

Применение спутниковых навигационных технологий и БАС в интересах управления агропромышленным комплексом

Анна В. Линкина¹ anna_linkina@rambler.ru  0000-002-8429-1292Евгений И. Осипов¹ osipovevg@bk.ru

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

Аннотация. В статье исследуется вопрос развития отечественного земледелия на основе цифровых решений, таких как навигационные технологии на базе спутниковых систем, обработки данных дистанционного зондирования, применения экспертных и систем поддержки принятия решения, машинного обучения, в том числе распознавания образов и компьютерного зрения, анализа больших данных и предиктивной аналитики. В рамках исследования авторами проводился метаанализ данных применения спутниковых навигационных технологий и беспилотных авиационных систем на основе мирового опыта за ретроспективный период с 2000 по 2023 годы. Приведена оценка экономического эффекта при использовании данного подхода и проанализировано, что продуктивность сельскохозяйственных угодий может быть увеличена на 63-68% при использовании рассматриваемых технологий. Проведен сравнительный анализ уровня внедрения точного земледелия в Российской Федерации и ряде зарубежных стран в разрезе по регионам. Установлено, что несмотря на имеющиеся технологии глобальной спутниковой навигационной системы, доля его относительно низкая. Представлены данные, показывающие количество хозяйств в разрезе субъектов Российской Федерации и площади, обрабатываемой посредством систем точного земледелия и потенциал их расширения. Структурированы основные системы наведения и глобальные системы позиционирования по применению в различных странах, среди которых основными являются отечественная ГЛОНАСС и зарубежные GPS (США), Galileo (Европа), BeiDou COMPAS (Китай), IRNSS (Индия) и ряд других. Классифицированы в соответствии с полученным перечнем возможности применения указанных навигационных систем в агропромышленном комплексе, такие как картирование полей, учет данных дистанционного зондирования, мониторинг урожайности и состояний посевов и т.д. В соответствии со сферой применения сопоставлены технологии/компоненты, применяемые на основе указанных технологий.

Ключевые слова: спутниковые системы, агропромышленный комплекс, беспилотные летательные аппараты, геоинформационные системы, дистанционное зондирование, пространственные данные, координатное земледелие, оптические индексы.

Application of satellite navigation technologies and BAS in the interests of agro-industrial complex management

Anna V. Linkina¹ anna_linkina@rambler.ru  0000-002-8429-1292Evgeny I. Osipov¹ osipovevg@bk.ru

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

Abstract. The article explores the development of domestic agriculture based on digital solutions, such as navigation technologies based on satellite systems, remote sensing data processing, the use of expert systems and decision support systems, machine learning, including pattern recognition and computer vision, big data analysis and predictive analytics. As part of the study, the authors conducted a meta-analysis of the application of satellite navigation technologies and unmanned aerial systems based on global experience over the retrospective period from 2000 to 2023. An assessment of the economic effect of using this approach is given and it is analyzed that the productivity of agricultural land can be increased by 63-68% using the technologies in question. A comparative analysis of the level of implementation of precision farming in the Russian Federation and a number of foreign countries is carried out by regions. It has been established that, despite the existing technologies of the global satellite navigation system, its share is relatively low. Data are presented showing the number of farms in the context of subjects of the Russian Federation and the area cultivated using precision farming systems and the potential for their expansion. The main guidance systems are structured.

Keywords: satellite systems, agro-industrial complex, unmanned aerial vehicles, geoinformation systems, remote sensing, spatial data, coordinate farming, optical indices.

