

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.44.4>

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ ПО ИДЕНТИФИКАЦИИ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ И НОРМАЛИЗАЦИИ ИХ РОСТА «АГРОМИР»: РАЗРАБОТКА ВИЗУАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ И ФОРМИРОВАНИЕ DATASETS**

Научная статья

Токарев К.Е.<sup>1,\*</sup>, Лебедь Н.И.<sup>2</sup>, Александрина Н.А.<sup>3</sup>, Клименко В.И.<sup>4</sup>, Даева Т.В.<sup>5</sup>, Чернованова Н.В.<sup>6</sup>

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0002-5548-5637;

<sup>2</sup> ORCID : 0000-0002-8709-6089;

<sup>3</sup> ORCID : 0009-0006-2782-6779;

<sup>5</sup> ORCID : 0000-0002-7437-4051;

<sup>6</sup> ORCID : 0000-0002-1585-4573;

<sup>1, 2, 3, 5, 6</sup> Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, Российская Федерация

<sup>4</sup> Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (tke.vgsha[at]mail.ru)

**Аннотация**

Актуальность исследования обусловлена необходимостью создания интеллектуальной системы для идентификации болезней культурных растений с возможностью формирования рекомендаций по нормализации их роста и развития в режиме онлайн. В статье рассмотрены аспекты проектирования и компьютерной реализации (в частности, разработка визуальных компонентов и формирование datasets) интеллектуальной цифровой платформы по идентификации болезней растений и нормализации их роста «Агромир». Представлены разработанные функциональные модели семейства IDEF, рассмотрены аспекты дизайна с использованием каскадных таблиц стилей и компьютерной реализации на основе стека технологий, включающего в себя язык программирования Python, а также фреймворк Django.

**Ключевые слова:** цифровая платформа, болезни растений, искусственный интеллект, визуальные компоненты, datasets.

**DESIGNING AN INTELLIGENT DIGITAL PLATFORM FOR PLANT DISEASE IDENTIFICATION AND GROWTH NORMALISATION "AGROMIR": DEVELOPMENT OF VISUAL COMPONENTS AND DATASETS FORMATION**

Research article

Tokarev K.E.<sup>1,\*</sup>, Lebed N.I.<sup>2</sup>, Aleksandrina N.A.<sup>3</sup>, Klimenko V.I.<sup>4</sup>, Daeva T.V.<sup>5</sup>, Chernovanova N.V.<sup>6</sup>

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0002-5548-5637;

<sup>2</sup> ORCID : 0000-0002-8709-6089;

<sup>3</sup> ORCID : 0009-0006-2782-6779;

<sup>5</sup> ORCID : 0000-0002-7437-4051;

<sup>6</sup> ORCID : 0000-0002-1585-4573;

<sup>1, 2, 3, 5, 6</sup> Volgograd State Agricultural University, Volgograd, Russian Federation

<sup>4</sup> Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation

\* Corresponding author (tke.vgsha[at]mail.ru)

**Abstract**

The relevance of the research is determined by the necessity to create an intelligent system for identification of diseases of cultivated plants, with the possibility of forming recommendations for normalization of their growth and development in online mode. The paper considers aspects of design and computer implementation (in particular, the development of visual components and formation of datasets) of an intelligent digital platform for the identification of plant diseases and normalization of their growth "Agromir". The developed functional models of the IDEF family are presented, aspects of design using cascading style sheets and computer implementation based on the technology stack including Python programming language and Django framework are reviewed.

