

УДК 004.418:528.88

DOI: 10.25559/SITITO.14.201804.1028-1034

КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КРУПНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО РЕГИОНА В ИНТЕРЕСАХ ЕГО УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

В.Г. Безбородов¹, И.Ю. Гришин^{2,3}, Р.Р. Тимиргалеева^{2,3}¹ ОАО «Научно-производственная корпорация «РЕКОД», г. Москва, Россия² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия³ Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар, Россия

SPACE MONITORING OF THE LARGEST AGRICULTURAL REGION IN THE INTERESTS OF ITS SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Vyacheslav G. Bezborodov¹, Igor Yu. Grishin^{2,3}, Rena R. Timirgaleeva^{2,3}¹ Research and production corporation «REKOD», Moscow, Russia² Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia³ Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia

© Безбородов В.Г., Гришин И.Ю., Тимиргалеева Р.Р., 2018

Ключевые слова

Цифровая экономика; геоинформационная платформа; мониторинг; сельское хозяйство; дистанционное зондирование земли; регион.

Аннотация

Рассматриваются пути создания и применения технологий комплексного информационного обеспечения и мониторинга крупных сельскохозяйственных территорий, используемых для создания базовых тематически ориентированных средств решения задач управления устойчивым развитием территорий с использованием результатов космической деятельности. Показано, что применение этих технологий позволит при создании набора задач мониторинга с использованием результатов космической деятельности, получивших название «базовые элементы», регламентировать процесс разработки, что позволяет сократить время разработок базовых элементов, создавать на их основе системы космического мониторинга, решающие задачи в разных отраслях экономики. При разработке системы мониторинга предложено использовать отечественную базовую геоинформационную систему КОСМОС, обеспечивая возможность компоновки элементов технологической цепочки мониторинга территорий из готовых технических решений, а в случае отсутствия таковых, создавать новые. Показано, что сельское хозяйство является наиболее перспективной сферой применения данных дистанционного зондирования Земли, в том числе в целях повышения устойчивости территорий к аграрной эксплуатации. Сельскохозяйственные культуры хорошо проявляются на космических снимках, ничем не скрыты, однорядны, хорошо дешифрируются как по текстуре, так и по спектральным характеристикам. Проблема обеспечения устойчивого развития сельскохозяйственной отрасли региона относится к комплексным, которую необходимо решать на основе взаимопроникновения (конвергенции) космических и информационных технологий, технологий управления крупными субъектами хозяйствования, а также методов теории систем и системного анализа. Целью исследования является анализ и разработка предложений по созданию системы космического мониторинга сельскохозяйственных территорий региона Юга России, направленных на обеспечение устойчивого развития данной отрасли хозяйства. Анализ показал, что субъектами Российской Федерации наиболее востребованы технологии формирования, поддержания и использования совокупного регионального информационного ресурса (баз данных и знаний), обладающего следующими свойствами: интеграция с электронными картами и данными системы ГЛОНАСС; структурирование по отраслям экономики, территориям и другим объектам управления; обновление на основе космических снимков и других систем дистанционного зондирования; предоставление любым конечным пользователям – как населению, так и руководителям различного уровня в форме наглядных, доступных и регламентированных услуг. Определена и обоснована структура базовой геоинформационной платформы.

Об авторах:

Безбородов Вячеслав Георгиевич, кандидат военных наук, генеральный директор, ОАО «Научно-производственная корпорация «РЕКОД» (127018, Россия, г. Москва, 3-й проезд Марьиной Рощи, д. 40, стр. 1, корп. 6), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4858-4047>, info@rekod.ru

Гришин Игорь Юрьевич, доктор технических наук, профессор, кафедра программирования, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, д.1); главный научный сотрудник, кафедра информатики и вычислительной техники, Кубанский государственный технологический университет (350042, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5839-1858>, igugri@gmail.com

Тимиргалеева Рена Ринатовна, доктор экономических наук, профессор, кафедра программирования, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, д.1); главный научный сотрудник, кафедра информатики и вычислительной техники, Кубанский государственный технологический университет (350042, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3078-1050>, renatimir@gmail.com



Keywords

Digital economy; geoinformation platform; monitoring; Agriculture; remote sensing of the earth; region.

