

Применение машинного обучения при организации адаптивно-ландшафтных систем земледелия

Анна В. Ликнина¹ anna_linkina@rambler.ru  0000-002-8429-1292

¹ Воронежский институт высоких технологий - автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования, ул. Ленина, 73а, г. Воронеж, 394043, Россия

Аннотация. Статья исследует возможности применения инструментов искусственного интеллекта при организации эколого-ландшафтных систем земледелия. Отмечается, что с помощью алгоритмов обучения сельхозтоваропроизводители могут оптимизировать многие процессы ведения производства, повысить продуктивность угодий и качество получаемой продукции, а также снизить затраты и себестоимость. Показано, что массовое внедрение машинного обучения способно увеличить долю валовой добавленной стоимости в ближайшие 5 лет на 25% в растениеводстве, и до 14% в животноводстве при оптимистическом сценарном варианте развития, в наиболее вероятном варианте показатели будут в два раза ниже, при пессимистическом - увеличение произойдет не более чем на 3,8% в отрасли растениеводства, и до 0,4% в отрасли животноводства. Поскольку адаптивно-ландшафтное земледелие, базирующееся на учете особенностей рельефа, климата, агрофаций, должно учитывать большое количество параметров, таких как оценка состояния почвы и растений, посевные площади, частота их обработки, количество вносимых минеральных и органических удобрений, обработка гербицидами и инсектицидами и др., был разработан прототип информационной системы, позволяющей на основе предиктивного анализа, подобрать наиболее оптимальное решение для организации севооборотов с целью управления системами земледелия. В статье показана возможность применения компьютерного зрения при распознавании картографического материала и установлении типа агроландшафта для получения высокопродуктивных урожаев. Построены модели интеллектуального анализа на основе входящих признаков. Для работы с предложенным продуктом не предъявляется специализированных требований к квалификации персонала, а даже может быть использовано рядовыми работниками как крупных агрохолдингов, представителями органов муниципальной и государственной власти в области агропромышленного сектора, так и сотрудниками небольших хозяйств за счет простоты и интуитивно понятного интерфейса.

Ключевые слова: эколого-ландшафтные системы, продуктивность угодий, плодородие почв, генетические алгоритмы, распознавание образов, API, информационная система.

Application of machine learning in the organization of adaptive landscape farming systems

Anna V. Linkina¹ anna_linkina@rambler.ru  0000-002-8429-1292

¹ Voronezh Institute of High Technologies, Lenina Str., 73A Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The article explores the possibilities of using artificial intelligence tools in organizing ecological landscape farming systems. It is noted that with the help of learning algorithms, agricultural producers can optimize many production processes, increase the productivity of land and the quality of the resulting products, as well as reduce costs and costs. It has been shown that the mass implementation of machine learning can increase the share of gross value added in the next 5 years by 25% in crop production, and up to 14% in livestock production under an optimistic scenario of development; in the most probable scenario, the indicators will be two times lower, and in a pessimistic scenario - an increase will occur by no more than 3.8% in the crop industry, and up to 0.4% in the livestock industry. Since adaptive landscape agriculture, based on taking into account the characteristics of the relief, climate, agrofacies, must take into account a large number of parameters, such as assessment of the condition of the soil and plants, sown areas, frequency of their cultivation, the amount of applied mineral and organic fertilizers, treatment with herbicides and insecticides, etc., a prototype of an information system was developed that allows, based on predictive analysis, to select the most optimal solution for organizing crop rotations in order to manage farming systems. The article shows the possibility of using computer vision in recognizing cartographic material and establishing the type of agricultural landscape to obtain highly productive crops. Intellectual analysis models were built based on incoming features. To work with the proposed product, there are no specialized requirements for personnel qualifications, and can even be used by ordinary employees of both large agricultural holdings, representatives of municipal and state authorities in the agricultural sector, and employees of small farms due to its simplicity and intuitive interface.

Keywords: ecological landscape systems, land productivity, soil fertility, genetic algorithms, pattern recognition, API, information system.