**Keywords:** digital platform, plant diseases, artificial intelligence, visual components, datasets.

**Введение**

Развитие технологий искусственного интеллекта, методов глубокого машинного обучения и нейросетевых технологий обуславливает возможность их широкого применения в различных отраслях народного хозяйства, в том числе сельском хозяйстве. В Российской Федерации реализуется целый ряд государственных программ для развития современного высокоэффективного сельского хозяйства, в частности, ключевой задачей является переход к цифровому сельскому хозяйству, точному земледелию, активному использованию интеллектуальных технологий в АПК [1]. Согласно посланию Президента Российской Федерации Федеральному Собранию от 29.02.2024, «В современных условиях повышение эффективности всех сфер производительности труда неразрывно связано с цифровизацией, с использованием технологий искусственного интеллекта» и национального проекта «Экономика данных» важнейшим

вектором развития и интенсификации сельскохозяйственного производства является разработка и внедрение систем искусственного интеллекта все отрасли народного хозяйства, в том числе сельского [2].

Комплексная защита растений от болезней должна проводиться на основе детальных анализов фитоагроценозов, с учетом объективной оценки ожидаемого поражения сельскохозяйственных культур, вероятных размеров наносимого вреда. Контроль за распространением и развитием патогенов позволяет своевременно и эффективно проводить специальные мероприятия, прогнозировать степень развития болезней, их вредоносность и возможный недобор урожая.

Проблемы разработки, адаптации и внедрения систем искусственного интеллекта, цифровых технологий и компьютеризированных программных комплексов рассмотрены в работах Бородычева В.В. [3], [4], Михайленко И. М. [5], Трухачева В.И. [6], Юрченко И.Ф. [7] и других отечественных и зарубежных авторов [8], [9], [10], [11], [12]. Однако остаются недостаточно изучены проблемы разработки интеллектуальных систем и цифровых платформ для идентификации болезней растений с поддержкой функций нормализации их состояния и роста.

### Материалы и методы

Первым этапом проектирования и компьютерной реализации являлось создание функциональных моделей в нотации семейства IDEF (рисунки 1-3).

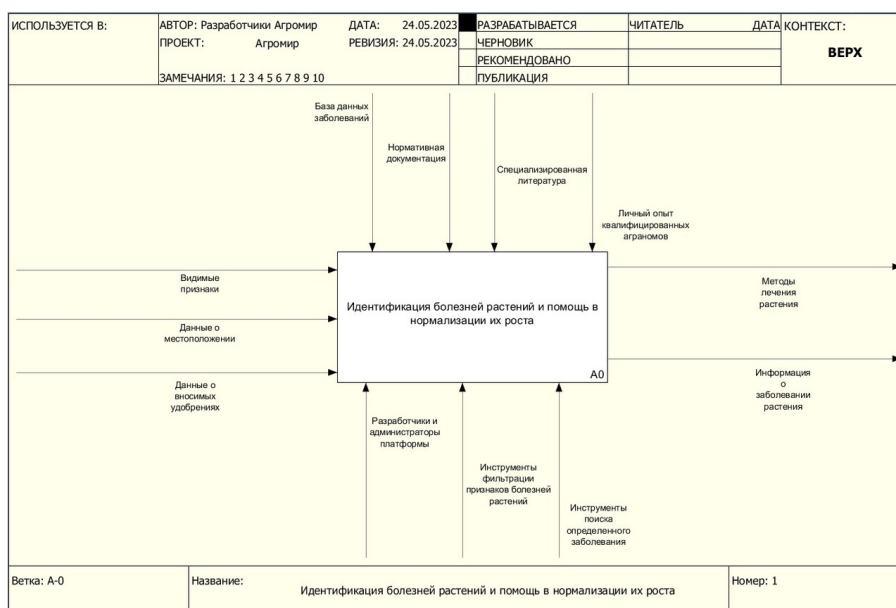


Рисунок 1 - Диаграмма IDEF0 цифровой платформы «Агромир»

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.44.4.1>

На верхнем уровне материнской диаграммы IDEF0 (Рисунок 1) (уровень A0) отображен процесс идентификации болезни растений. Он начинается с ввода «Видимых признаков», «Данных о местоположении», «Данных о вносимых удобрениях» элементами управления являются «Разработчики администраторы платформы», «Инструменты фильтрации признаков болезней растений», «Инструменты поиска определенного заболевания». В роли механизмов выступают «База данных заболеваний», «Нормативная документация», «Специализированная литература», «Личный опыт квалифицированных специалистов». Каждый этап процесса соединен с предыдущим и последующим этапом линиями потока данных.

