup>, N. K. Pryadilina<sup>2</sup>, E. A. Skvortsov<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> Ural State Forestry Engineering University, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: 9089267986@mail.ru

**Abstract.** The problem of the quality of managerial decisions is one of the most acute problems of agriculture. Their quality can be improved with the use of digital technologies, including the use of artificial intelligence (AI) systems. **The purpose** of the study is to clarify the main stages of managerial decision-making, taking into account the use of AI systems. **The scientific novelty** lies in the development of a structural model for making a managerial decision, taking into account the use of AI systems, the main components of this process are identified. **The research methods** were the analysis of publications in the WoS scientific citation network on the topics “agriculture” and “artificial intelligence”, as well as the abstract-logical method in the analysis of the main stages of making a managerial decision. **The results** of the study were the determination of the composition and content of the stages of the procedural decision invariant, taking into account the use of artificial intelligence systems. The use of artificial intelligence systems allows diagnosing the occurrence of problems in crop production, animal husbandry, and technical systems at an early stage. Data collection and analysis in the process of making a managerial decision using AI systems includes direct data collection using sensors, cameras, scanners, etc., their cleaning and preliminary analysis, exploratory and statistical analysis, data modeling and interpretation of results. The use of AI systems will make it possible to operate with large data sets from agricultural production facilities, which will reduce uncertainty in making managerial decisions. The analysis of alternatives and the development of a management decision using AI systems turns off the forecasting of agricultural development indicators in a given system of constraints, the generation of alternative solutions and the choice of the optimal alternative, the acceptance or ignoring of the proposed alternatives. AI systems can be used to automate and optimize the process of implementing management decisions, monitoring and controlling management decisions. The use of AI systems to automate management decision-making processes in agriculture can help improve management efficiency.

**Keywords:** artificial intelligence systems, management decisions, agriculture, data collection and analysis, choice of alternatives, management decision-making process, monitoring control

**For citation:** Yalunina E. N., Pryadilina N. K., Skvortsov E. A. Improving the process of making management decisions in agriculture using artificial intelligence systems. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (03): 440–449. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-03-440-449>. (In Russ.)

**Date of paper submission:** 16.05.23, **date of review:** 09.06.2023, **date of acceptance:** 22.06.2023.

## Постановка проблемы (Introduction)

Наиболее ответственной частью работы руководителей и специалистов организаций сельского хозяйства является принятие управленческих решений. Управленческие решения могут быть классифицированы по различным признакам. Так, по субъектам управления управленческие решения можно выделить государственные, принятые субъектами хозяйствования и общественные. По сфере действия могут быть решения, направленные на социальную, экономическую или политическую сферу. По масштабности решаемых задач управленческие решения можно выделить общие и частные, по объектам воздействия – внутренние и внешние. В субъектах хозяйствования по форме выражения управленческие решения могут быть устными и

письменными, а подходы к их принятию могут быть интуитивными, рациональными, основанными на суждениях и т. д. Процесс принятие управленческих решений оказывает значительное воздействие на итоги деятельности организаций сельского хозяйства, что вызывает необходимость повышения качества основных процессов их принятия. Качество управленческих решений является одним из резервов повышения эффективности управления. Повышение качественных характеристик решений особенно актуально в условиях повышения сложности сельскохозяйственного производства, роста его интенсивности. Качество управленческих решений в сельском хозяйстве может быть повышено с использованием цифровых технологий, в том числе применения систем искусственного интел-

лекта (ИИ). Управленческие решения, принятые с применением систем сферы ИИ, должны обладать специфическими характеристиками, которые отличают их от решений, принятых без применения этих систем.

### Методология и методы исследования (Methods)

Процесс принятия управленческих решений в организациях сельского хозяйства имеет несколько этапов. Прежде всего происходит определение проблемы или задачи. Руководители или специалисты организаций сельского хозяйства определяют проблему или задачу, которую необходимо решить. Например, это может быть нехватка ресурсов, проблемы с производственными процессами, снижение производительности или низкая рентабельность. Для принятия правильного управленческого решения необходимо собрать и проанализировать данные, связанные с проблемой или задачей. Это может включать в себя данные о состоянии выполнения основных технологических операций, урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивности животных, потреблении ресурсов и финансовых показателях. На основе анализа данных руководители или специалисты организаций сельского хозяйства выбирают оптимальные управленческие решения. Для этого могут использоваться различные методы принятия решений, такие как анализ причин и следствий, SWOT-анализ, анализ рисков и прочие. Зачастую в организациях сельского хозяйства применяют решения на основе интуиции, имеющегося производственного опыта и по аналогии с другими подобными ситуациями. После выбора оптимальных управленческих решений необходимо разработать план действий, в котором должны быть определены конкретные шаги, необходимые для реализации решения, а также ответственных за выполнение каждого шага. После разработки плана действий необходимо начать его реализацию. Это может включать в себя внесение изменений в производственные процессы, заключение договоров с поставщиками и прочие действия. После реализации плана действий необходимо мониторить его выполнение и контролировать результаты. Если результаты не соответствуют ожиданиям, необходимо проанализировать причины и принять дополнительные меры. После выполнения плана действий необходимо оценить его эффективность. Это может включать в себя анализ финансовых показателей, урожайность, производительность животных и других параметров.

