

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ

Ямашкин А.А.¹, Ямашкин С.А.², Зарубин О.А.¹, Семина И.А.¹

¹Географический факультет, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, Саранск;

²Институт электроники и светотехники, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, Саранск, e-mail: yamashkinsa@mail.ru

В статье дана характеристика образовательного проекта, направленного на развитие цифровых компетенций в области моделирования и анализа взаимодействия природных, социальных и производственных систем с использованием ГИС-технологий и геопортальных систем для обеспечения информационной поддержки принятия управленческих решений. Методология предлагаемого образовательного проекта основана на проработке следующих ключевых направлений: 1) формирование междисциплинарного подхода к систематизации пространственно распределенных данных, основанное на интеграции естественно-научного, технического и гуманитарного знания; 2) разработка алгоритмов картографирования регионов на базе технологий автоматизированного дешифрирования многозональных космических снимков с последующим внедрением в образовательный процесс; 3) раскрытие аспектов проектирования и организации качественно новых геопортальных решений по визуализации и распространению комплекса географической информации о природных, социальных и экономических процессах. Авторами показано, что реализация предлагаемого образовательного проекта направлена на повышение качества формирования цифровых компетенций у обучающихся по направлениям подготовки, наиболее востребованным на рынке труда в контексте решения задач эколого-социально-экономического развития регионов. Практико-ориентированный характер проекта отвечает вызовам, стоящим перед обществом, государствами и отдельными регионами, заключающимся в необходимости выбора образовательной траектории обучающимися с целью освоения навыков, критически востребованных в областях прикладного применения цифровых технологий в экологии, градостроительстве, зеленом строительстве, сельском хозяйстве, туризме. Описанный в статье образовательный проект предполагает формирование у обучающихся представлений о тенденциях развития современных цифровых методов исследований географической среды, выработку практических навыков работы с пространственно распределенной информацией. Специфика проекта состоит в установлении тесной связи наук о Земле с информатикой, математикой, землеустройством.

Ключевые слова: цифровые технологии, устойчивое развитие, пространственные данные, инфраструктура пространственных данных, геопорталы.

DIGITAL TECHNOLOGIES IN EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF REGIONS

Yamashkin A.A.¹, Yamashkin S.A.², Zarubin O.A.¹, Semina I.A.¹

¹Geography Faculty, National Research Mordovia State University, Saransk;

²Institute of Electronics and Lighting Engineering, National Research Mordovia State University, Saransk, e-mail: yamashkinsa@mail.ru

The article describes the characteristics of the author's educational project aimed at developing digital competencies in the field of modeling and analyzing the interaction of natural, social and industrial systems using GIS technologies and geoportals systems to provide information support for managerial decision-making. The methodology of the proposed educational project is based on the development of the following key areas: 1) the formation of an interdisciplinary approach to the systematization of spatially distributed data, based on the integration of natural science, technical and humanitarian knowledge; 2) development of algorithms for mapping regions based on technologies for automated decoding of multispectral space images with subsequent implementation in the educational process; 3) disclosure of aspects of the design and organization of qualitatively new geoportals solutions for the visualization and dissemination of a complex of geographic information about natural, social and economic processes. The authors have shown that the implementation of the proposed educational project is aimed at improving the quality of the formation of digital competencies among students in the areas of training that are most in demand in the labor market in the context of solving the problems of ecological, socio-economic development of regions. The practice-oriented nature of the project meets the challenges facing society and states and individual regions, consisting in the need to choose an educational trajectory for students in order to master skills that are critically in demand in the areas of application of digital technologies in

ecology, urban planning, green construction, agriculture, tourism. The educational project described in the article involves the formation of students' ideas about the development trends of modern digital methods of researching the geographic environment, the development of practical skills in working with spatially distributed information. The specificity of the project is to establish a close connection between earth sciences and computer science, mathematics, and land management.

Keywords: digital technologies, sustainable development, spatial data, spatial data infrastructures, geoportals.

Целью научно-инновационной деятельности общества является познание окружающей действительности и выработка рекомендаций по ее совершенствованию. Научный поиск и внедрение в практику его результатов играют основополагающую роль во всестороннем обеспечении безопасности жизнедеятельности человека, устойчивого развития общества и высокого качества жизни людей.