Abstract

The ways of creation and application of technologies of complex information support and monitoring of large agricultural territories are used to create basic thematically oriented means of solving problems of managing sustainable development of territories using the results of space activities. It is shown that the use of these technologies will allow us to regulate the development process when creating a set of monitoring tasks using the results of space activities, which have been called "basic elements", which allows us to shorten the development time of basic elements, create on their basis space monitoring systems, solving tasks in different sectors economy. When developing the monitoring system, it was proposed to use the domestic base geoinformation system COSMOS, providing the possibility of linking the elements of the technological chain of monitoring of territories from ready technical solutions, and in the absence of such, to create new ones. It is shown that agriculture is the most promising field of application of remote sensing data of the Earth, including in order of increasing the sustainability of territories for agrarian exploitation. Crops are well manifested in space images, are not hidden, and are single-tiered, well-decoded both in texture and spectral characteristics. The problem of ensuring sustainable development of the agricultural sector of the region is complex, which must be solved on the basis of interpenetration of space and information technologies, management technologies of large economic entities, as well as methods of systems theory and systems analysis. The purpose of the study is to analyze and develop proposals for the creation of a space monitoring system for agricultural areas in the South of Russia aimed at ensuring the sustainable development of this sector of the economy. The analysis showed that the subjects of the Russian Federation most in demand technologies for the formation, maintenance and use of the aggregate regional information resource (databases and knowledge), which has the following properties: integration with electronic maps and data of the GLONASS system; structuring by branches of the economy, territories and other management objects; updating on the basis of space images and other remote sensing systems; provision to any end-users - both the population and managers of various levels in the form of visual, accessible and regulated services. The structure of the basic geoinformation platform has been determined and justified.

Введение

Одной из важнейших задач развития экономики Российской Федерации и регионов является развитие ее сельскохозяйственных территорий. Обмен оперативной и достоверной информацией в области управления развитием сельскохозяйственных территорий регионов Юга России явно недостаточен и требует поиска новых эффективных механизмов сотрудничества и координации субъектов хозяйствования в данной сфере.

Обеспечение и сохранение продовольственной безопасности страны происходит за счет устойчивого развития сельскохозяйственной отрасли наиболее крупных и значимых регионов России, к которым относится и Краснодарский край. Отсюда могут быть сформулированы и важнейшие задачи такого развития: постоянный мониторинг состояния земель региона в широком смысле (состояние посевов, контроль влажности, температуры почвы, экологический мониторинг), анализ и прогноз развития изменений состояния почвы, разработка и реализация комплекса мероприятий, направленных на улучшение состояния земель и их плодородия.

Применение данных, полученных на основе дистанционного зондирования поверхности Земли из космоса, как научно-практическое направление возникло достаточно давно – свыше пятидесяти лет назад, и обусловлено значительными масштабами территории страны и отдельных регионов. Например, площадь территории Краснодарского края составляет 75485 км², что затрудняет осуществление мониторинга сельскохозяйственных угодий традиционными средствами. Поэтому наиболее перспективными методами мониторинга в настоящее время являются методы космического мониторинга (дистанционного зондирования) [1].

Учитывая вышеизложенное, отметим, что на сегодняшний день исследование путей повышения эффективности управления развитием сельскохозяйственных территорий регионов Юга России на базе внедрения геоинформационных технологий, основанных на отечественных результатах космической деятельности, интеграции их результатов в практику ресурсо-ориентированного управления развитием сельскохозяйственных регионов Юга России является нерешенной проблемой, что определяет необходимость данного исследования [2, 3].

Сельское хозяйство является наиболее перспективной сферой применения данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), в том числе в целях повышения устойчивости территорий к аграрной эксплуатации. Сельскохозяйственные культуры хорошо проявляются на космических снимках, ничем не скрыты, одноярусны, хорошо дешифрируются как по текстуре, так и по спектральным характеристикам [4].

Необходимо отметить, что проблема обеспечения устойчивого развития сельскохозяйственной отрасли региона относится к комплексным, которую необходимо решать на основе взаимопроникновения (конвергенции) космических и информационных технологий, технологий управления крупными субъектами хозяйствования, а также методов теории систем и системного анализа.