Для цитирования

Ликнина А.В. Применение машинного обучения при организации адаптивно-ландшафтных систем земледелия // Вестник ВГУИТ. 2023. Т. 85. № 4. С. 128–132. doi:10.20914/2310-1202-2023-4-128-132

For citation

Linkina A.V. Application of machine learning in the organization of adaptive landscape farming systems. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2023. vol. 85. no. 4. pp. 128–132. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2023-4-128-132

Введение

В настоящее время цифровые технологии играют все большую роль во многих сферах жизни. Машинное обучение стало неотъемлемой частью многих отраслей, включая сельское хозяйство. С помощью алгоритмов обучения сельхозтоваропроизводители могут оптимизировать многие процессы ведения производства, повысить продуктивность угодий и качество получаемой продукции, а также снизить затраты и себестоимость. Вместе с тем, на современном этапе развития агропромышленного комплекса в России доля программных продуктов с элементами предиктивной аналитики занимает очень скромные позиции, несмотря на значительные перспективы применения. Анализ имеющихся цифровых решений показывает, что существует ограниченное число компаний, предлагающих подобные разработки, а в условиях необходимости обеспечения технологического суверенитета и необходимости импортозамещения на отечественном рынке существует острая нехватка информационных систем с интеграцией искусственного интеллекта. По оценкам аналитиков, массовое внедрение машинного обучения способно увеличить долю валовой добавленной стоимости в ближайшие 5 лет на 25 % в растениеводстве, и до 14 % в животноводстве. Однако, подобный прогноз является оптимистическим сценарным вариантом развития. В наиболее вероятностном варианте показатели будут в два раза ниже, а при пессимистическом – увеличение произойдет не более чем на 3,8 % в отрасли растениеводства, и до 0,4 % в отрасли животноводства. Такие показатели объясняются тем, что помимо недостаточного предложения на рынке программных средств, сельское хозяйство традиционно считается одной из наиболее консервативных областей в плане внедрения инноваций. Еще одной проблемой является кадровый дефицит работников столь сложной специализации и низкий уровень заработной платы в данном секторе. Именно поэтому разработка интеллектуальных решений и акселерация даже небольших проектов должна получить большую поддержку со стороны государства при реализации политики цифровой трансформации.

Авторами выполнялись исследования, связанные с возможностью применения машинного обучения при организации адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Поскольку в результате все возрастающей антропогенной нагрузки земельные угодья подвергаются различным деградиционным процессам, при этом сохранение и восстановление плодородия почв является основной задачей для обеспечения высокой урожайности

и сохранения биоразнообразия. Подход ведения сельского хозяйства, базирующийся на учете особенностей рельефа, климата, агрофаций, лежащий в основе эколого-ландшафтного земледелия, должен учитывать большое количество параметров, таких как оценка состояния почвы и растений, посевные площади, частота их обработки, количество вносимых минеральных и органических удобрений, обработка гербицидами и инсектицидами и многое другое. С учетом современных возможностей генетических алгоритмов, разработка информационной системы, позволяющей на основе предиктивного анализа, подобрать оптимальное решение для организации севооборотов, является одним из перспективных методов оптимизации управления системами земледелия.

Материалы и методы

В ходе выполнения проектирования информационной системы была поставлена задача реализации модуля предиктивной аналитики. Для достижения поставленной цели на основе методов системного анализа и математического моделирования, были решены следующие задачи:

1. Проектирование и разработка web-приложения, представляющего собой платформу для интеграции обособленных модулей;
2. Разработка приложения, формирующего наборы данных, для обучения нейросети;
3. Проектирование и разработка прототипа web-сервиса предиктивной аналитики картографических изображений земельных угодий сельскохозяйственного назначения;
4. Графическое представление web – приложения;
5. Проектирование и разработка интеллектуального помощника для обработки типовых вопросов.