Введение

В последние годы наблюдается активное внедрение информационных технологий в агропромышленный комплекс. Несмотря на то, что данная отрасль несколько отстает от ряда других направлений экономики в плане внедрения инструментов цифровизации (например, от финтех-

сектора), тем не менее можно отметить значительное развитие применения инновационных решений, основанных на использовании вычислительной техники и систем поддержки принятия решений. Активно внедряются элементы машинного обучения, аналитики данных, в том

Для цитирования

Линкина А.В., Осипов Е.И. Применение спутниковых навигационных технологий и БАС в интересах управления агропромышленным комплексом // Вестник ВГУИТ. 2023. Т. 85. № 4. С. 122–127. doi:10.20914/2310-1202-2023-4-122-127

For citation

Linkina A.V., Osipov E.I. Application of satellite navigation technologies and BAS in the interests of agro-industrial complex management. Vestnik VGUET [Proceedings of VSUET]. 2023. vol. 85. no. 4. pp. 122–127. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2023-4-122-127

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

числе с геопространственной привязкой, дифференцированное и координатное земледелие и др.

Прогрессивные технологии, успешно применяемые мировыми сельхозтоваропроизводителями, создают высокую конкуренцию отечественному агропромышленному рынку. Именно поэтому проблема необходимости реформирования данной отрасли в Российской Федерации, обеспечение продовольственного суверенитета становится крайне актуальной.

Значительное влияние на расширение применение цифрового инструментария в АПК оказала федеральная программа «Развитие цифровой экономики Российской Федерации», а также ряд ведомственных подпрограмм, например, такие как ведомственная программа министерства сельского хозяйства РФ «Цифровое сельское хозяйство». Общий объем финансирования мероприятий 4 193,8 млрд рублей за период 2018–2023 гг. Такие данные свидетельствуют о высокой востребованности со стороны государства формирования новой парадигмы отечественного сельского хозяйства, основанной на современных высокотехнологичных решениях. Очевидно, что создание цифровой инфраструктуры, обеспечение материально-техническими и кадровыми ресурсами, а также использование богатейшего потенциала земельных ресурсов нашей страны способствует технологическому росту агропромышленного сектора, формирует привлекательный инвестиционный потенциал для малого и крупного бизнеса, но и выполняют важнейшую задачу обеспечения продовольственной безопасности государства.

Одним из направлений цифрового инструментария становится развитие точного земледелия, объединяющего в себе навигационные технологии на базе спутниковых систем, обработку данных дистанционного зондирования, применение экспертных и систем поддержки принятия решения, машинное обучение, в том числе распознавание образов и компьютерное зрение, анализ больших данных и предиктивную аналитику. Большую роль в развитии новой парадигмы землеустройства играет и рынок беспилотных авиационных систем, несмотря на ряд трудностей, с которыми столкнулась данная отрасль в связи с современными внешнеполитическими вызовами.

Развитие глобальной навигационной спутниковой системы, средств связи, инфраструктуры и компьютерных решений позволяют перейти в координатном земледелии к учету не только всей площади поля, но и к отдельным

агрофациям, характеризующимися едиными микроклиматическими, почвенными условиями, рельефом и др., что позволяет оптимизировать ресурсы и применять на конкретном участке строго определенные и обоснованные агротехнологические приемы выращивания и обработки конкретной сельскохозяйственной культуры. Такой подход позволяет значительно экономить ресурсы, однако способен повышать продуктивность сельскохозяйственных угодий вплоть до 63–68 %, а что более важно с точки зрения экосистемного подхода – обеспечивать сохранение и восстановление плодородия почв, минимизации влияния на биогеоценозы и повышению устойчивости агроландшафта в целом.

Материалы и методы

В рамках исследования авторами проводился метаанализ данных применения спутниковых навигационных технологий и беспилотных авиационных систем на основе мирового опыта за ретроспективный период с 2000 по 2023 годы (таблица 1). В данный период применялись технологии второго поколения радионавигационных систем (в частности, Block III в NAVSTAR GPS и Ураган-М / Ураган-К в спутниках системы ГЛОНАСС), основанные на получении высокоточных показателей в условиях повышенной помехозащищенности, обусловленных непрерывностью и сочетанием пространственных и темпоральных характеристик (пространственные координаты – высота, широта, долгота в произвольный момент времени). Полученные результаты были сопоставлены с мировым опытом применения подобных систем.