Цель исследования состоит в уточнении основных этапов принятия управленческих решений с учетом применения систем искусственного интеллекта.

Основные задачи исследования состояли в следующем.

- определить состав и содержание этапов процессуального инварианта решения с учетом применения систем искусственного интеллекта;

- определить роль систем искусственного интеллекта в повышении качества принятия управленческих решений.

На первом этапе исследования выполнен анализ контента публикаций по применению систем искусственного интеллекта в отрасли. Анализ контента публикаций осуществлен по научным публикациям библиографической базы данных Web of Science за 10 последних лет. Обзор включал выявление статей с ключевыми словами «искусственный интеллект» (artificial intelligence) и «сельское хозяйство» (agriculture). На втором этапе выполнено уточнение основных этапов принятия управленческих решений с учетом применения систем ИИ. При этом использованы общенаучные приемы познания, такие как абстрактно-логический метод.

### Результаты (Results)

Проблема качества управленческих решений является одной из наиболее значимых проблем для сельского хозяйства. По оценкам ученых, в отечественном сельском хозяйстве наблюдается значительное отставание показателей качества управления производством от стран с развитым сельским хозяйством (рис. 1).

В РФ наблюдается существенная (на 30 %) задержка срока посева сельскохозяйственных культур и уборки урожая (по сравнению с оптимальными сроками). Это приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур (на 18 %) в сравнении с западноевропейскими странами. В животноводстве наблюдается повышенный падеж животных (18 %), доля элитных пород скота составляет лишь 8 %. Доля элитных сортов культур существенно ниже, чем за рубежом. Это позволяет предположить наличие существенных недостатков в процессе принятия управленческих решений в отрасли. В целом процесс принятия управленческих решений в сельском хозяйстве требует тщательного анализа данных и выбора оптимальных решений на основе анализа. При этом эффективность всех этапов процесса принятия управленческих решений может быть повышена с использованием систем ИИ.

Системы искусственного интеллекта – это область информационных технологий, которая в настоящее время является ключевой для ряда отраслей, включая сельское хозяйство. В аграрном секторе экономики применение систем ИИ позволят сельхозтоваропроизводителям автоматизировать сбор и анализ больших объемов данных, автоматизировать процессы и повысить эффективность управленческих решений, принимаемых на основе этих данных. Рассмотрим различные этапы принятия управленческих решений с учетом применением систем ИИ. Можно выделить следующие этапы принятия управленческих решений (которые, впрочем, могут варьироваться):

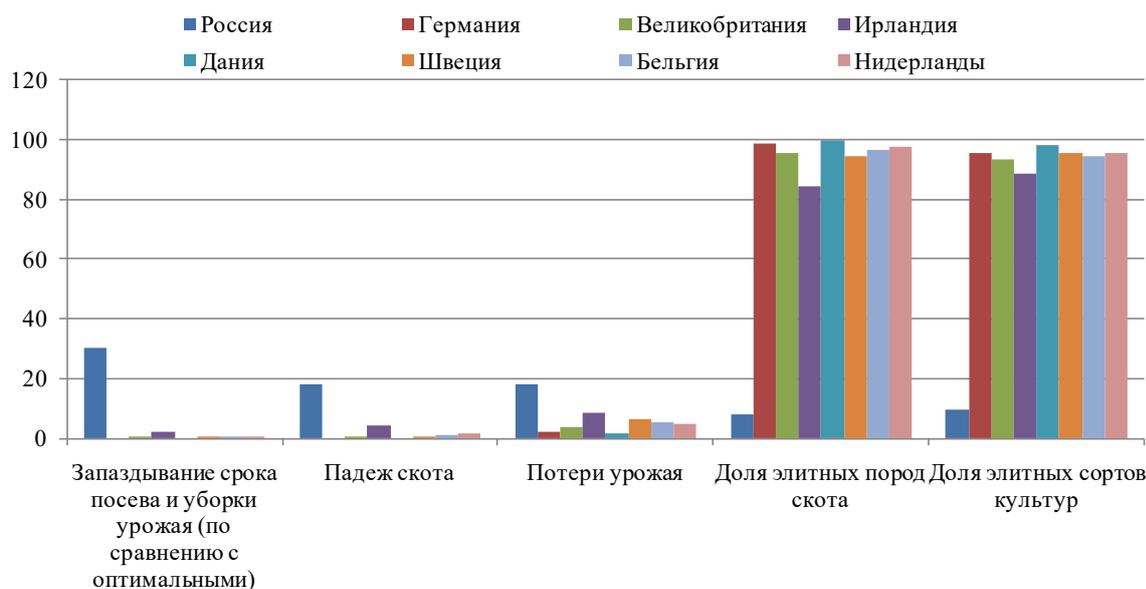


Рис. 1. Показатели качества управления производством и его организации по странам [1]