Анализ современного состояния исследований

Детальный анализ ряда источников показал, что проблемы космического мониторинга территорий на основе применения ГИС получили развитие в работах российских и зарубежных специалистов.

Так, в работах [5, 6], рассмотрены вопросы применения ДЗЗ для прогнозирования и минимизации ущерба от засухи. Обыч-



ный мониторинг засухи базируется преимущественно на наземных наблюдательных пунктах, однако спутниковые снимки могут использоваться для преодоления недостатков существующих методов мониторинга и имеют преимущество в наблюдении за большими по площади областями. Оценена применимость мониторинга засухи на основе спутниковых снимков, за периоды времени, которые вызвали серьезные проблемы для сельского хозяйства и гидрологии в Южной Корее. Для оценки применимости и точности индекса засухи были исследованы области воздействия засухи в рассматриваемые годы, а также проведено пространственно-временный сравнительный анализ между расчетным индексом засухи и ранее затронутыми районами. Для мониторинга засухи на основе спутниковых изображений использовались гидрометеорологические факторы, такие как осадки, температура поверхности земли, растительность и эвапотранспирация, а также данные дистанционного зондирования с различных датчиков. Оценена эффективность использования данных об осадках для мониторинга метеорологической засухи, вегетации и данных о температуре поверхности суши для мониторинга засухи в сельских районах и данных по эвапотранспирации для мониторинга гидрологической засухи. Подтверждено, что стандартный индекс осадков можно косвенно применять для мониторинга сельскохозяйственных или гидрологических засух путем определения временной корреляции между ним и индексов засухи на основе информации со спутников (температура поверхности земли, растительность и испарение, а также данные дистанционного зондирования с различных датчиков).

Вопросам контроля состояния водоемов, используемых в сельскохозяйственной деятельности, посвящена работа [7], в которой рассмотрены методы дистанционного зондирования, применяемые для измерения качественных параметров водоемов (взвешенных осадков, цветного растворенного органического вещества, хлорофилла и загрязняющих веществ). В настоящее время большое количество различных датчиков на борту спутников и других платформ, таких как самолеты, используется для измерения интенсивности излучения в различных диапазонах волн, отраженных от поверхности воды. В данной статье для выбора датчиков предложено использовать различные свойства (спектральные, пространственные и временные). В работе исследуются подходы и датчики, применяемые для оценки и количественной оценки одиннадцати параметров качества воды.

Важные вопросы определения количества питательных веществ в почвах рассмотрены авторами из Китая в работе [8]. Отмечено, что быстрое пространственное распределение питательных веществ в почве имеет большое значение для высокой продуктивности почвы в сельском хозяйстве, обеспечения продовольственной безопасности и управления сельским хозяйством. С этой целью были собраны образцы почвы и измерено содержание общего азота, доступного в почве фосфора и доступного калия в Ценчэн, к северу от дельты реки Чжуцзян в Китае. В качестве вспомогательных переменных использовались гиперспектральные изображения дистанционного зондирования китайского экологического спутника 1А, а снижение размерности выполнялось с использованием корреляционного анализа Пирсона и анализа основных компонентов. В результате сравнительного анализа данных, полученных прямым исследованием почвы и дистанционного зондирования, сделан вывод, что применение гиперспектральных изображений (данные с видимой и

ближней инфракрасной области) с использованием разработанной модели оказалось эффективным методом картирования и мониторинга питательных веществ почв в региональном масштабе.

В работе отечественных авторов [9] рассмотрены вопросы идентификации и распознавания сельскохозяйственных культур. Предложен метод сегментации данных временных рядов дистанционного зондирования, который использует многовременную информацию для определения границ объектов. Извлекаемая однородные объекты с аналогичным поведением во времени, метод анализирует большие объемы многовременных входных данных и создает последовательный сегмент сегментации для больших территорий. Логика построения сегмента упрощается для снижения времени вычисления, в то время как точность идентификации границ объектов остается достаточной для удаленного мониторинга и картирования растительности, и в частности, сельскохозяйственных культур. В Институте космических исследований РАН предлагаемый метод в настоящее время применяется для автоматизированного анализа спутниковых снимков в режиме онлайн для распознавания и картирования (зимних и весенних) культур на крупных территориях и оценки землепользования. Этот метод успешно справляется с пробелами в данных временного ряда дистанционного зондирования и хорошо работает, даже если входные изображения зашумлены. Благодаря своей способности отображать динамически однородные поверхности с частично отсутствующими данными, метод дает возможность для их восстановления.