Дочерняя диаграмма IDEF0 является процессом разбиения базовой блок-схемы на более мелкие и понятные единицы (Рисунок 2). Это позволяет лучше понять процессы, которые происходят в проекте и увидеть, как они связаны друг с другом. Также декомпозиция помогает оптимизировать процессы и выявить возможные ошибки и проблемы.

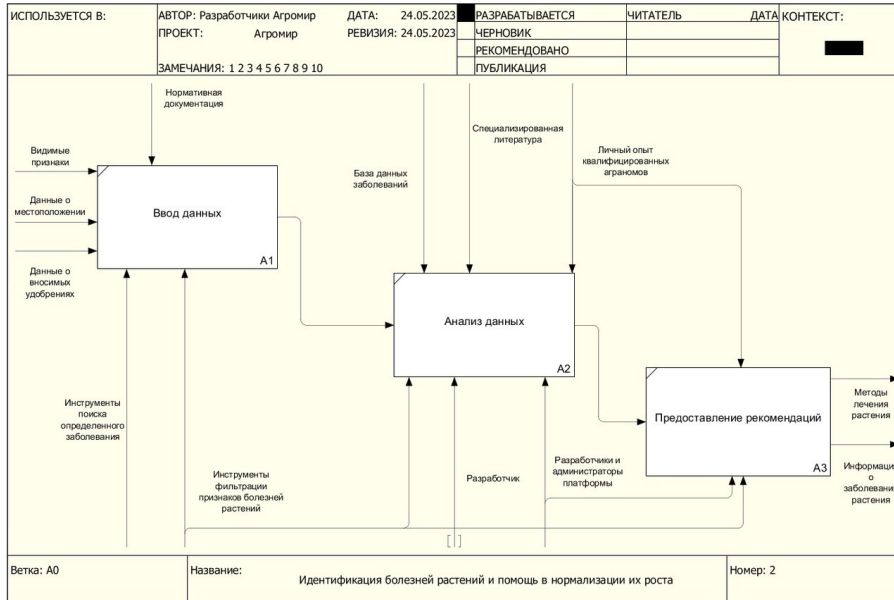


Рисунок 2 - Декомпозиция диаграмма IDEF0 цифровой платформы «Агромир»  
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.44.4.2>

Уровень A0 имеет три подуровня: (A1), который детализирует шаг «Ввода данных». Здесь система получает введенную пользователем информацию. (A2), который детализирует шаг «Анализа данных». Здесь система анализирует полученную пользователем информацию. (A3), который детализирует шаг «Предоставление рекомендаций». Здесь система предоставляет пользователю информацию по болезни и методам её лечения.