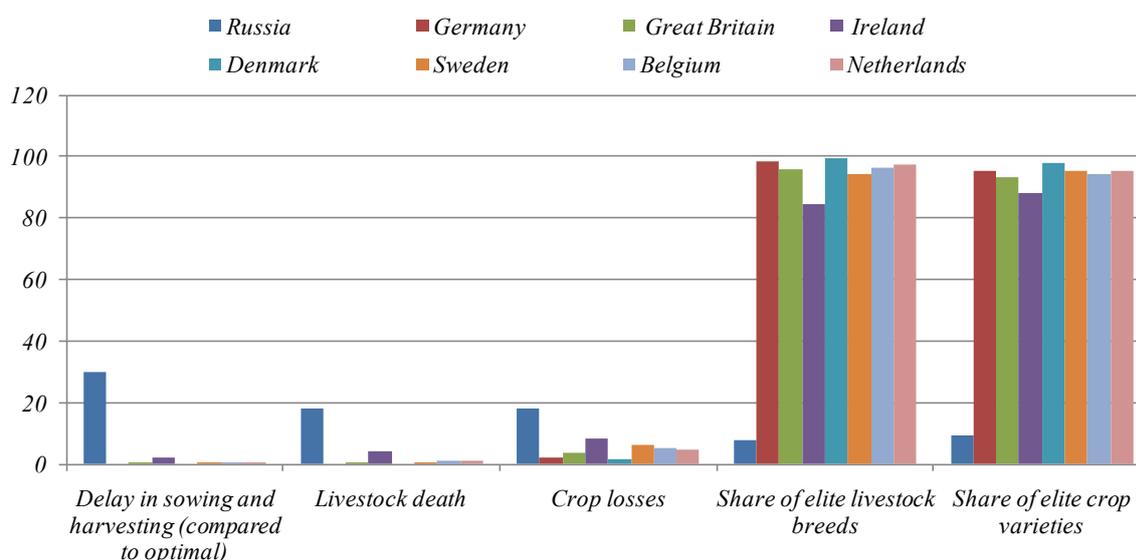


Fig. 1. Quality indicators of production management and its organization by country [1]

- диагностика проблемы;
- сбор и анализ данных;
- выработка управленческого решения;
- выполнение решения;
- мониторинг и контроль.

Рассмотрим возможности применения систем ИИ на различных этапах принятия управленческих решений в организациях сельского хозяйства.

На первом этапе процесса разработки управленческого решения осуществляется **диагностика проблемы**. Применение систем ИИ позволяет диагностировать состояния использования различных видов ресурсов и выполнения процессов с эффективностью не ниже человека. Так, разработаны системы искусственного интеллекта, позволяющие выполнить диагностику состояния почвы, в том числе температуры, на разных глубинах [2],

влажность [3], интенсивность ветровой и водной эрозии. Системы искусственного интеллекта позволяют на ранних стадиях выявить и диагностировать заболевания сельскохозяйственных культур, в том числе пшеницы, риса и многих других [4; 5]. Использование этих систем позволяет выявить распространение насекомых-вредителей на ранних стадиях развития до их массового распространения [6; 7]. В основном для выявления болезней растений и насекомых-вредителей используются камеры с высоким разрешением и соответствующие алгоритмы для обработки изображений, что позволяет их диагностировать до наступления видимых человеком признаков и, следовательно, своевременно принять решения о применении средств защиты растений. Системы искусственного интеллекта в животноводстве позволяют по двигательной актив-

ности и другим признакам выявить заболевания животных на ранних стадиях [8], а также прогнозировать их продуктивность [9]. Отечественными учеными использована нейро-нечеткая сеть для прогнозирования остаточного ресурса двигателей [10]. Использование этой сети позволяет принять управленческих решений о превентивном техническом обслуживании двигателей, выработать стратегию технической эксплуатации техники и пр. Во многих случаях системы ИИ позволяют диагностировать наступление проблемы с высокой точностью. Так, системы ИИ по диагностированию заболеваний сельскохозяйственных культур показывают точность свыше 92 % [11], что превосходит наилучшие показатели специалистов-людей. Таким образом, применение систем искусственного интеллекта позволяет диагностировать возникновение проблем в растениеводстве, животноводстве, в технических системах на ранних стадиях до их выявления специалистами сельского хозяйства.

Этапы разработки управленческого решения традиционным способом и с применением систем искусственного интеллекта представлены на рис. 2.

На втором этапе **происходит сбор и анализ данных** применением систем ИИ – это процесс извлечения значимой информации из данных путем обработки, интерпретации и структурирования. Это важный инструмент для принятия управленческих решений, так как дает возможность получить представление о расходовании ресурсов, выполнении процессов, четко определить проблему, что позволит найти оптимальное решение для ее преодоления. Анализ данных с применением систем ИИ включает в себя следующие этапы:

1. *Сбор данных*: данные можно собирать из различных источников, таких как базы данных, отчеты, опросы и т. д. Важно собрать достаточно данных, чтобы анализ был достоверным. В сельском хозяйстве данные могут быть получены с использованием датчиков, расположенных в помещениях с животными, в теплицах; камер и датчиков на технике (тракторах и комбайнах и пр.); датчиков, расположенных непосредственно на поверхности почвы, и т. д.

2. *Очистка данных*: данные с объектов сельскохозяйственного производства могут содержать ошибки, пропуски, дубликаты и т. д. Важно произвести очистку, чтобы убедиться, что анализ будет базироваться на корректных данных.