На основе спутниковых снимков высокого разрешения с учетом различных индексов вегетационной активности (таких как NDVI, EVI, GNDVI, CVI, True color и ряд других) исследователями определялись состояние почвы, косвенно указывающий на качественный гранулометрический состав, наличие сорной растительности и вредителей сельскохозяйственных культур, а также отслеживалась динамика состояния посевных культур. Это способствует получению значительного массива детальных изображений сельскохозяйственных участков, что позволяет осуществлять оптимизацию системы управления системами земледелия и обуславливает повышение эффективности продуктивности угодий.

Результаты и обсуждение

Нами были получены следующие результаты, представленные в сводном виде.

Таблица 1.

Метаанализ данных применения спутниковых навигационных технологий и беспилотных авиационных систем на основе мирового опыта
за ретроспективный период с 2000 по 2023 годы

Table 1.
Meta-analysis of data on the use of satellite navigation technologies and unmanned aircraft systems based on global experience
for the retrospective period from 2000 to 2023

Регион Region	Система наведения Guidance system	Глобальная система позиционирования (GPS) / Глобальная спутниковая навигационная система (GNSS) Global Positioning System (GPS) / Global Navigation Satellite System (GNSS)	Сфера применения Scope of application	Технология / Компонент Technology / Component	Доля рынка от общего объема отрасли, % Market share of total industry volume, %
Китай China	BeiDou (COMPAS)	BDS COMPASS	Дистанционное зондирование; Технология переменной скорости Дроны и БПЛА; другие технологии Remote sensing; Variable speed technology Drones and UAVs; other technologies	ДДЗ, удобрение с переменной нормой; переменная норма посева; пестицид переменной нормы; мониторинг урожайности, управление запасами VRS, variable rate fertiliser; variable rate seeding; variable rate pesticide; yield monitoring, stockpile management	34
Япония Japan	MSAS / QZSS	QZSS	Дистанционное зондирование Remote sensing	Мониторинг почвы, разведка урожая, сопоставление полей Soil monitoring, crop reconnaissance, field matching	30
Индия India	IRNSS / GAGAN	IRNSS		ДДЗ, мониторинг почвы, разведка урожая, сопоставление полей Soil monitoring, soil monitoring, crop reconnaissance, field matching	14
Австралия Australia	SBAS	GPS	Дистанционное зондирование; Технология переменной скорости; Дроны и БПЛА; другие технологии Remote sensing; Variable speed technology Drones and UAVs; other technologies	ДДЗ, мониторинг почвы, разведка урожая, сопоставление полей, переменная норма посева; пестицид переменной нормы; мониторинг урожайности; управление запасами, системы оптимизации управления сектора SRS, soil monitoring, crop reconnaissance, field comparison, variable rate seeding; variable rate pesticide; yield monitoring; stockpile management, sector management optimisation systems	42
США USA	GPS NAVSTAR / WAAS	WAAS / GPS			80
Канада Canada	CDGPS	GPS	Дистанционное зондирование; другие технологии Remote sensing; other technologies	ДДЗ, мониторинг почвы, разведка урожая, сопоставление полей, переменная норма посева; пестицид переменной нормы; мониторинг урожайности; управление запасами, системы оптимизации управления сектора SRS, soil monitoring, crop reconnaissance, field comparison, variable rate seeding; variable rate pesticide; yield monitoring; stockpile management, sector management optimisation systems	44
Германия Germany	DGPS	TEN GALILEO	Дистанционное зондирование; Технология переменной скорости; другие технологии Remote sensing; Variable speed technology; other technologies		60
Регион Region	DORIS	TEN GALILEO	Дистанционное зондирование Remote sensing		38
Китай China	EGNOS (только европейская территория РФ) / СДКМ + коммерческие Omnistar VBS / RTCM / RTK	ГЛОНАСС / GPS	Дистанционное зондирование; Технология переменной скорости; Дроны и БПЛА; другие технологии Remote sensing; Variable speed technology Drones and UAVs; other technologies		10
Япония Japan	UK SBAS	TEN GALILEO	Дистанционное зондирование	ДДЗ, мониторинг почвы, разведка урожая VRS, soil monitoring, crop reconnaissance	46
Индия India	EGNOS / Galileo	TEN GALILEO			37
Австралия Australia	SACCSA	GPS			7
США USA	AFI	GPS			3