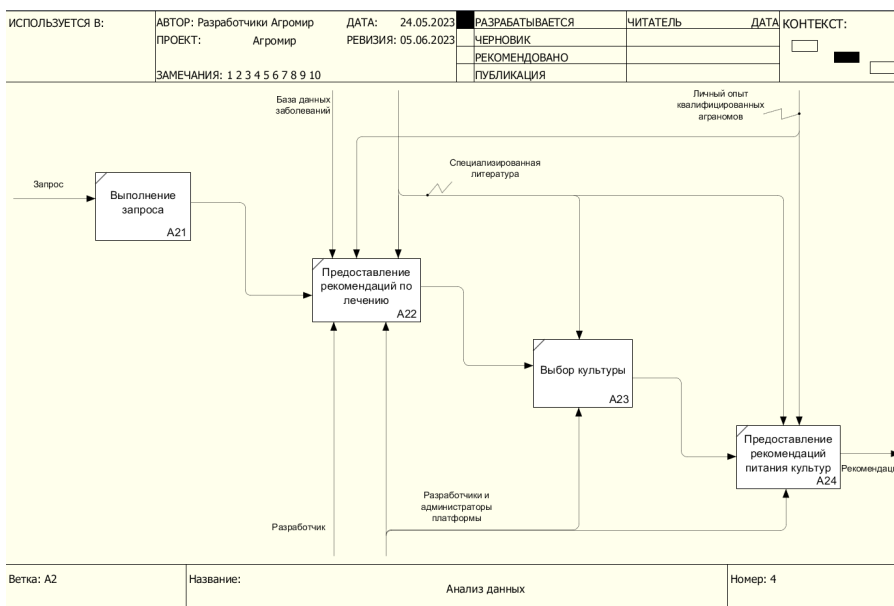


Рисунок 3 - Декомпозиция диаграмма IDEF0 блоков A2, A3  
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.44.4.3>

Уровень A2 и A3 имеет четыре подуровня: (A21), который детализирует шаг «Выполнения запроса». Здесь система получает введенную пользователем информацию. (A22), который детализирует шаг «Предоставление рекомендаций по лечению». Здесь система предоставляет пользователю информацию о болезни растения. (A23), который детализирует шаг «Выбор культуры». Здесь система предоставляет пользователю выбор культур для просмотра рекомендаций по питанию. (A24), который детализирует шаг «Предоставление рекомендаций питания культур». Здесь система предоставляет пользователю рекомендации по питанию культур.

В целом, диаграмма IDEF0 для цифровой платформы по идентификации болезней растений представляет весь комплекс функций, которые необходимы для полноценной работы системы. Он позволяет понять механизм работы системы и выявить возможные улучшения и оптимизации процесса. Логическая структура цифровой платформы по идентификации болезней растений, представленная на рисунке 4, является инструментом для быстрого и удобного определения заболеваний растений на основе введенных пользователем данных.

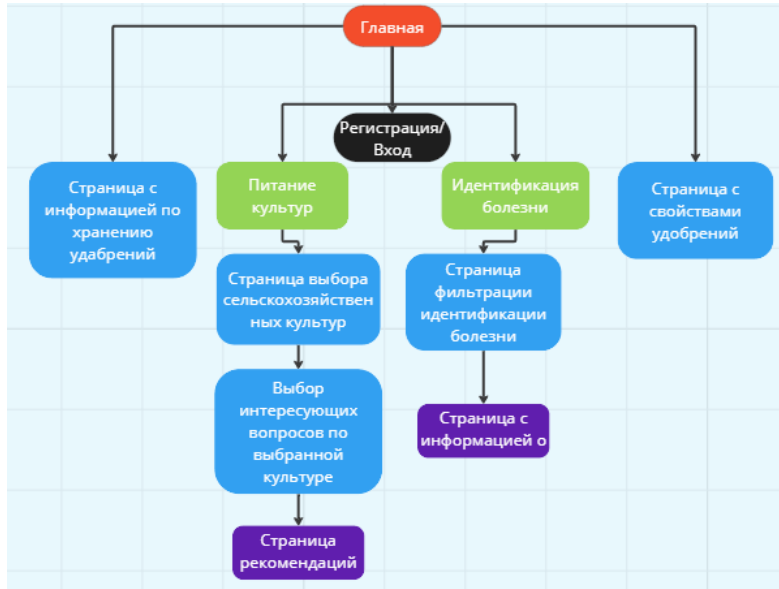


Рисунок 4 - Логическая структура цифровой платформы «Агромир»  
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.44.4.4>

Для формирования datasets использованы общедоступные базы данных и репозитории классифицированных изображений болезней растений типа *PlantVillage*, структура которых включает набор из 54 306 цветных изображений листьев 14 культур, включая 26 классов различных заболеваний.