В результате анализа рассмотренных работ может быть сделан вывод, что работ посвященных вопросам дистанционного зондирования сельскохозяйственных территорий достаточно много и в них глубоко проработаны отдельные узкие вопросы обработки информации космического мониторинга, однако комплексных работ, выходящих на создание системы управления сельскохозяйственной отраслью региона, пока недостаточно.

Целью исследования является анализ и разработка предложений по созданию системы космического мониторинга сельскохозяйственных территорий региона Юга России, направленных на обеспечение устойчивого развития данной отрасли хозяйства.

Методология

В ходе проведения исследования применяются как традиционные общенаучные и экономические методы, так и естественнонаучные (математические) методы, методы кибернетических систем управления, а также моделирования и информатики, что должно привести к синергетическому эффекту в данном исследовании и достижении новых научных результатов, опирающихся на полученные количественные результаты моделирования наряду с традиционными качественными выводами и результатами.

Используются методы системного анализа и управления, экономико-экологической безопасности, методы анализа и синтеза, статистического и корреляционного анализа, табличные и графические методы для отображения результатов анализа, методы факторного анализа. Нормативно-методическая база опирается на следующих нормативных документах: «Основы государственной политики в области использования результатов космической деятельности в интересах модернизации экономи-



ки Российской Федерации и развития ее регионов на период до 2030 года», «План мероприятий на 2015-2020 годы по реализации Основ государственной политики в области использования результатов космической деятельности в интересах модернизации экономики Российской Федерации и развития ее регионов на период до 2030 года», а также программа «Цифровая экономика Российской Федерации».

Особенностью данного исследования является опора на применение отечественной базовой геоплатформы КОСМОС (разработчик – ОАО «НПК «Рекод») [3], на основе которой создаются модули системы мониторинга природопользования и экологии информационно-аналитической системы ситуационных центров муниципального и регионального уровня. Базой для выполнения данного проекта является создаваемый в Кубанском государственном технологическом университете инновационно-образовательный центр космических услуг, имеющий доступ к информации космического мониторинга ГК «Роскосмос», а также к базам данных Европейского космического агентства.

Результаты и обсуждение

Космический потенциал России в последние годы динамично развивается и включает в себя инфраструктуру запуска космических аппаратов, орбитальную группировку, обеспечивающие инфраструктуры и конечных пользователей, к которым относятся и органы управления сельскохозяйственной отраслью региона. Взаимосвязь указанных элементов космического потенциала страны показана на рис. 1.



Рис. 1. Компоненты космического потенциала

Fig. 1. Components of space potential

Последние годы в России характеризуются значительным спросом на современные космические продукты и услуги. Это обусловлено рядом факторов: только космические системы способны обеспечивать непрерывное функционирование глобальных информационных полей – космического мониторинга, навигации, передачи данных и управления, а также ряда других. Потенциальный вклад космических систем в развитие информационной инфраструктуры страны показан на рис. 2.

Проведенный анализ показал, что субъектами Российской Федерации наиболее востребованы технологии формирования, поддержания и использования совокупного регионального информационного ресурса (баз данных и знаний), обладающего следующими свойствами:

- интеграция с электронными картами и данными системы ГЛОНАСС;

- структурирование по отраслям экономики, территориям и другим объектам управления;
- обновление на основе космических снимков и других систем дистанционного зондирования;
- предоставление любым конечным пользователям – как населению, так и руководителям различного уровня в форме наглядных, доступных и регламентированных услуг.

Результаты многолетней мировой экономической статистики показывают, что применение космических продуктов и услуг в 2-3 раза снижает затраты на такие виды деятельности, как геодезические работы, мониторинг объектов, ресурсов, явлений, картография. Возможности космических технологий таковы, что при комплексном использовании они позволяют создать многопараметрические дистанционные системы мониторинга, получающие информацию на сколь угодно большем расстоянии от самого объекта, что обеспечивает наилучшие условия для организации экономического, объективного и надежного стратегического и оперативного контроля.