Анализ приведенных в таблице данных показывает, что несмотря на тот факт, что в России, наряду с США, Китаем, Индией и рядом государств Европы, являющихся одной из немногих стран, разработавших и успешно применяющих собственную спутниковую навигационную систему, доля точного земледелия является относительно низкой. Это обусловлено рядом социально-экономических факторов (таких как недостаточный уровень финансирования и инвестиций в инновационную технологическую базу в отрасли агропромышленного сектора, низкий процент квалифицированных специалистов, владеющих базовой подготовкой прецизионного земледелия, отсутствие полной укомплектованности современным механизированным и программным оборудованием для массового перехода к Smart Agriculture- «умному» сельскому хозяйству» и др.).

Вместе с тем действует упоминаемая нами ранее национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», благодаря которой наблюдается активизация процессов цифровой трансформации в отрасли сельского хозяйства. Благодаря этому в последние годы наблюдается увеличение доли агропромышленных предприятий различных форм собственности и размеров, внедряющих у себя как элементы точного земледелия, в основе которого лежит применение спутниковых навигационных систем и программного обеспечения, позволяющего различным образом применять полученные данные и использовать их в интересах управления сектором и оптимизации.

В таблице 2 представлены данные, показывающие количество хозяйств в разрезе субъектов Российской Федерации и площади, обрабатываемой посредством систем точного земледелия.

Таблица 2.

Использование элементов точного земледелия (по количеству хозяйств и посевной площади) по состоянию на 2020 г.

Table 2.

Using precision farming elements (by number of farms and sown area) as of 2020

Субъект Subject	Количество хозяйств, шт. Number of farms, pcs.	Доля посевных площадей, га Share of sown areas, ha
Липецкая область Lipetsk region	812	367
Орловская область Orel region	108	365
Самарская область Samara region	75	354
Курганская область Kurgan region	55	387
Воронежская область Voronezh region	54	336
Тюменская область Tyumen region	54	241
Нижегородская область Nizhny Novgorod region	50	158
Красноярский край Krasnoyarsk region	44	124
Красноярский край Krasnoyarsk region	42	300
Тамбовская область Tambov region	41	315
Томская область Tomsk region	37	177
Краснодарский край Krasnodar region	32	
Оренбургская область Orenburg region	31	218
Томская область Tomsk region	31	124
Республика Крым Republic of Crimea	30	98
Ленинградская область Leningrad Region	24	31
Тульская область Tula region	23	143
Республика Republic	21	192
Башкортостан Bashkortostan	17	94
Калининградская область Kaliningrad region	15	72
Пермский край Perm region	15	35
Рязанская область Ryazan region	13	71
Курская область Kursk region	12	110
Амурская область Amur region	7	10
Республика Адыгея Republic of Adygea	6	101
Волгоградская область Volgograd Oblast	6	15
Ивановская область Ivanovo Region	5	6
Костромская область Kostroma region	4	13
Смоленская область Smolensk Oblast	3	35
Республика Коми Komi Republic	3	15

Анализ приведенных значений свидетельствует, что среди субъектов Российской Федерации, активно применяющих в агропромышленном секторе технологии спутниковой съемки, по числу хозяйств являются Липецкая, Орловская и Самарская области, а по площади обрабатываемых сельхозугодий – Курганская, Орловская, Липецкая области. Однако, аналитики

приводят данные, свидетельствующие о более высоком потенциале роста рынка данных технологий.

Вместе с тем, в условиях санкционного давления и импортозамещения, аналитики отмечают замедление роста данного сегмента рынка. При этом отмечается, что по сравнению с другими направлениями экономики, он все равно пострадает меньше из-за низкого проникновения IT-решений мировых корпораций в данный сектор.