3. *Предварительный анализ данных*: на этом этапе производится анализ данных на наличие выбросов, пропущенных значений и т. д. Оценивается качество данных, находят возможности для их улучшения.

4. *Исследовательский анализ данных*: на этом этапе производится поиск взаимосвязей между различными параметрами данных. Данные визуализи-

руются в виде графиков и диаграмм, чтобы было легче найти возможности для улучшения.

5. *Статистический анализ данных* для оценки значимости результатов. Применяются различные методы, такие как корреляционный анализ, регрессионный анализ, анализ дисперсии и т. д.

6. *Моделирование данных*: на этом этапе производится создание математических моделей, которые могут использоваться для прогнозирования будущих результатов.

7. *Интерпретация результатов*, чтобы принять решения на основе полученной информации.

Применение систем ИИ позволит оперировать большими наборами данных, собранных с объектов сельскохозяйственного производства, что дает возможность снизить неопределенность при принятии управленческих решений. Это позволит руководителям и специалистам аграрного сектора экономики принимать решения на основе точной информации.

На третьем этапе происходит **анализ альтернатив и выработка управленческого решения**. Традиционно выработка альтернатив осуществляется с использованием метода дерева решений, «мозгового штурма», функционально-стоимостного анализа и других. Однако в организациях сельского хозяйства руководители и специалисты могут принимать управленческие решения на основе предыдущего опыта и интуитивных представлений без анализа ситуации. Это может приводить к низкому качеству управленческих решений и снижению эффективности сельскохозяйственного производства. При выработке альтернативных вариантов управленческого решения целесообразно применять системы ИИ, в том числе экспертные системы.

Анализ альтернатив и выработка управленческого решения с применением систем ИИ могут включать несколько этапов:

1. *Прогнозирование показателей развития сельского хозяйства в заданной системе ограничений*. На основе собранных данных системы ИИ создают модель, которая может учитывать множество различных параметров и позволяет выполнить прогнозирование показателей развития сельского хозяйства. Результаты прогнозирования могут быть представлены в виде графиков, таблиц и диаграмм, чтобы облегчить выработку управленческого решения. Прогнозирование может быть использовано для решения различных задач в сельском хозяйстве, таких как прогноз урожайности, прогноз продуктивности животных, прогноз рыночных цен на сельскохозяйственную продукцию и т. д. Прогнозирование урожайности позволяет организациям сельского хозяйства планировать площади посевов сельскохозяйственных культур, выполнять закупку необходимого оборудования и прогнозировать уровень прибыли. Для прогнозирования урожайности могут быть использованы данные о предыдущих урожаях,

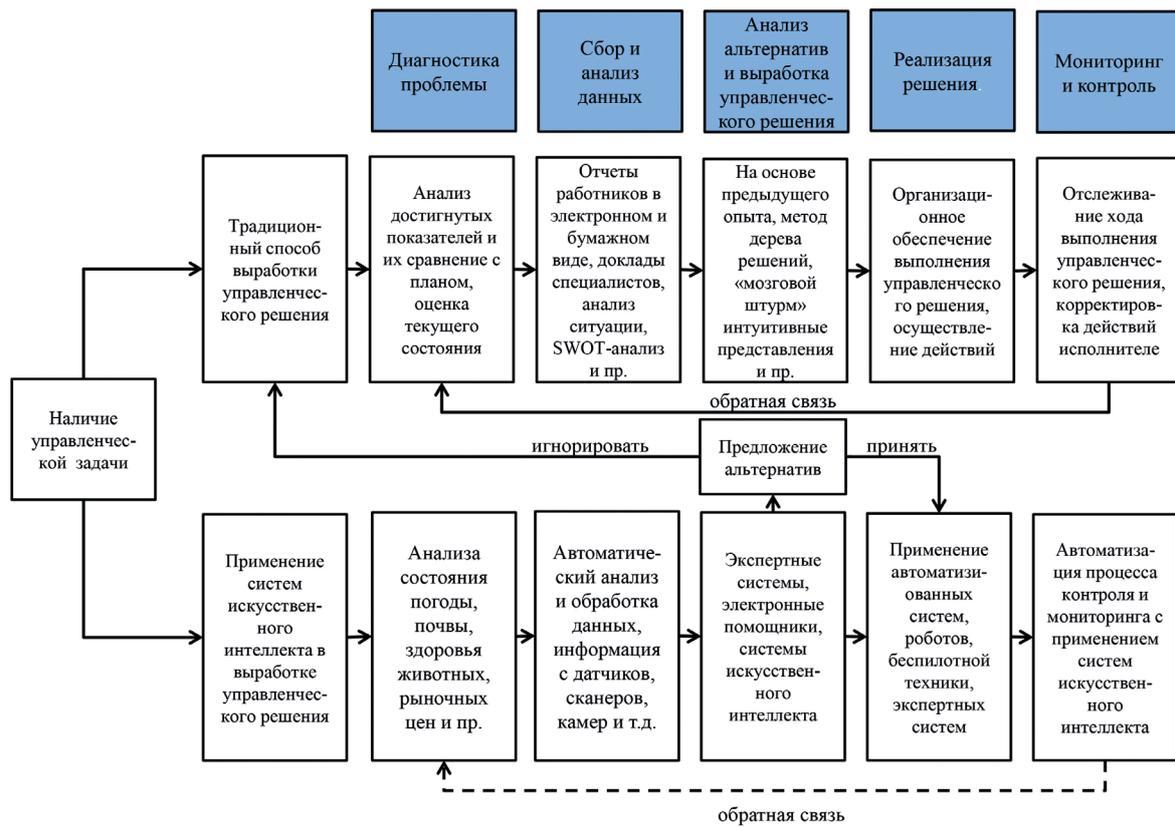


Рис. 2. Этапы разработки управленческого решения традиционным способом и с применением систем искусственного интеллекта