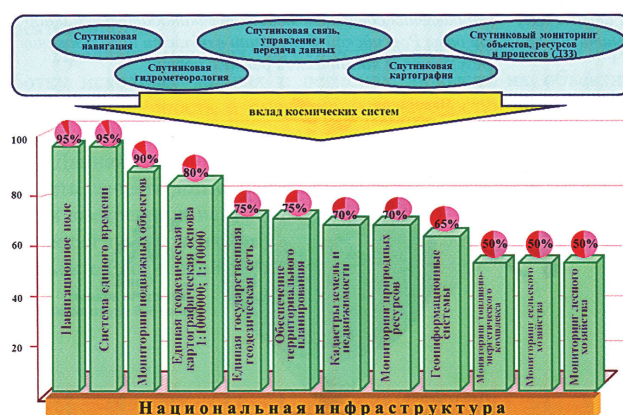


Рис. 2. Вклад космических систем в развитие информационной инфраструктуры страны

Fig. 2. The contribution of space systems to the development of the country's information infrastructure

В настоящее время уже создано отечественное программное обеспечение (платформа КОСМОС), которое позволяет разрабатывать системы мониторинга и управления, удовлетворяющие указанным выше требованиям. На рис. 3 показана система увязки всех требований в одной программной платформе.

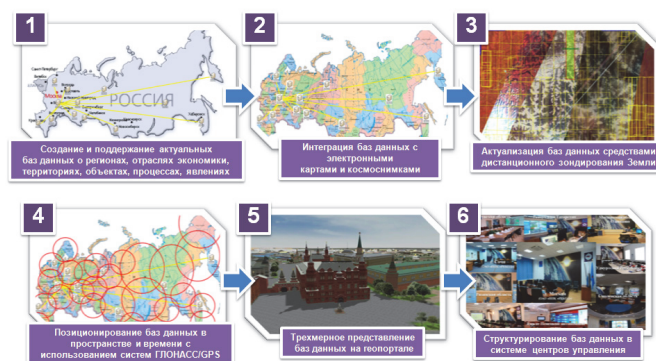


Рис. 3. Возможности отечественной геоинформационной платформы

Fig. 3. Domestic Geoinformation Platform Possibilities



Следует отметить, что размещать такую платформу, как и платформу цифровой экономики региона, целесообразно на базе университетских центров обработки данных, обеспечивая центры космических услуг различного уровня необходимой аналитической и визуальной информацией.

Базовая геоинформационная платформа, как правило, должна иметь структуру (рис. 4), включающую в себя следующие основные компоненты:

- общесистемное программное обеспечение (ПО), включающее в себя редакторы растровой и векторной графики, графический интерфейс пользователя для простого доступа к инструментам системы, системы управления базами данных и аналитическое ПО;
- аппаратное обеспечение (ЭВМ, ЦОДы, телекоммуникационное оборудование, системы хранения данных и т.п.);
- данные (пространственные данные):
- позиционные (географические данные) – местоположение объекта на поверхности Земли;
- непозиционные (атрибутивные) – описательные, текстовые, фото, видео;
- технологии.



Рис. 4. Структура базовой геоинформационной платформы

Fig. 4. The structure of the basic geographic information platform

Рассмотрим технологии, необходимые для комплексного информационно-навигационного обеспечения и мониторинга крупных сельскохозяйственных территорий на примере комплекса аппаратно-программных средств целевой системы мониторинга сельского хозяйства (ЦСМ СХ).

ЦСМ СХ предназначен для информационного обеспечения соответствующих органов исполнительной власти субъекта Российской Федерации и хозяйствующих субъектов данными по инвентаризации и учету земель сельскохозяйственного назначения в регионе, контролю за состоянием посевов сельскохозяйственных культур путем сбора, обработки, модификации и анализа мониторинговой информации, получаемой от российских и зарубежных космических аппаратов, создания картографических тематических продуктов (слоев на электронной карте) по территории региона на основе разнородной информации, интегрированной в тематически ориентированную ГИС.