Научно-инновационная сфера деятельности представляет собой сложное явление интеллектуального характера. В основу ее структуризации, на наш взгляд, следует положить известную цепочку: фундаментальные (академические) исследования – прикладные (отраслевые) исследования или разработки – внедрение в практику, т. е. инновации (нововведения) в виде научных открытий, технических изобретений и рационализаторских предложений. Это – стержень всей системы научно-инновационной деятельности общества. Кроме этого, в состав последней входит в качестве структурного элемента вся инфраструктура, состоящая из таких видов обеспечения, как материальное, финансовое, коммуникационное, информационное, нормативно-правовое, кадровое. В качестве элементов данной системы выступают и результаты научно-инновационной деятельности: публикации, авторские свидетельства и патенты, а также собственно внедрения. Определенный практический интерес может вызывать информация о направлениях научно-инновационной деятельности, особенно с подразделением на две ведущие группы: инженерные и социальные инновации. И, наконец, еще один очень важный элемент системы научно-инновационной деятельности – органы государственного и общественного управления, которые осуществляют государственную и научно-общественную политику в сфере науки и инноваций в форме планирования перспектив в развитии определенных научных направлений. Вся эта совокупность элементов образует единую систему научно-инновационной деятельности общества, которая в увязке с конкретными условиями функционирования, изменяющимися от места к месту, трансформируется в территориальную систему науки и инноваций.

Важное значение имеет тематический набор исследований и направлений внедрения инноваций. Одним из приоритетных современных направлений является решение задачи формирования цифровых инфраструктур пространственных данных (ИПД) регионов для научно-организационного обеспечения процессов сбора, анализа, распространения информации о природно-социально-экономических системах [1]. В контексте реализации

стратегии научно-технологического развития страны в области перехода к передовым цифровым технологиям ИПД ориентированы на повышение оперативности диагностики состояния природных, социальных и производственных систем и их взаимодействия, прогнозирование развития чрезвычайных экологических ситуаций.

Основная идея образовательного проекта «Цифровые технологии в образовании для устойчивого развития регионов», характеристика которого представлена в статье, заключается в разработке и реализации комплекса мероприятий, направленных на формирование у обучающихся качественно нового уровня цифровых компетенций, связанных с анализом, синтезом и интерпретацией геопространственной информации с целью решения практических задач планирования устойчивого развития регионов Российской Федерации.

Цель исследования. Системное изложение принципов работы Федеральной инновационной площадки «Цифровые технологии в образовании для планирования устойчивого развития регионов», нацеленной на обеспечение модернизации и развития системы образования с учетом основных направлений социально-экономического развития страны, реализации приоритетных направлений государственной политики.

Материал и методы исследования. Разработка цифровых ИПД должна быть основана на комплексном решении системы задач, направленных на поиск эффективных решений в области интеграции, обработки, хранения, визуализации и распространения больших объемов пространственно-временных данных с целью организации фундаментальной основы для синтеза и системного анализа экспертной информации при принятии управленческих решений в области устойчивого развития, прогнозирования развития природных и техногенных процессов, в том числе чрезвычайных ситуаций и стихийных явлений [2].

Решение комплексных задач оценки состояния систем жизнеобеспечения населения предполагает развитие междисциплинарных исследований [3]. Формируемые знания призваны отражать современное состояние природных, социальных и производственных систем и их взаимодействие [4]. В результате такого взаимодействия образуются сложные метагеосистемы, которые представляют собой среду существования общества с экологическими, хозяйственно-технологическими и социальными составляющими. Такие системы должны строиться по региональному принципу, отражая иерархическую организацию метагеосистем, и включать информацию, позволяющую обеспечить научно обоснованную оценку состояния локальных, региональных и глобальных природно-социально-производственных систем, оперативное или долгосрочное прогнозирование [5]. Естественно, что и объем информации, принципы ее обработки и оценки в каждом конкретном случае должны быть рационально подобранными и научно обоснованными.