Тем не менее крупные агрохолдинги развивают точное земледелие, а такие комплексные системы управления посевами основаны на использовании данных в том числе американской системы глобального позиционирования GPS, а также платформы GPS-мониторинга IoT Wialon. Отключение GPS и уход из России IoT Wialon негативно скажутся на этом направлении. Именно поэтому перспективными являются разработки, основанные на системе ГЛОНАСС.

Заключение

В заключение отметим усиление роли спутниковых навигационных технологий и беспилотных авиасистем в интересах управления агропромышленным комплексом как на мировом

рынке, так и в России. Очевидно, что рассмотренные нами технологии позволяют эффективно решать задачи мониторинга земель, прогнозирования состояния сельскохозяйственных угодий, способствуют возможности повышения продуктивности возделываемых культур. Таким образом, использование данных технологий является важным инструментом для оптимизации управления агропромышленным комплексом и обеспечения его устойчивого развития.

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 Chatre E., Benedicto J. 2019 – Galileo Programme Update // Proceedings of the 32nd international technical meeting of the satellite division of the institute of navigation (ION GNSS+2019). 2019. P. 650–698.
- 2 Fernández G., Pericacho J.G., Martínez A., Janicki K. et al. End to end on-line ARAIM real-time experimentation and demonstration with magicARAIM Suite // Proceedings of the 32nd international technical meeting of the satellite division of the institute of navigation (ION GNSS+2019). 2019. P. 2796–2818. doi: 10.33012/2019.16921
- 3 Lavrakas J.W. GNSS Performance Standards: How are They Holding Up? // Proceedings of the 33rd International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2020). 2020. P. 1261–1267.
- 4 Shannon D., Clay D.E., Sudduth K.A. An Introduction to Precision Agriculture // Precision Agriculture Basics. 2018. P. 1–12.
- 5 Абрамов Н.В., Семизоров С.А., Григорьев В.В., Колесников А.В. Результаты практического использования спутниковых навигационных систем в инновационных технологиях АПК // Современные научно-практические решения в АПК: сборник статей всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 567–572.
- 6 Дедова М.С., Кириченко А.А., Колточихин Н.Н. Спутниковые системы мониторинга в агропромышленном комплексе для тракторов различных марок // Информационные технологии, системы и приборы в АПК. АГРОИНФО-2021: материалы 8-й Международной научно-практической конференции; под ред. В.В. Альта. 2021. С. 248–251.
- 7 Линкина А.В. Математические методы и модели для решения прикладных задач обеспечения геоинформационных систем // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности: сборник научных статей по итогам пятой международной научной конференции. 2020. С. 234–236.
- 8 Линкина А.В., Богданчиков И.Ю. Информационное обеспечение цифровых технологий в агропромышленном комплексе // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2021. № 2 (37). С. 25–27.
- 9 Торилов В.Е., Погонишев В.А., Погонишева Д.А., Дорных Г.Е. Состояние цифровой трансформации сельского хозяйства // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 9. С. 6–13.
- 10 Череватова Т.Ф. Информационные потребности в системе управления развитием хозяйствующих субъектов АПК // Доклады ТСХА. Международная научная конференция, посвященная 175-летию К.А. Тимирязева. 2019. С. 287–292.
- 11 Шушпанников В.Е., Дзю Е.Л. Применение технологий точного земледелия // Теория и практика современной аграрной науки: сборник VI национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием. 2023. С. 610–613.
- 12 Denisova E., Silova V. Need for application of remote sensing technologies for development of agro-industrial complex // E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2021. V. 285. P. 01005. doi: 10.1051/e3sconf/202128501005
- 13 Matvienko E.V., Zolkin A.L., Suchkov D.K., Shichkin I.A. et al. Applying of smart, robotic systems and big data processing in agro-industrial complex // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2022. V. 981. №. 3. P. 032002. doi: 10.1088/1755-1315/981/3/032002
- 14 Agost L., Estrabou C., Aiassa D. Use of satellite indicators to monitor the proximity of agro-industrial crops to urban and rural educational establishments over large areas // Landscape and Urban Planning. 2022. V. 219. P. 104318.
- 15 Kovalev I.L. Implementation of information and communication technologies based on satellite navigation systems in the agricultural and industrial complex of Belarus: problems and prospects // Resources and Technology. 2017. V. 14. №. 2. P. 12–25.
- 16 Gorlov I.F., Fedotova G.V., Glushchenko A.V., Slozhenkina M.I. et al. Digital technologies in the development of the agro-industrial complex // Digital Economy: Complexity and Variety vs. Rationality 9. Springer International Publishing, 2020. P. 220–229. doi: 10.1007/978-3-030-29586-8_26
- 17 Panasyuk M.V., Safiollin F.N., Sultanov V.A., Sabirzyanov A.M. Geoinformation system for monitoring and assessment of agricultural lands condition // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 579. №. 1. P. 012147. doi: 10.1088/1755-1315/579/1/012147
- 18 Agost L., Velázquez G.A. Crop proximity index for monitoring of peri-urban land use in agro-industrial crop regions // Heliyon. 2020. V. 6. №. 7.
- 19 Kogteva A., Kulik A., Gerasimova N., Shevtsova N. Peculiarities of Digitalization of the Agro-industrial Complex of Belgorod Region as a Spatial Socio-Economic System // 3rd International Conference Spatial Development of Territories (SDT 2020). Atlantis Press, 2021. P. 233–238. doi: 10.2991/aebmr.k.210710.039
- 20 Belov A.M., Vorobiova N.S., Denisova A.Y., Kuznetsov A.V. et al. Application of gis technologies and space monitoring in management of samara region agro-industrial complex // The Editorial board Chair. 2013. P. 521.