Были проанализированы представленные на рынке решения как зарубежных, так и отечественных разработчиков, среди которых ArcGis, MapInfo, ГеоСкан, QGIS и др. В ходе проведенного анализа программных средств были отмечены следующие недостатки:

1. Закрытая архитектура программных продуктов.
2. Не все модули обладают программными интерфейсами.
3. Высокая цена программного продукта.
4. Централизованное распространение программных продуктов.
5. Отсутствие инструментов и готового решения для определения типа агроландшафтов на основе картографического материала.
6. Низкий уровень интеграций технологий компьютерного зрения в существующие модули решения задач на основе картографического материала.

На основе описанных недостатков рассмотренных программных продуктов был сформирован ряд требований к проектируемому программному решению.

Предъявляемые требования к программному модулю анализа типов агроландшафтов:

- возможность определения типов агроландшафта на основе компьютерного зрения;
- наличие API.

Предъявляемые требования к программному модулю для подготовки изображений:

- открытый исходный код;
- наличие API;
- наличие документации;
- формирование наборов данных на основе группы объектов.

На основе описанных требований были сформированы задачи по проектированию и реализации разрабатываемого программного решения.

Задача формирования наборов данных на основе картографического материала агроландшафтов, а также разработка модуля предиктивной аналитики основывалась на разработке следующих элементов:

- Компонент для обработки изображений.
- Компонент для отображения интерфейса.
- Компонент для подготовки данных к обучению нейронной сети.

Результаты и обсуждение

Иными словами, разрабатываемая система должна уметь оптимизировать загруженный картографический материал, представляющий собой электронный вариант (сканированное изображение конкретного земельного участка обычной бумажной карты или экспортируемое изображение из геоинформационной системы в заданном масштабе) и определять к какому типу агроландшафта можно отнести данный участок, для того, чтобы в дальнейшем подобрать оптимальный вариант севооборота и те культуры, которые целесообразно на нем возделывать, как с точки зрения сохранения плодородия земель, так и с точки зрения получения максимальной продуктивности возделываемой сельскохозяйственной культуры.

Согласно методике, предложенной профессором Лопыревым М.И., агроландшафты можно разделить на 5 основных типов. Для каждого из типов имеются собственные рекомендации по возделываемым сельскохозяйственным культурам. Таким образом, была разработана нейронная сеть, которая с достаточной достоверностью определяла тип агроландшафта конкретного участка, и на основе этого типа сельхозтоваропроизводитель с помощью модуля рекомендательного сервиса имел возможность выбрать оптимальные культуры для выращивания. Для обучения разработанной нами модели, использовались стандартные библиотеки, такие как NumPy, Matplotlib, OpenCV, Tensorflow и ряд других.

Данный механизм преобразует решение, представленное системой, в формат обозначенный протоколом обмена сообщениями. Рассмотрим типовые входные данные и результат, отправленный сервисом (рисунки 1, 2):