Важнейшими инструментами в решении обозначенных проблем являются геопортальные и геоинформационные системы (ГИС) [6]. Их внедрение в деятельность проектных организаций, органов государственной и муниципальной власти, бизнес-структур, повседневную жизнь широких слоев населения позволяет повысить скорость и эффективность решения эколого-социально-экономических проблем, актуальных практических задач повышения инвестиционной привлекательности территорий, оптимизации территориального размещения производств, транспортной инфраструктуры и системы расселения населения, учета потребностей местного населения, развития социальной инфраструктуры, оптимизации структуры землепользования, минимизации экологических проблем, сохранения объектов природного и историко-культурного наследия, прогнозирования и минимизации последствий чрезвычайных экологических процессов и ситуаций [7]. В конечном счете этот процесс сводится к тотальной цифровизации пространственно-территориальной информации, проектированию ИПД, что сопряжено с необходимостью глубокого анализа пространственно-временных данных в сфере мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, проектирования инженерных систем и объектов капитального строительства и т. д.

Развитие комплексных исследований предполагает использование геосистемного подхода [5]. При этом учитывается, что геосистемы отличаются определенным территориальным охватом. С ростом размеров территории изменяется и структура принимаемых управленческих решений [8]. В силу этого отчетливо прослеживается необходимость в иерархической систематизации, типизации и оптимизации геоинформационных материалов как базиса поддержки принимаемых решений.

С геоинформационными методами и технологиями связываются перспективы консолидации пространственно определенных и временных данных в целостные информационные системы, интеграции процессов создания и использования карт [9]. Задача состоит в информационно-картографическом моделировании и исследовании природных, социальных и экономических систем и изучении их взаимодействия на основе цифровых баз данных, ГИС-технологий и специальных знаний. В рамках этого направления в настоящее время идут активные поиски эффективных компьютерных методов анализа и моделирования, развивается оперативное и многовариантное картографирование, создаются новые виды картографических произведений и продуктов [10; 11].

Проектно-ориентированная разработка и эксплуатация геоинформационных систем и технологий для формирования условий устойчивого развития регионов требует наличия высококвалифицированных профессионалов, обладающих представлениями о тенденциях развития современных цифровых методов исследований географической среды, выработки практических навыков работы с пространственно распределенной информацией на основе

передовых практик, научного мировоззрения, инженерного мышления для освоения инновационных методов научного познания мира и развития исследовательских способностей обучающихся в области естественных и инженерных наук [12; 13]. В процессе освоения учебных программ в области применения новых геоинформационных технологий для формирования условий устойчивого развития территорий учащиеся должны получать передовые знания в области наук о Земле и инженерных направлений науки и техники, практические навыки работы на различных видах современного научного лабораторного оборудования.

Проектирование, разработка, внедрение и эффективное использование цифровых инфраструктур пространственных данных представляет собой междисциплинарную задачу и требует вовлечения компетентных специалистов из нескольких областей науки и практики в работу Федеральной инновационной площадки «Цифровые технологии в образовании для планирования устойчивого развития регионов». Это позволит обеспечить формирование у специалистов цифровых знаний, умений и навыков, необходимых для обеспечения устойчивого эколого-социально-экономического развития регионов.

Сравнительный анализ образовательных программ различных вузов России говорит о наличии позитивного опыта преподавания курсов в области обозначенной проблематики. Так, компетенции в области анализа и эффективного использования пространственных данных для реализации стратегий в области обеспечения устойчивого развития регионов формируются в Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова (в рамках дисциплин направления подготовки «Картография и геоинформатика», таких как «Интегрированные базы геоданных коллективного пользования» и «Базы пространственных данных»); Московском государственном университете геодезии и картографии и Казанском федеральном университете (дисциплина «Инфраструктура пространственных данных», преподаваемая в рамках направления подготовки «Картография и геоинформатика»). Положительный опыт имеют и зарубежные университеты: KU Leuven, Norwegian University of Science and Technology, University of Melbourne, Vancouver Island University, Lund University. Развитие образовательного процесса при этом состоит в установлении тесной связи наук о Земле с информатикой, математикой, землеустройством.