### Результаты и их обсуждение

Первым этапом компьютерной реализации являлась установка и настройка необходимых средств реализации. На рисунке 5 представлен фрагмент листинга процедуры установки и настройки компонентов фреймворка «Django» для формирования структуры и последующего дизайна графического интерфейса.

```

C:\Users\artem>cd C:\PythonDjango
C:\PythonDjango>python -m venv .venv
C:\PythonDjango>.venv\Scripts\activate.bat
(.venv) C:\PythonDjango>python -m pip install Django
Collecting Django
  Using cached Django-4.2.2-py3-none-any.whl (8.0 MB)
Collecting asgiref<4,>=3.6.0
  Using cached asgiref-3.7.2-py3-none-any.whl (24 kB)
Collecting sqlparse>=0.3.1
  Using cached sqlparse-0.4.4-py3-none-any.whl (41 kB)
Collecting tzdata
  Using cached tzdata-2023.3-py2.py3-none-any.whl (341 kB)
Installing collected packages: tzdata, sqlparse, asgiref, Django
Successfully installed Django-4.2.2 asgiref-3.7.2 sqlparse-0.4.4 tzdata-2023.3

[notice] A new release of pip available: 22.3 -> 23.1.2
[notice] To update, run: python.exe -m pip install --upgrade pip
(.venv) C:\PythonDjango>_
  
```

Рисунок 5 - Установка фреймворка  
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.44.4.5>

Дизайн графического интерфейса разрабатываемой платформы реализован с использованием каскадных таблиц стилей Cascading Style Sheets (CSS). Фрагмент листинга подключения файлов с дизайном .css (команда: {% static "css/имя.css" %}) представлен на рисунке 6.

```
{% load static %}
<!DOCTYPE html>
<html lang="ru">
  <head>
    <meta charset="UTF-8">
    <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
    <link rel="stylesheet" href="{% static 'css/style.css' %}">
    <link rel="stylesheet" href="{% static 'css/fonts.css' %}">
    <link rel="stylesheet" href="{% static 'css/adaptive.css' %}">
  </head>
</html>
```

Рисунок 6 - Процедура подключение дизайна с использованием CSS  
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.44.4.6>

Аналогично, при помощи формы выбора, ввода/вывода данных связаны .html файлы с изображениями из формируемого Datasets (Рисунок 7).

```
<div class="selector-box-one werty">
  <div class="selector-header ">
    
    <span class="select-current" id="">Выберете область</span>
  </div>
</div>
```

Рисунок 7 - Процедура привязки изображений  
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.44.4.7>

При запуске платформы созданные шаблоны генерируются в стартовый гипертекстовый документ с возможностью авторизации и регистрации (акторы (роли) – пользователь/администратор) (Рисунок 8).

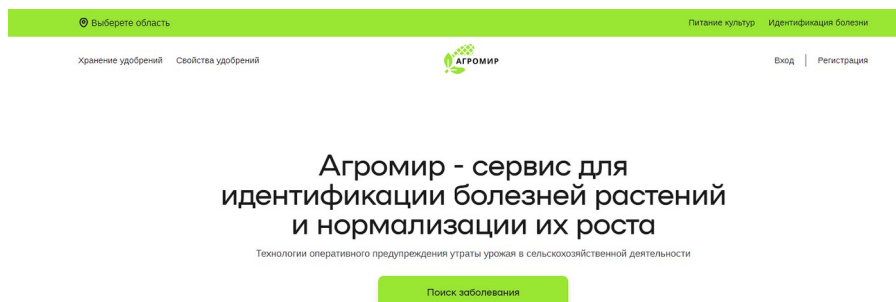


Рисунок 8 - Диалоговое окно авторизации/регистрации на цифровой платформе «Агромир»  
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.44.4.8>

Для реализации функционала платформы был выбран стек технологий, включающий в себя язык программирования Python, а также фреймворк Django. Финальный вариант интерфейса представлен на рисунке 9.