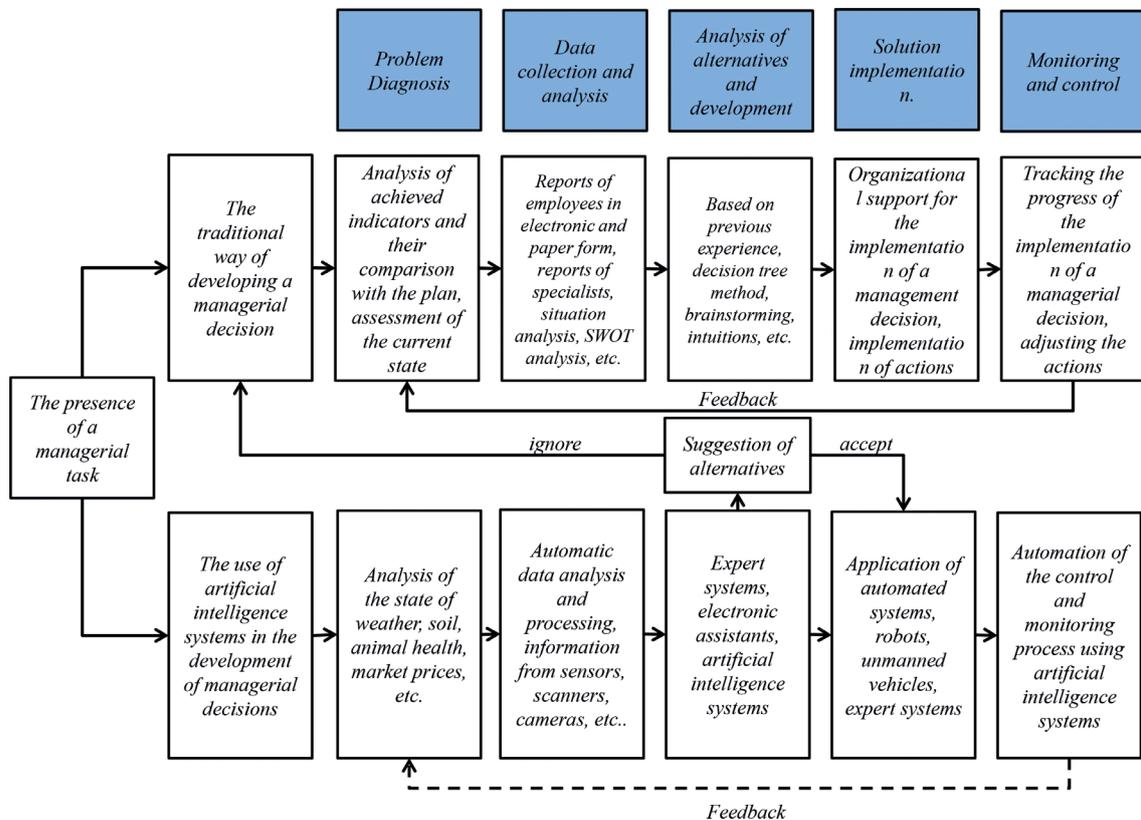


Fig. 2. Stages of developing a management solution in the traditional way and using artificial intelligence systems

климатические данные, данные о состоянии почвы и т. д. В качестве ограничений могут быть обеспеченность средствами защиты растений, удобрениями, водными ресурсами и пр. Прогноз рыночных цен на сельскохозяйственную продукцию позволяет сельхозтоваропроизводителям принять решения о времени реализации урожая и по оптимальным ценам. В качестве ограничений могут быть использованы наличие мощностей для хранения продукции, наличие техники для транспортировки и другие. Для прогнозирования цен можно использовать данные о предыдущих ценах на продукцию, данные о предложении и спросе на рынке. Системы ИИ позволяют прогнозировать показатели развития сельского хозяйства с высокой точностью. Так, одна из моделей на основе искусственных нейронных сетей прогнозирует урожайность зерновых культур с высокой точностью [12].

2. *Генерация альтернативных решений и выбор оптимального.* Системы ИИ могут использоваться для генерации большого количества альтернативных решений, учитывая данные и параметры моделей прогнозирования. Оценка альтернатив может осуществляться системами ИИ путем анализа каждой альтернативы на основе определенных критериев, как это делается при ручном анализе. При этом системы ИИ могут учитывать не только количественные показатели, но и качественные параметры, такие как качество продукции, экологические последствия и т. д. На основе результатов анализа системы ИИ могут рекомендовать наилучшую альтернативу, учитывая все ограничения и параметры, заданные пользователем (руководителем или специалистом организации). Использование систем ИИ в выборе альтернатив дает возможность с высокой скоростью обрабатывать большие объемы данных, выполнять точный анализ ситуации и учитывать значительное количество факторов. Это позволяет принимать более обоснованные решения и повысить эффективность управления организацией.