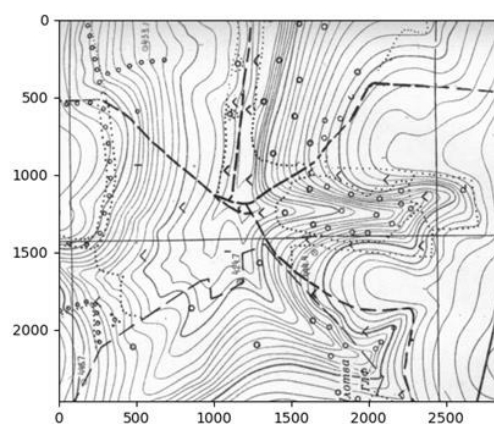


Рисунок 1. Изображение, отправленное пользователем

Figure 1. User Submitted Image

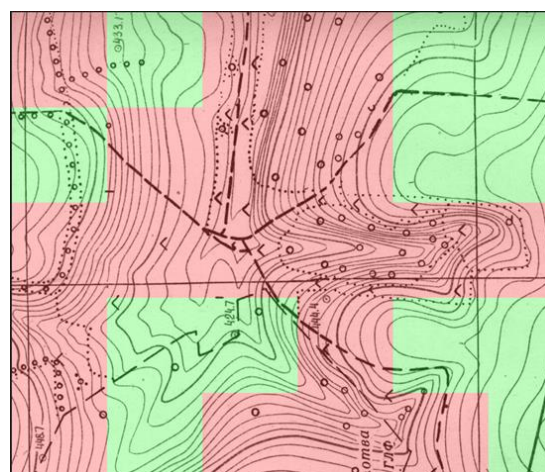


Рисунок 2. Итоговое изображение

Figure 2. Final image

На данном изображении обозначенные области отмечены цветами: зеленый – это тип агроландшафта в общей классификации типов представленный I и II типами, красный – тип агроландшафта представленный III, IV и V типом.

Заключение

В результате выполнения работы была разработана информационная система с интегрированным модулем распознавания типа агроландшафта и на его основе рекомендаций по подбору оптимального вида и структуры севооборота. Данное программное решение позволяет повысить продуктивность сельскохозяйственных угодий, что способствует увеличению урожайности культур и, в конечном счете, отвечает стратегической задаче обеспечения продовольственной безопасности государства. Очевидно, что для дальнейшей работы с предложенным продуктом не предъявляется специализированных требований к квалификации персонала, а даже

может быть использовано рядовыми работниками как крупных агрохолдингов, представителями органов муниципальной и государственной власти в области агропромышленного сектора, так и сотрудниками небольших хозяйств за счет простоты и интуитивно понятного интерфейса.

Благодарности

Статья публикуется при грантовой поддержке Федерального агентства по делам молодёжи (Росмолодёжь) Соглашение № 091–10–2023–069 от 23.05.2023 г. проект «Наука рядом».