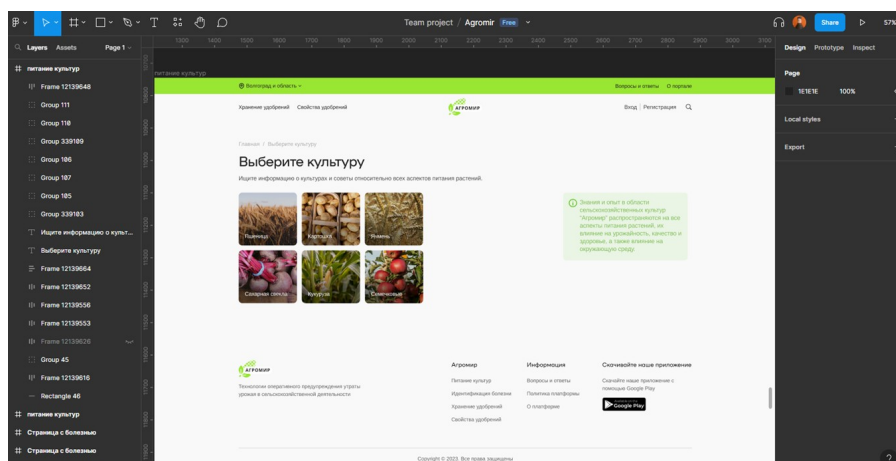


Рисунок 9 - Финальный вариант интерфейса  
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.44.4.9>

Реализуемая авторами интеллектуальная цифровая платформа «Агромир» имеет высокий потенциал для практического применения в сельскохозяйственном производстве в условиях точного земледелия. Планируется, что дальнейшее развитие и расширение функционала цифровой платформы будет связано с добавлением новых параметров оценки роста и развития культурных растений, в том числе нейросетевого анализа их цветоколичественных характеристик, а также включением дополнительных функциональных возможностей в виде кроссплатформенности использования и защищенного облачного хранения данных.

### Заключение

В ходе дальнейшего развития исследований (поддержанных грантом Российского научного фонда и администрации Волгоградской области (№ 22-21-20041)), посвященных проблемам повышения биопродуктивности фитоагроценозов в условиях точного земледелия осуществлено проектирование и программная реализация интеллектуальной платформы по идентификации болезней растений и нормализации их роста «АГРОМИР». В частности, осуществлена, на базе стека технологий, включающего в себя язык программирования Python, а также фреймворк Django, разработка визуальных компонентов интерфейса и формирование dataset цветных RGB-изображений, пораженных болезнями культурных растений.

### Финансирование

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-21-20041, <https://rscf.ru/project/22-21-20041/> и Волгоградской области.

### Funding

The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 22-21-20041, <https://rscf.ru/project/22-21-20041/> and the Volgograd region.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Conflict of Interest