3. *Принятие или игнорирование предложенных альтернатив.* Важным аспектом является использование руководителями и специалистами организаций сельского хозяйства наилучшей альтернативы, предложенной системами ИИ. При этом лишь руководитель или специалист субъекта хозяйствования аграрного сектора экономики может принять альтернативу или игнорировать (отвергнуть) ее. Если принимается предложенная системой ИИ (экспертными системами) альтернатива, осуществляются дальнейшие действия по ее выполнению. Если предложенный системами искусственного интеллекта вариант действия игнорируется, происходит принятие управленческого решения традиционным способом (без систем ИИ).

Системы ИИ могут использоваться для автоматизации и оптимизации процесса **выполнения**

**управленческих решений**, в том числе управления ресурсами и процессами. Применение автоматизированных систем, роботов в животноводстве позволяет существенно повысить производительность труда, выход валовой продукции, ее качество [13]. В настоящее время разработана беспилотная техника для сельского хозяйства, в частности, комбайны для уборки зерновых культур. Их применение позволяет существенно снизить расход топлива за счет оптимального распределения мощности в зависимости от урожайности, рельефа и других параметров.

*Управление ресурсами* является важным аспектом в сельском хозяйстве, так как это может оказать влияние на эффективность сельскохозяйственного производства. Системы ИИ могут быть использованы в оптимизации управления ресурсами, в том числе водными ресурсами, удобрениями, средствами защиты растений и другими. Например, системы ИИ могут использоваться для определения оптимального объема воды, необходимого для полива сельскохозяйственных культур, в том числе для определения оптимального времени полива. Такие системы могут использовать данные о погодных условиях, влажности почвы и типе культурных растений для определения оптимального расхода воды [14; 15]. Также системы ИИ могут применяться для оптимизации процесса внесения удобрений. Например, эти системы могут использовать данные о составе почвы, состоянии культурных растений и погодных условиях для определения необходимого количества удобрений и оптимального времени их применения [16]. В целом использование систем ИИ для управления ресурсами в сельском хозяйстве позволит оптимизировать использование ресурсов и повысить эффективность управления.

*Оптимизация процессов* в субъектах хозяйствования аграрного сектора экономики имеет большое значение для повышения эффективности управления. Системы ИИ могут быть использованы для оптимизации различных процессов, таких как производство, логистика и распределение ресурсов. В сельскохозяйственном производстве системы искусственного интеллекта могут применяться в определении таких оптимальных условий выращивания культурных растений и животных, как температура, влажность и уровень освещения. Это позволит повысить урожайность культур, продуктивность животных и качество продукции. В логистике системы ИИ могут использоваться для оптимизации логистических процессов, таких как доставка продукции на рынки и в места складирования продукции. Например, эти системы могут использовать данные о маршрутах, транспорте и погодных условиях для определения оптимальных маршрутов и сроков доставки. В распределении ресурсов системы искусственного интеллекта мо-

гут использоваться для оптимизации распределения ресурсов, таких как вода, удобрения, средства защиты растений и другие. Например, они могут использовать данные о погодных условиях, типе почвы, типе культурных растений для определения оптимального расхода ресурсов и оптимального времени их использования. В целом использование систем ИИ для оптимизации процессов в сельском хозяйстве может помочь фермерам в увеличении эффективности производства, снижении затрат и повышении эффективности производства.

На четвертом этапе **мониторинга и контроля** управленческих решений позволяют оценить эффективность этих решений и предпринять необходимые действия для их корректировки (механизм обратной связи). Для мониторинга и контроля нужны конкретные показатели и критерии, которые будут использованы для оценки реализации управленческих решений. Для удобства мониторинга в последнее время используют цифровые технологии, программное обеспечение. Системы искусственного интеллекта могут использоваться для автоматизации процесса мониторинга выполнения управленческих решений. Для этого могут быть использованы инструменты и методы, которые были задействованы для диагностики проблемы и сбора информации. К ним можно отнести системы автоматического анализа и обработки данных, информацию с датчиков, сканеров, камер и т. д. Системы искусственного интеллекта могут использоваться

для мониторинга работников на фермах, чтобы обеспечить безопасность и эффективность производства. Например, система ИИ может использоваться для определения оптимальных графиков работы и обнаружения возможных нарушений безопасности. Важно отметить, что механизм обратной связи для корректировки действий систем ИИ в процессе мониторинга и контроля может отсутствовать (пунктирной линией), поскольку существует значительное количество этих систем без обратной связи.