References

- 1 Chatre E., Benedicto J. 2019 – Galileo Programme Update. Proceedings of the 32nd international technical meeting of the satellite division of the institute of navigation (ION GNSS+2019). 2019. pp. 650–698.
- 2 Fernández G., Pericacho J.G., Martínez A., Janicki K. et al. End to end on-line ARAIM real-time experimentation and demonstration with magicARAIM Suite. Proceedings of the 32nd international technical meeting of the satellite division of the institute of navigation (ION GNSS+2019). 2019. pp. 2796–2818. doi: 10.33012/2019.16921
- 3 Lavrakas J.W. GNSS Performance Standards: How are They Holding Up? Proceedings of the 33rd International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2020). 2020. pp. 1261-1267.
- 4 Shannon D., Clay D.E., Sudduth K.A. An Introduction to Precision Agriculture. Precision Agriculture Basics. 2018. pp. 1–12.
- 5 Abramov N.V., Semizorov S.A., Grigoriev V.V., Kolesnikov A.V. Results of the practical use of satellite navigation systems in innovative technologies of the agro-industrial complex. Modern scientific and practical solutions in the agro-industrial complex: collection of articles of the All-Russian scientific and practical conference. 2017. pp. 567–572. (in Russian).
- 6 Dedova M.S., Kirichenko A.A., Koltchikhin N.N. Satellite monitoring systems in the agricultural sector for tractors of various brands. Information technologies, systems and devices in the agro-industrial complex. AGROINFO 2021: materials of the 8th International Scientific and Practical Conference; edited by V.V. Alta. 2021, pp. 248–251. (in Russian).
- 7 Linkina A.V. Mathematical methods and models for solving applied problems of providing geographic information systems. Priority directions of innovative activity in industry: a collection of scientific articles based on the results of the fifth international scientific conference. 2020. pp. 234–236. (in Russian).
- 8 Linkina A.V., Bogdanchikov I.Yu. Information support of digital technologies in the agricultural sector. Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies. 2021. no. 2 (37). pp. 25–27. (in Russian).
- 9 Torikov V.E., Pogonyshchev V.A., Pogonyshcheva D.A., Dornikh G.E. State of digital transformation of agriculture. Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2020. no. 9. pp. 6–13. (in Russian).
- 10 Cherevatova T.F. Information needs in the management system for the development of economic entities of the agro-industrial complex. Reports of the TSHA. International scientific conference dedicated to the 175th anniversary of K.A. Timiryazev. 2019. pp. 287–292. (in Russian).
- 11 Shushpannikov V.E., Dzyu E.L. Application of precision farming technologies. Theory and practice of modern agricultural science: collection of the VI national (all-Russian) scientific conference with international participation. 2023. pp. 610–613. (in Russian).
- 12 Denisova E., Silova V. Need for application of remote sensing technologies for development of agro-industrial complex. E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2021. vol. 285. pp. 01005. doi: 10.1051/e3sconf/202128501005