Основные задачи, решаемые ЦСМ СХ:

- мониторинг состояния земель сельскохозяйственного назначения (характер землепользования, состояние

растительного покрова сельскохозяйственных угодий и их несанкционированного или нецелевого использования);

- оценка прогнозируемого ущерба от воздействия негативных природных и антропогенных факторов;
- контроль и оценка проведения агротехнических мероприятий (мониторинг отдельных этапов агротехнического цикла, мониторинг посевных и уборочных работ);
- инвентаризация земель сельскохозяйственного назначения, регламентированных требованиями по кадастровому учету;
- прогнозная оценка влияния климатических и погодных условий на основные показатели эффективности деятельности агропромышленного комплекса.

В состав ЦСМ СХ входит и модуль, предназначенный для повышения эффективности получения оперативной и достоверной информации относительно посевов наркосодержащих растений, подготовкой информации в агрегированном непротиворечивом и наглядном виде, комплексной обработки данных ДЗЗ, результатов наземных наблюдений и измерений, поддержки принятия управленческих решений администрацией субъекта России.

Специальное программное обеспечение данного модуля включает следующие блоки:

- блок обнаружения (обработка данных ДЗЗ), включающий модули предварительных вычислений параметров объекта и тематического дешифрования космической информации;
- блок ГИС-технологии, состоящий из модуля отображения и анализа результатов системы обнаружения, а также модуля представления результатов работы в соответствующие профильные органы.

Интерфейс рассмотренного выше модуля представлен на рис. 5.

Результатом рассмотренной ГИС-технологии является тематическая карта, имеющая слой незаконной растительности, слой маскировочной растительности и атрибутивную информацию.



Рис. 5. Интерфейс модуля обнаружения незаконных посевов

Fig. 5. Interface for illegal crop detection module

Результатом рассмотренной ГИС-технологии является тематическая карта, имеющая слой незаконной растительности, слой маскировочной растительности и атрибутивную информацию.



В составе ЦСМ СХ целесообразно иметь набор АРМов, ориентированных на работу специалистов различного профиля, например:

- АРМ оператора сельскохозяйственного управления (департамента, регионального министерства), обеспечивающее ввод, хранение и редактирование геометрической и атрибутивной информации по сельскохозяйственным земельным участкам, комплексный анализ и планирование сельскохозяйственных работ и трудовых ресурсов на основе ГИС-, Web-технологий и данных ДЗЗ;
- АРМ оператора агронома, предназначенный для распределенной работы операторов (агрономов) с информацией базы пространственных данных на основе ГИС-технологий, и применения данных ДЗЗ.

Растровые данные ДЗЗ представляются в формате TIFF с файлом привязки (*.tfw), а также GeoTiff.

Работы в рамках представляемого проекта находятся в стадии выполнения на базе создаваемого в Кубанском государственном технологическом университете Центра космических услуг, однако в качестве полученных или ожидаемых результатов целесообразно выделить следующие:

1. Концептуально обоснована необходимость использования геоинформационных технологий на базе отечественных результатов космической деятельности в осуществлении мониторинга сельскохозяйственных территорий регионов Юга России для обеспечения устойчивого развития сельскохозяйственной отрасли в Краснодарском крае;

2. Разработана концепция целевой программы использования геоинформационных технологий на базе отечественных результатов космической деятельности в обеспечении мониторинга сельскохозяйственных территорий регионов Юга России;

3. Разработана структура системы мониторинга крупного сельскохозяйственного региона, определены задачи, решаемые данной системой, а также осуществлена экспериментальная проверка разработанных положений на макетах, созданных на базе отечественной геоинформационной системы КОСМОС.

Заключение

Целью написания статьи явилась разработка предложений по созданию системы космического мониторинга сельскохозяйственных территорий региона Юга России, направленных на обеспечение устойчивого развития данной отрасли хозяйства в Краснодарском крае. Основные принципы, структура, назначение и задачи, решаемые базовыми модулями этой системы обоснованы. Осуществлена экспериментальная проверка сформулированных в работе предложений.

Следует отметить, что виртуальную среду целесообразно строить на базе университетских центров обработки данных, построенных по новым принципам, основанных на инновационном инженерном решении, позволяющем ее масштабировать и подключать новых участников по мере необходимости, не требуя дополнительных инвестиций.