Литература

- 1 Husemann C., Novković N. Farm management information systems: A case study on a German multinational farm // *Economics of Agriculture*. 2014. № 61(2). P. 441–453. doi:10.5937/ekoPolj1402441H
- 2 Köksal Ö., Tekinerdogan B. Architecture design approach for IoT-based farm management information systems // *Precision Agriculture*. 2019. № 20(1). P. 926–958. doi: 10.1007/11119–018–09624–8
- 3 Linkina A., Nedicova E. Ways to preserve soil fertility based on agrolandscape // *Agrofor*. 2016. V. 1. № 2. P. 112–118.
- 4 Борисевич М.Н. Применение информационных технологий в сельском хозяйстве (для оценки урожайности культур) // Развитие современных систем земледелия и животноводства, обеспечивающих экологическую безопасность окружающей среды: материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 110-летию Пермского НИИСХ. 2023. С. 16–24.
- 5 Зорин Л.Б., Забурдяев А.В. Применение анализа больших данных в пищевой промышленности // Интеллектуальные автоматизированные управляющие системы в биотехнологических процессах. сборник докладов всероссийской научно-практической конференции. 2023. С. 156–161.
- 6 Кирюшин В.И. Задачи оптимизации землепользования в России // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2023. № 116. С. 5–25.
- 7 Лопырев М.И., Линкина А.В. Модернизация систем земледелия на эколого-ландшафтной основе // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2012. № 3 (34). С. 49–56.
- 8 Оксюта О.В., Кушева И.С., Соколов А.А. Задачи и методы машинного обучения // Новые аспекты моделирования систем и процессов: материалы Международной научно-практической конференции. 2023. С. 115–123.
- 9 Ренгартен Г.А., Коробицын С.Л. Инновационные технологии в земледелии // Инновационное развитие агропромышленного комплекса как фактор конкурентоспособности: проблемы, тенденции, перспективы. 2020. С. 53–63.
- 10 Якушев В.П., Якушев В.В., Блохина С.Ю., Блохин Ю.И. и др. Информационное обеспечение современных систем земледелия в России // Вестник Российской академии наук. 2021. Т. 91. № 8. С. 755–768.
- 11 Sharapova N.V., Sharapova V.M., Sharapov Y.V. Application of information technologies in agriculture. 2021.
- 12 Dudin M.N., Pavlova K.P., Frolova E.E., Samusenko T.M. et al. Information technologies as an incentive for Russian agriculture // *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2018. V. 18. №. 1. P. 143–152.
- 13 Zolkin A.L., Matvienko E.V., Bityutskiy A.S., Shamina, S.V. et al. Introduction of advanced information technologies in agriculture // *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, 2023. V. 419. P. 03002. doi: 10.1051/e3sconf/202341903002
- 14 Gulyamov S., Saidov M.A., Rasulova M. Digitalization of agriculture in the republic of Uzbekistan // *Theoretical & Applied Science*. 2020. №. 6. P. 742–747.
- 15 Vorotnikov I.L., Ukolova N.V., Monakhov S.V., Shikhanova J.A. et al. Economic aspects of the development of the "Digital agriculture" system // *Scientific papers. Series: management, economic engineering and rural development*. 2020. V. 20. №. 1. P. 633–638.
- 16 Amirova E.F., Gavriyeva N.K., Grigoriev A.V., Sorgutov I.V. Digitalization in agriculture: problems of implementation // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021. V. 13. №. 6. P. 144–155.
- 17 Buklagin D.S. Digital technologies in agricultural management // *International Research Journal*. 2021. V. 2021. №. 2104.
- 18 Akmarov P., Gorbyshina N., Kniazeva O. Special aspects of digital transformation in agriculture sector of economy // *International Scientific and Practical Conference "Digital agriculture-development strategy" (ISPC 2019)*. Atlantis Press, 2019. P. 22–26. doi: 10.2991/ispc-19.2019.6
- 19 Kirillova O.V., Sadreeva A.F., Mukhametshina F.A., Samysheva E.Y. Priority directions for the development of the agrarian economy in the context of the digitalization of the agro-industrial complex // *BIO Web of Conferences*. 2021. V. 37. P. 00084.
- 20 Inshakova A.O., Ryzhenkov A.Y., Pon'ka V.F., Davudov D.A. Current Issues of Agriculture Digitalization in the Russian Federation // *New Technology for Inclusive and Sustainable Growth: Technological Support, Standards and Commercial Turnover*. Singapore: Springer Singapore, 2022. P. 125–135. doi: 10.1007/978-981-16-9808-8_14

References

- 1 Husemann C., Novković N. Farm management information systems: A case study on a German multinational farm. *Economics of Agriculture*. 2014. no. 61(2). pp. 441–453. doi:10.5937/ekoPolj1402441H
- 2 Köksal Ö., Tekinerdogan B. Architecture design approach for IoT-based farm management information systems. *Precision Agriculture*. 2019. no. 20(1). pp. 926–958. doi: 10.1007/11119–018–09624–8
- 3 Linkina A., Nedicova E. Ways to preserve soil fertility based on agrolandscape. *Agrofor*. 2016. vol. 1. no. 2. pp. 112–118.
- 4 Borisevich M.N. Application of information technologies in agriculture (for assessing crop yields). Development of modern farming and livestock systems that ensure environmental safety of the environment: materials of the All-Russian scientific conference with international participation, dedicated to the 110th anniversary of the Perm Research Institute of Agriculture. 2023. pp. 16–24. (in Russian).