None declared.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Токарев К.Е. Онтология классов цветных изображений посевов сельскохозяйственных культур для обучения и тестирования моделей искусственных нейронных сетей со сверточными слоями / К.Е. Токарев, Н.И. Лебедь, Е.В. Токарева [и др.] // Journal of Agriculture and Environment. — 2023. — №12 (40). — URL: <https://jae.cifra.science/archive/12-40-2023-december/10.23649/JAE.2023.40.30> (дата обращения: 23.02.2024). — DOI: 10.23649/JAE.2023.40.30.
2. Послание Президента РФ Федеральному Собранию от 29.02.2024. — URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/messages/73585> (дата обращения: 29.02.2024).
3. Дубенок Н.Н. Алгоритм учета пространственной неоднородности исходных характеристик орошаемого участка на основе ГИС-технологий / Н.Н. Дубенок, В.В. Бородычев, М.Н. Лытов // Российская сельскохозяйственная наука. — 2019. — № 1. — С. 66-70.
4. Бородычев В.В. Обобщенная модель автоматизированной информационной системы мониторинга и управления орошением в режиме реального времени / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. — 2017. — № 1 (45). — С. 161-170.
5. Михайленко И.М. Развитие методов и средств применения данных дистанционного зондирования земли в сельском хозяйстве / И.М. Михайленко // Тенденции развития науки и образования. — 2018. — № 41-3. — С. 70-83.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023614442 Российская Федерация. Информационная система диагностики состава биологических образцов почвы на основе нейросетевой модели : № 2023613269 : заявл. 21.02.2023 : опубли. (зарег.) 01.03.2023 / В.И. Трухачев, С.Л. Белопухов, Е.В. Худякова и др.
7. Юрченко И.Ф. Алгоритмы управляющих воздействий и структура систем прецизионного регулирования мелиоративного состояния агроэкосистем / И.Ф. Юрченко // Проблемы развития с.-х. мелиораций и водохоз. комплекса на базе цифровых технологий. — Москва, 2019. — Т. 2. — С. 327-336.
8. Tokarev K. Monitoring and Intelligent Management of Agrophytocenosis Productivity Based on Deep Neural Network Algorithms / K. Tokarev et al. // Intelligent Computing & Optimization / P. Vasant, G.W. Weber, J.A. Marmolejo-Saucedo et al. — 2023. — Vol. 569. — DOI: 10.1007/978-3-031-19958-5\_65
9. Рогачев А.Ф. Исследование развития и продуктивности сельскохозяйственных культур с применением беспилотных летательных аппаратов / А.Ф. Рогачев, Е.В. Мелихова, И.С. Белоусов // Известия НВ АУК. — 2020. — № 3(59). — С. 397-406. — DOI: 10.32786/2071-9485-2019-04-49.
10. Cheng G. ISNet: Towards Improving Separability for Remote Sensing Image Change Detection / G. Cheng, G. Wang, J. Han // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. — 2022. — Vol. 60. — P. 1-11. — Art no. 5623811. — DOI: 10.1109/TGRS.2022.3174276.
11. Kamilaris A. Deep Learning in Agriculture: A survey. Computers and Electronics in Agriculture / A. Kamilaris, F.X. Prenafeta-Boldú. — 2018. — URL: [www.arxiv.org/pdf/1807.11809](http://www.arxiv.org/pdf/1807.11809) (accessed 15.01.2024)
12. Лебедь Н.И. Повышение продуктивности агрофитоценозов в условиях точного земледелия с использованием нейросетевых алгоритмов глубокого обучения: обоснование применения и аспекты компьютерной реализации / Н.И.