Результаты исследования и их обсуждение. Стратегическая цель проекта Мордовского государственного университета «Цифровые технологии в образовании для устойчивого развития регионов» заключается в разработке теории, методологии и новых технологий интеграции, интеллектуального анализа и распространения больших геопространственных данных для планирования устойчивого развития эколого-социально-экономических систем регионов. Формируемые знания призваны отражать современное

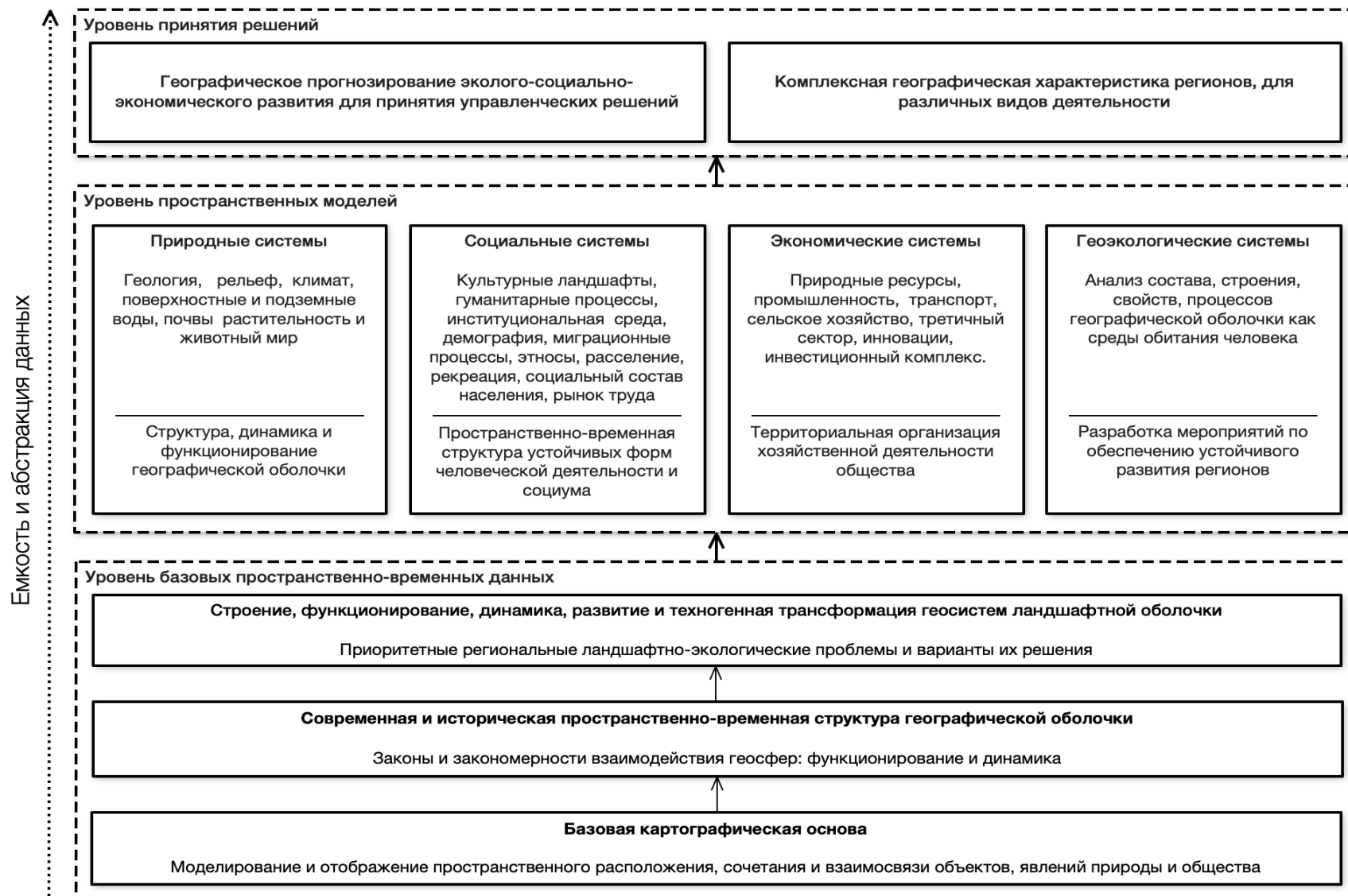
состояние природы и общества и их взаимодействие: структуру, динамику и функционирование геосистем и их экологическое состояние; структуру общества; территориальную организацию хозяйственной деятельности.

Содержание проекта направлено на освоение компетенций, востребованных в градостроительстве, сельском хозяйстве, лесоустройстве, организации системы особо охраняемых природных территорий, туризме и др.