- 5 Zorin L.B., Zaburdyayev A.V. Application of big data analysis in the food industry. Intelligent automated control systems in biotechnological processes. collection of reports of the All-Russian scientific and practical conference. 2023. pp. 156–161. (in Russian).
- 6 Kiryushin V.I. Problems of optimization of land use in Russia. Bulletin of the Soil Institute named after. V.V. Dokuchaeva. 2023. no. 116. pp. 5–25. (in Russian).
- 7 Lopyrev M.I., Linkina A.V. Modernization of farming systems on an ecological-landscape basis. Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. 2012. no. 3 (34). pp. 49–56. (in Russian).
- 8 Oksyuta O.V., Kushcheva I.S., Sokolov A.A. Tasks and methods of machine learning. New aspects of modeling systems and processes: materials of the International scientific and practical conference. 2023. pp. 115–123. (in Russian).
- 9 Rengarten G.A., Korobitsyn S.L. Innovative technologies in agriculture. Innovative development of the agro-industrial complex as a factor of competitiveness: problems, trends, prospects. 2020. pp. 53–63. (in Russian).
- 10 Yakushev V.P., Yakushev V.V., Blokhina S.Yu., Blokhin Yu.I. et al. Information support of modern agricultural systems in Russia. Bulletin of the Russian Academy of Sciences. 2021. vol. 91. no. 8. pp. 755–768. (in Russian).
- 11 Sharapova N.V., Sharapova V.M., Sharapov Y.V. Application of information technologies in agriculture. 2021.
- 12 Dudin M.N., Pavlova K.P., Frolova E.E., Samusenko T.M. et al. Information technologies as an incentive for Russian agriculture. Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development. 2018. vol. 18. no. 1. pp. 143–152.
- 13 Zolkin A.L., Matvienko E.V., Bityutskiy A.S., Shamina, S.V. et al. Introduction of advanced information technologies in agriculture. E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2023. vol. 419. pp. 03002. doi: 10.1051/e3sconf/202341903002
- 14 Gulyamov S., Saidov M.A., Rasulova M. Digitalization of agriculture in the republic of Uzbekistan. Theoretical & Applied Science. 2020. no. 6. pp. 742–747.
- 15 Vorotnikov I.L., Ukolova N.V., Monakhov S.V., Shikhanova J.A. et al. Economic aspects of the development of the "Digital agriculture" system. Scientific papers. Series: management, economic engineering and rural development. 2020. vol. 20. no. 1. pp. 633–638.
- 16 Amirova E.F., Gavril'yeva N.K., Grigoriev A.V., Sorgutov I.V. Digitalization in agriculture: problems of implementation. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. vol. 13. no. 6. pp. 144–155.
- 17 Buklagin D.S. Digital technologies in agricultural management. International Research Journal. 2021. vol. 2021. no. 2104.
- 18 Akmarov P., Gorbyshina N., Kniazeva O. Special aspects of digital transformation in agriculture sector of economy. International Scientific and Practical Conference "Digital agriculture-development strategy" (ISPC 2019). Atlantis Press, 2019. pp. 22–26. doi: 10.2991/ispc-19.2019.6
- 19 Kirillova O.V., Sadreeva A.F., Mukhametshina F.A., Samysheva E.Y. Priority directions for the development of the agrarian economy in the context of the digitalization of the agro-industrial complex. BIO Web of Conferences. 2021. vol. 37. pp. 00084.
- 20 Inshakova A.O., Ryzhenkov A.Y., Pon'ka V.F., Davudov D.A. Current Issues of Agriculture Digitalization in the Russian Federation. New Technology for Inclusive and Sustainable Growth: Technological Support, Standards and Commercial Turnover. Singapore: Springer Singapore, 2022. pp. 125–135. doi: 10.1007/978-981-16-9808-8_14

Сведения об авторах

Анна В. Ликина помощник ректора по науке, старший преподаватель, Воронежский институт высоких технологий, ул. Ленина, 73а, г. Воронеж, 394043, Россия, anna_linkina@rambler.ru
 <https://orcid.org/0000-002-8429-1292>

Вклад авторов

Анна В. Ликина выполнение исследования по теме работы, построение моделей информационной системы, несет ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Anna V. Linkina rector assistant, senior lecturer, Voronezh Institute of High Technologies, Lenina str., 73a Voronezh, 394043, Russia, anna_linkina@rambler.ru
 <https://orcid.org/0000-002-8429-1292>

Contribution

Anna V. Linkina performing research on the topic of work, building information system models, being responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 10/10/2023	После редакции 03/11/2023	Принята в печать 20/11/2023
Received 10/10/2023	Accepted in revised 03/11/2023	Accepted 20/11/2023