- 13 Matvienko E.V., Zolkin A.L., Suchkov D.K., Shichkin I.A. et al. Applying of smart, robotic systems and big data processing in agro-industrial complex. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2022. vol. 981. no. 3. pp. 032002. doi: 10.1088/1755-1315/981/3/032002
- 14 Agost L., Estrabou C., Alassa D. Use of satellite indicators to monitor the proximity of agro-industrial crops to urban and rural educational establishments over large areas. Landscape and Urban Planning. 2022. vol. 219. pp. 104318.
- 15 Kovalev I.L. Implementation of information and communication technologies based on satellite navigation systems in the agricultural and industrial complex of Belarus: problems and prospects. Resources and Technology. 2017. vol. 14. no. 2. pp. 12-25.
- 16 Gorlov I.F., Fedotova G.V., Glushchenko A.V., Slozhenkina M.I. et al. Digital technologies in the development of the agro-industrial complex. Digital Economy: Complexity and Variety vs. Rationality 9. Springer International Publishing, 2020. pp. 220-229. doi: 10.1007/978-3-030-29586-8_26
- 17 Panasyuk M.V., Safiollin F.N., Sultanov V.A., Sabirzyanov A.M. Geoinformation system for monitoring and assessment of agricultural lands condition. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. vol. 579. no. 1. pp. 012147. doi: 10.1088/1755-1315/579/1/012147
- 18 Agost L., Velázquez G.A. Crop proximity index for monitoring of peri-urban land use in agro-industrial crop regions. Heliyon. 2020. vol. 6. no. 7.
- 19 Kogteva A., Kulik A., Gerasimova N., Shevtsova N. Peculiarities of Digitalization of the Agro-industrial Complex of Belgorod Region as a Spatial Socio-Economic System. 3rd International Conference Spatial Development of Territories (SDT 2020). Atlantis Press, 2021. pp. 233-238. doi: 10.2991/aebmr.k.210710.039
- 20 Belov A.M., Vorobiova N.S., Denisova A.Y., Kuznetsov A.V. et al. Application of gis technologies and space monitoring in management of samara region agro-industrial complex. The Editorial board Chair. 2013. pp. 521.

Сведения об авторах

Анна В. Линкина 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>

Евгений И. Осипов студент, информатика и вычислительная техника, Воронежский институт высоких технологий, ул. Ленина, 73а, г. Воронеж, 394043, Россия, osipovevg@bk.ru

Вклад авторов

Анна В. Линкина выполнение исследования по теме работы, построение моделей информационной системы, несет ответственность за плагиат
Евгений И. Осипов обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты

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>

Evgeny I. Osipov student, informatics and computer science, Voronezh Institute of High Technologies, , Lenina str., 73a Voronezh, 394043, Russia,, osipovevg@bk.ru

Contribution

Anna V. Linkina performing research on the topic of work, building information system models, being responsible for plagiarism
Evgeny I. Osipov review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 04/10/2023	После редакции 25/10/2023	Принята в печать 12/11/2023
Received 04/10/2023	Accepted in revised 25/10/2023	Accepted 12/11/2023