Лебедь, К.Е. Токарев // Международный сельскохозяйственный журнал. — 2022. — № 6(390). — С. 662-664. — DOI: 10.55186/25876740\_2022\_65\_6\_662.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Tokarev K.E. Ontologija klassov cvetnyh izobrazhenij posevov sel'skohozjajstvennyh kul'tur dlja obuchenija i testirovanija modelej iskusstvennyh neyronnyh setej so svertochnymi slojami [Ontology of classes of color images of crops for training and testing models of artificial neural networks with convolutional layers] / K.E. Tokarev, N.I. Lebed', E.V. Tokareva [et al.] // Journal of Agriculture and Environment. — 2023. — №12 (40). — URL: <https://jae.cifra.science/archive/12-40-2023-december/10.23649/JAE.2023.40.30> (daccessed: 23.02.2024). — DOI: 10.23649/JAE.2023.40.30. [in Russian]
2. Poslanie Prezidenta RF Federal'nomu Sobraniju ot 29.02.2024 [Message of the President of the Russian Federation to the Federal Assembly dated 02/29/2024]. — URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/messages/73585> (accessed: 29.02.2024). [in Russian]
3. Dubenok N.N. Algoritm ucheta prostranstvennoj neodnorodnosti ishodnyh harakteristik oroshaemogo uchastka na osnove GIS-tehnologij [Algorithm for taking into account the spatial heterogeneity of the initial characteristics of an irrigated area based on GIS technologies] / N.N. Dubenok, V.V. Borodychev, M.N. Lytov // Rossijskaja sel'skohozjajstvennaja nauka [Russian Agricultural Science]. — 2019. — № 1. — P. 66-70. [in Russian]
4. Borodychev V.V. Obobshhennaja model' avtomatizirovannoj informacionnoj sistemy monitoringa i upravlenija orosheniem v rezhime real'nogo vremeni [Generalized model of an automated information system for monitoring and management of irrigation in real time] / V.V. Borodychev, M.N. Lytov // Izvestija nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie [Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversity complex: science and higher professional education]. — 2017. — № 1 (45). — P. 161-170. [in Russian]
5. Mihajlenko I.M. Razvitie metodov i sredstv primeneniya dannyh listancionnogo zondirovanija zemli v sel'skom hozjajstve [The development of methods and means of applying data from remote sensing of the earth in agriculture] / I.M. Mihajlenko // Tendencii razvitija nauki i obrazovanija [Trends in the development of science and education]. — 2018. — № 41-3. — P. 70-83. [in Russian]
6. Certificate of registration of the computer program 2023614442 Russian Federation. Informacionnaja sistema diagnostiki sostava biologicheskikh obrazcov pochvy na osnove nejrosetevoj modeli [An information system for diagnosing the composition of biological soil samples based on a neural network model] : № 2023613269 : appl. 21.02.2023 : dated 01.03.2023 / V.I. Truhachev, S.L. Belopuhov, E.V. Hudjakova et al. [in Russian]
7. Jurchenko I.F. Algoritmy upravljajushhijh vozdeystvij i struktura sistem precizionnogo regulirovanija meliorativnogo sostojanija agrojekosistem [Algorithms of control actions and the structure of systems of precision regulation of the reclamation state of agroecosystems] / I.F. Jurchenko // Problemy razvitija s.-h. melioracij i vodohoz. kompleksa na baze cifrovych tehnologij [Problems of development of agricultural land reclamation and water supply. A complex based on digital technologies]. — Moscow, 2019. — Vol. 2. — P. 327-336. [in Russian]
8. Tokarev K. Monitoring and Intelligent Management of Agrophytocenosis Productivity Based on Deep Neural Network Algorithms / K. Tokarev et al. // Intelligent Computing & Optimization / P. Vasant, G.W. Weber, J.A. Marmolejo-Saucedo et al. — 2023. — Vol. 569. — DOI: 10.1007/978-3-031-19958-5\_65
9. Rogachev A.F. Issledovanie razvitija i produktivnosti sel'skohozjajstvennyh kul'tur s primeneniem bespilotnyh letatel'nyh apparatov [Research on the development and productivity of agricultural crops using unmanned aerial vehicles] / A.F. Rogachev, E.V. Melihova, I.S. Belousov // Izvestija NV AUK [Bulletin of the NV AUC]. — 2020. — № 3(59). — P. 397-406. — DOI: 10.32786/2071-9485-2019-04-49. [in Russian]
10. Cheng G. ISNet: Towards Improving Separability for Remote Sensing Image Change Detection / G. Cheng, G. Wang, J. Han // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. — 2022. — Vol. 60. — P. 1-11. — Art no. 5623811. — DOI: 10.1109/TGRS.2022.3174276.
11. Kamilaris A. Deep Learning in Agriculture: A survey. Computers and Electronics in Agriculture / A. Kamilaris, F.X. Prenafeta-Boldú. — 2018. — URL: [www.arxiv.org/pdf/1807.11809](http://www.arxiv.org/pdf/1807.11809) (accessed 15.01.2024)
12. Lebed' N.I. Povyshenie produktivnosti agrofytocenzov v uslovijah tochnogo zemledelija s ispol'zovaniem nejrosetevyh algoritmov glubokogo obuchenija: obosnovanie primeneniya i aspekty komp'juternoj realizacii [Increasing the productivity of agrophytocenoses in precision farming using neural network algorithms of deep learning: justification of application and aspects of computer implementation] / N.I. Lebed', K.E. Tokarev // Mezhdunarodnyj sel'skohozjajstvennyj zhurnal [International Agricultural Journal]. — 2022. — № 6(390). — P. 662-664. — DOI: 10.55186/25876740\_2022\_65\_6\_662. [in Russian]