#### **Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

Применение систем ИИ для автоматизации процессов принятия управленческих решений в сельском хозяйстве может помочь повысить эффективность управления. Однако важно учитывать, что разработка и внедрение систем искусственного интеллекта может быть дорогостоящей и требует высокой квалификации специалистов. Применение систем ИИ в процессе принятия управленческих решений позволит руководителям и специалистам субъектов хозяйствования аграрного сектора экономики разрабатывать более точные и эффективные стратегии, основанные на анализе большого количества данных (больших данных). В целом использование прогнозирования на основе данных с применением систем искусственного интеллекта может значительно улучшить процесс принятия управленческих решений в сельском хозяйстве и повысить обоснованность решений.

#### **Библиографический список**

1. Мезоэкономика России: стратегия разбега: монография / Под ред. чл.-корр. РАН Г. Б. Клейнера. Москва: Издательский дом «Научная библиотека», 2022. 808 с.
2. Moazenzadeh R., Mohammadi B. Assessment of bio-inspired metaheuristic optimisation algorithms for estimating soil temperature // *Geoderma*. 2019. Vol. 353. Pp. 152–171. DOI: 10.1016/j.geoderma.2019.06.028.
3. Raei B., Ahmadi A., Neyshaburi M.R., Ghorbani M.A., Asadzadeh F. Comparative evaluation of the whale optimization algorithm and backpropagation for training neural networks to model soil wind erodibility // *Arabian journal of geosciences*. 2021. Vol. 14, № 1. Article number 29. DOI: 10.1007/s12517-020-06328-0.
4. Череватова Т. Ф., Ермолаева О. С. Искусственный интеллект: диагностика болезней растений по распознаванию изображений // *Экономика и предпринимательство*. 2021. № 2 (127). С. 980–985.
5. Babae M., Maroufpoor S., Jalali M., Zarei M., Elbeltagi A. AI Approach to Rice Yield Estimation // *Irrigation and drainage*. 2021. Vol. 70, № 4. Pp. 732–742. DOI: 10.1002/ird.2566.
6. Kasinathan T., Dakshayani S., Srinivasulu R. U. Insect classification and detection in field crops using modern machine learning techniques // *Information Processing in Agriculture*. 2021. Vol. 8, № 3. Pp. 446–457. DOI: 10.1016/j.inpa.2020.09.006.
7. Thenmozhi K., Srinivasulu U. Crop pest classification based on deep convolutional neural network and transfer learning // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019. Vol. 164. Article number 104906. DOI: 10.1016/j.compag.2019.104906.
8. Bakoev S., Getmantseva L., Kolosova M., Kostyunina O., Chartier D. R., Tatarinova T. V. PigLeg: prediction of swine phenotype using machine learning // *PEERJ* 2020. Vol. 8. Article number 8764. DOI: 10.7717/peerj.8764.
9. Fuentes S., Viejo C. G., Cullen B., Tongson E., Chauhan S. S. Dunshea F. R. Artificial Intelligence Applied to a Robotic Dairy Farm to Model Milk Productivity and Quality based on Cow Data and Daily Environmental Parameters // *Sensors*. 2020. Vol. 20, № 10. Article number 2975. DOI: 10.3390/s20102975.
10. Побединский В. В., Иовлев Г. А., Ляхов С. В., Голдина И. И. Нейро-нечеткая сеть для оценки остаточного ресурса тракторных двигателей // *Лесной вестник*. 2022. Vol. 26. №2. С. 120–130.

11. Ahmad J., Jan B., Farman H., Ahmad W., Ullah A. Disease Detection in Plum Using Convolutional Neural Network under True Field Conditions // *Sensor*. 2020. Vol. 20. Article number 5569. DOI: 10.3390/s20195569.
12. Rogachev A. F., Melikhova E. V. Justification of algorithms and tools for neural network forecasting of agricultural productivity using retrospective data // *Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2020. № 1. Pp. 290–302.
13. Melnikov Y. B., Skvortsov E., Ziablitchkaia N., Kurdyumov A. Modeling of Territorial and Managerial Aspects of Robotization of Agriculture in Russia // *Mathematics*. 2022. Vol. 10. Article number 2540. DOI: 10.3390/math10142540.
14. Sumarudin A., Ismantohadi E., Puspaningrum A., Maulana S., Nadi M. Implementation irrigation system using Support Vector Machine for precision agriculture based on IoT // 5TH Annual applied science and engineering conference (AASEC 2020). IOP Conference Series-Materials Science and Engineering. 2021. Vol. 1098. Article number 032098. DOI: 10.1088/1757-899X/1098/3/032098.
15. Abba S. I., Pham Q. B., Saini G. Implementation of intelligent data models combined with ensemble machine learning for water quality index prediction. // *Environmental Science and Pollution Research*. 2020. Vol. 27. Pp. 41524–41539 DOI: 10.1007/s11356-020-09689-x.
16. Shadrin D., Menshchikov A., Somov A. Bornemann G., Hauslage J., Fedorov M. Enabling Precision Agriculture through Embedded Sensing with Artificial Intelligence // *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*

#### Об авторах:

**Екатерина Николаевна Ялунина**, доктор экономических наук, профессор кафедры конкурентного права и антимонопольного регулирования, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0003-2034-1576, AuthorID 765838. *E-mail: yalunina.1979@mail.ru*

**Наталья Константиновна Прядилина**, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики лесного бизнеса, Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0001-8136-3660, AuthorID 399834. *E-mail: pryadilinank@m.usfeu.ru*