Благодарности

Работа поддержана Грантом РФФИ и Администрации Краснодарского Края 18-410-230024.

Acknowledgments

This work was supported by Grant RFBR and the Administration of Krasnodar Region 18-410-230024.

Список использованных источников

- [1] Гришин И.Ю., Тимиргалева Р.Р. Разработка методологии обеспечения эколого-экономической безопасности туристско-рекреационных регионов юга России на основе результатов космического мониторинга // Материалы III всероссийской научной конференции «Экология и космос» имени академика К.Я. Кондратьева. Санкт-Петербург, 08-09 февраля 2017. Санкт-Петербург: Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, 2017. С. 170-174. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35195964> (дата обращения: 12.08.2018).
- [2] Гришин И.Ю., Тимиргалева Р.Р. Применение методов искусственного интеллекта для формирования отраслевой системы управления предприятиями // CEUR Workshop Proceedings: Труды I Международной научной конференции «Конвергентные когнитивно-информационные технологии» (Convergent'2016), Москва, 25-26 ноября 2016 / Под ред. В.А. Сухомлина, Е.В. Зубаревой, М.А. Шнеппе-Шнеппе. Т. 1763. 2016. С. 115-120. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-1763/paper14.pdf> (дата обращения: 12.08.2018).
- [3] Безбородов В.Г. Состояние и перспективы использования результатов космической деятельности в интересах модернизации экономики Российской Федерации и развития её регионов / В.Г. Безбородов, М.А. Лукьященко, В.А. Заичко, М.П. Симонов, А.Н. Жиганов. М.: Энцитех, 2014. 320 с.
- [4] Коменданова Т.М., Имескенова Э.Г., Абгалдаев Ю.В. и др. Применение методов дистанционного зондирования для мониторинга почвенно-растительного покрова Кабанского района республики Бурятия // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2015. № 3(40). С. 63-68. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24114936> (дата обращения: 12.08.2018).
- [5] Park S.Y., Sur C., Kim J.S., Lee J.H. Evaluation of multi-sensor satellite data for monitoring different drought impacts // Stochastic Environmental Research and Risk Assessment. 2018. Vol. 32, issue 9. Pp. 2551-2563. DOI: 10.1007/s00477-018-1537-x
- [6] Przewdziecki K., Zawadzki J., Miatkowski Z. Use of the temperature-vegetation dryness index for remote sensing grassland moisture conditions in the vicinity of a lignite open-cast mine // Environmental Earth Sciences. 2018. Vol. 77. AR 623. DOI: 10.1007/s12665-018-7815-6
- [7] Gholizadeh M.H., Melesse A.M., Reddi L. A Comprehensive Review on Water Quality Parameters Estimation Using Remote Sensing Techniques // Sensors (Basel). 2016. Vol. 16(8). Pp. 1298. DOI: 10.3390/s16081298
- [8] Song Y., Zhao X., Li B., Hu Y., Cui X. Predicting Spatial Variations in Soil Nutrients with Hyperspectral Remote Sensing at Regional Scale // Sensors (Basel). 2018. Vol. 18(9). Pp. 3086. DOI: 10.3390/s18093086
- [9] Плотников Д.Е., Колбудаев П.А., Барталёв С.А. Выделение сезонно-однородных областей на основе анализа вре-



менных серий спутниковых изображений // Компьютерная оптика. 2018. Т. 42, № 3. С. 447-456. DOI: 10.18287/2412-6179-2018-42-3-447-456

Поступила 12.08.2018; принята в печать 10.09.2018;
опубликована онлайн 10.12.2018.

References

- [1] Grishin I.Yu., Timirgaleeva R.R. Razrabotka metodologii obespecheniya jekologo-jekonomicheskoy bezopasnosti turistsko-rekreacionnyh regionov juga Rossii na osnove rezul'tatov kosmicheskogo monitoring [Development of a methodology for ensuring the environmental and economic security of tourist and recreational regions of southern Russia based on the results of space monitoring]. *Proceedings of the Third All-Russian scientific conference "Ecology and Space" Academician K.Y. Kondratiev*. St. Petersburg, 08-09 February 2017. St. Petersburg: GCA them. A.F. Mozhayskogo, 2017, pp. 170-174. (In Russian)
- [2] Grishin I., Timirgaleeva R. The application of artificial intelligence methods for forming industry management systems. *CEUR Workshop Proceedings: Proceedings of the 1st International scientific conference "Convergent cognitive information technologies" (Convergent'2016)*. Moscow, Russia: November 25-26, 2016. V. Sukhomlin, E. Zubareva, M. Shneps-Shneppe (Eds.). 2016; 1763:115-120. Available at: <http://ceur-ws.org/Vol-1763/paper14.pdf> (accessed 12.08.2018). (In Russian)
- [3] Bezborodov V.G. Sostojanie i perspektivy ispol'zovaniya rezul'tatov kosmicheskoy dejatel'nosti v interesah modernizacii jekonomiki Rossijskoj Federacii i razvitija ejo regionov [The state and prospects of using the results of space activities in the interests of modernizing the economy of the Russian Federation and the development of its regions] V.G. Bezborodov, M.A. Luk'jashhenko, V.A. Zaichko, M.P. Simonov, A.N. Zhiganov. M.: Jenciteh, 2014. 320 p. (In Russian)
- [4] Komendanova T.M., Imeskenova Je.G., Abgaldaev Yu.V. Remote Sensing for Monitoring of the Soil and Vegetation Cover in Kabansky District of the Republic of Buryatia. *Vestnik Burjatskoj gosudarstvennoj sel'skhozjajstvennoj akademii im. V.R. Filippova* = Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy. V.R. Filippov. 2015; 3(40):63-68. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24114936> (accessed 12.08.2018). (In Russian)
- [5] Park S.Y., Sur C., Kim J.S., Lee J.H. Evaluation of multi-sensor satellite data for monitoring different drought impacts. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. 2018; 32(9):2551-2563. DOI: 10.1007/s00477-018-1537-x
- [6] Przewdziecki K., Zawadzki J., Miatkowski Z. Use of the temperature-vegetation dryness index for remote sensing grassland moisture conditions in the vicinity of a lignite open-cast mine. *Environmental Earth Sciences*. 2018; 77:623. DOI: 10.1007/s12665-018-7815-6
- [7] Gholizadeh M.H., Melesse A.M., Reddi L. A Comprehensive Review on Water Quality Parameters Estimation Using Remote Sensing Techniques. *Sensors (Basel)*. 2016; 16(8):1298. DOI: 10.3390/s16081298
- [8] Song Y., Zhao X., Li B., Hu Y., Cui X. Predicting Spatial Variations in Soil Nutrients with Hyperspectral Remote Sensing at Regional Scale. *Sensors (Basel)*. 2018; 18(9):3086. DOI: 10.3390/s18093086
- [9] Plotnikov D.E., Kolbudaev P.A., Bartalev S.A. Identification of dynamically homogeneous areas with time series segmentation of remote sensing data. *Computer Optics*. 2018; 42(3):447-456. (In Russian) DOI: 10.18287/2412-6179-2018-42-3-447-456

Submitted 12.08.2018; revised 10.09.2018;
published online 10.12.2018.

About the authors:

Vyacheslav G. Bezborodov, Candidate of Military Sciences, Director-General, Research and production corporation «REKOD» (40/1 3-j proezd Mar'inoj Roshchi, Moscow 127018, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4858-4047>, info@rekod.ru

Igor Yu. Grishin, Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Professor at the Department of Programming, Lomonosov Moscow State University (1, Leninskie gory, Moscow 119991, Russia); Principal Research Scientist at the Department of Computer Science and Computer Engineering, Kuban State Technological University (2 Moskovskaya Str., Krasnodar 350042, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5839-1858>, igugri@gmail.com

Rena R. Timirgaleeva, Doctor of Economic Sciences, Full Professor, Professor at the Department of Programming, Lomonosov Moscow State University (1, Leninskie gory, Moscow 119991, Russia); Principal Research Scientist at the Department of Computer Science and Computer Engineering, Kuban State Technological University 2 Moskovskaya Str., Krasnodar 350042, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3078-1050>, renatimir@gmail.com



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium provided the original work is properly cited.