**Егор Артемович Скворцов**, кандидат экономических наук, доцент кафедры конкурентного права и антимонопольного регулирования, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0003-2034-951X, AuthorID 674749. *E-mail: +79089267986@mail.ru*

#### References

1. Meso-economics of Russia: takeoff strategy: monograph / Edited by corresponding member of RAS G. B. Kleyner. Moscow: Publishing house “Scientific Library”, 2022. 808 p. (In Russ.)
2. Moazenzadeh R., Mohammadi B. Assessment of bio-inspired metaheuristic optimisation algorithms for estimating soil temperature. *Geoderma*. 2019; 353: 152–171. DOI: 10.1016/j.geoderma. 2019. 06.028.
3. Raei B., Ahmadi A., Neyshaburi M. R., Ghorbani M. A., Asadzadeh F. Comparative evaluation of the whale optimization algorithm and backpropagation for training neural networks to model soil wind erodibility. *Arabian journal of geosciences*. 2021; 14 (1): 29. DOI: 10.1007/s12517-020-06328-0.
4. Cherevatova T. F., Ermolaeva O. S. Artificial intelligence: diagnostics of plant diseases by image recognition. *Economy and entrepreneurship*. 2021; 2 (127): 980–985. (In Russ.)
5. Babae M., Maroufpoor S., Jalali M., Zarei M., Elbeltagi A. AI Approach to Rice Yield Estimation. *Irrigation and drainage*. 2021; 70 (4): 732–742. DOI: 10.1002/ird.2566.
6. Kasinathan T., Dakshayani S., Srinivasulu R. U. Insect classification and detection in field crops using modern machine learning techniques. *Information Processing in Agriculture*. 2021; 8 (3): 446–457. DOI: 10.1016/j.inpa.2020.09.006.
7. Thenmozhi K., Srinivasulu U. Crop pest classification based on deep convolutional neural network and transfer learning. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019; 164: 104906. DOI: 10.1016/j.compag.2019.104906.
8. Bakoev S., Getmantseva L., Kolosova M., Kostyunina O., Chartier D. R., Tatarinova T. V. PigLeg: prediction of swine phenotype using machine learning. *PeerJ*. 2020; 8: 8764. DOI: 10.7717/peerj.8764.
9. Fuentes S., Viejo C. G., Cullen B., Tongson E., Chauhan S. S. Dunshea F. R. Artificial Intelligence Applied to a Robotic Dairy Farm to Model Milk Productivity and Quality based on Cow Data and Daily Environmental Parameters. *Sensors*. 2020; 20 (10): 2975. DOI: 10.3390/s20102975.
10. Pobedinskiy V. V., Iovlev G. A., Lyakhov S. V., Goldina I. I. Neuro-fuzzy network for evaluating tractor engines residual life. *Forestry Bulletin*. 2022; 26 (2): 120–130. (In Russ.)
11. Ahmad J., Jan B., Farman H., Ahmad W., Ullah A. Disease Detection in Plum Using Convolutional Neural Network under True Field Conditions. *Sensor*. 2020; 20: 5569. DOI: 10.3390/s20195569.

12. Rogachev A. F., Melikhova E. V. Justification of algorithms and tools for neural network forecasting of agricultural productivity using retrospective data. *Izvestiya NV AUK*. 2020; 1: 290–302.

13. Melnikov Y. B., Skvortsov E., Ziablitskaia N., Kurdyumov A. Modeling of Territorial and Managerial Aspects of Robotization of Agriculture in Russia. *Mathematics*. 2022; 10: 2540. DOI: 10.3390/math10142540.

14. Sumarudin A., Ismantohadi E., Puspaningrum A., Maulana S., Nadi M. Implementation irrigation system using Support Vector Machine for precision agriculture based on IoT. 5TH Annual applied science and engineering conference (AASEC 2020). *IOP Conference Series-Materials Science and Engineering*. 2021; 1098: 032098. DOI: 10.1088/1757-899X/1098/3/032098.

15. Abba S. I., Pham Q. B., Saini G. Implementation of intelligent data models combined with ensemble machine learning for water quality index prediction. *Environmental Science and Pollution Research*. 2020; 27: 41524–41539 DOI: 10.1007/s11356-020-09689-x.

16. Shadrin D., Menshchikov A., Somov A. Bornemann G., Hauslage J., Fedorov M. Enabling Precision Agriculture through Embedded Sensing with Artificial Intelligence. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. 2019; 10: 99-105. DOI: 10.1109/TIM.2019.2947125.

#### ***Authors' information:***

**Ekaterina N. Yalunina**, doctor of economic sciences, professor of the department of competition law and anti-monopoly regulation, Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0003-2034-1576, AuthorID 765838. *E-mail: yalunina.1979@mail.ru*

**Natalya K. Pryadilina**, candidate of economic sciences, associate professor of the department of forestry business economics, Ural State Forestry Engineering University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0001-8136-3660, AuthorID 399834. *E-mail: pryadilinank@m.usfeu.ru*

**Egor A. Skvortsov**, candidate of economic sciences, associate professor of the department of competition law and antimonopoly regulation, Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0003-2034-951X, AuthorID 674749. *E-mail: +79089267986@mail.ru*