Развитие междисциплинарных исследований в области решения комплексных проблем, возникающих при взаимодействии экологических, социальных и экономических систем, сопряжено с разработкой специальных информационных систем, обеспечивающих сбор, систематизацию и обработку данных и знаний о природе, хозяйстве и населении территорий. Такая система строится по региональному принципу, отражая иерархическую организацию метагеосистем, и содержит комплекс информации, рациональный объем которой должен обеспечить своевременную научно обоснованную оценку состояния локальных, региональных и глобальных проблем (рис.).

Пространственно-временная неоднородность метагеосистем обуславливает региональные различия развития спектров экологических, социальных и экономических проблем. Для реализации междисциплинарного подхода на основе современных геоинформационных систем необходимы:

- разработка программы сбора, обработки и систематизации данных [14] о природно-ресурсном потенциале, особенностях хозяйственного освоения ландшафтов, современного регионального природопользования, соответствия территориальной организации хозяйства ресурсным и ландшафтно-экологическим свойствам региона, что открывает пути оптимизации территориальной структуры природопользования, ландшафтного планирования и прогнозирования развития эколого-социально-экономических систем; создание специальных проблемно ориентированных геоинформационных систем для моделирования эколого-социально-экономических систем с использованием картографических методов, а также вероятностно-статистических методов анализа информации в целях принятия решений;



Систематизация данных о региональных и глобальных геосистемах

- разработка региональных геопорталов [15] как систем обработки и визуализации информации, мониторинга техногенных систем, управления транспортными потоками и дорожным трафиком, анализа геоэкологического состояния территорий, прогнозирования природных и природно-техногенных чрезвычайных экологических ситуаций и снижения последствий стихийных бедствий, распространения информации о природном и культурном наследии, интеграции комплексных научных исследований и визуализации их результатов.

Опыт реализации исследовательских работ и грантовых проектов (РГО – «Создание геопортала "Республика Мордовия"», «Серия карт РГО "Природное и культурное наследие Республики Мордовия"», «Всероссийского чемпионата по географии среди школьников "Мое Отечество - Россия"»; РФФИ – «Интеграция знаний в цифровых инфраструктурах пространственных данных для принятия управленческих решений в области устойчивого развития»; Президента Российской Федерации – «Разработка репозитория глубоких нейросетевых моделей для анализа и прогнозирования развития пространственных процессов») с вовлечением школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых показывает, что для достижения цели образовательного проекта требуется решение следующих задач:

- обоснование междисциплинарного концептуального подхода к формированию цифровых компетенций у обучающихся, основанного на глубоком анализе современных отечественных и зарубежных тенденций развития науки и практики;
- разработка системы открытых образовательных продуктов, адаптированных для студентов, осваивающих программы среднего профессионального образования и высшего образования, и слушателей, осваивающих дополнительные профессиональные программы;
- учебное проектирование новых методов тематической интерпретации данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), адаптация и внедрение в образовательный процесс алгоритмов обработки и анализа больших массивов геоданных в системе цифровых инфраструктур пространственных данных, оптимизирующих процессы интеграции данных о природно-социально-экономических процессах развития стран и регионов;
- разработка модели эффективного решения визуализации и распространения геопространственной информации с целью использования в образовательном процессе – проектирование регионального геопортала как многокомпонентного web-проекта, базирующегося на реляционной базе данных, содержащей сведения о состоянии и развитии природных, социальных и производственных систем.

Методология предлагаемого образовательного проекта должна быть основана на проработке ряда ключевых направлений. Так, формирование междисциплинарного подхода к систематизации пространственно распределенных данных должно быть основано на

интеграции естественно-научного, технического и гуманитарного знания посредством детального анализа и обобщения разнородной информации о природных, социальных и производственных системах, структуре землепользования, объектах природного и культурного наследия, экологических проблемах. С другой стороны, важным практико-ориентированным моментом является разработка алгоритмов картографирования регионов на базе технологий автоматизированного дешифрирования многозональных космических снимков с последующим внедрением в образовательный процесс. Предлагаемые для внедрения в образовательный проект решения необходимо основывать на использовании существующих систем интерпретации космических снимков, а их апробация должна проходить на хорошо изученных научно-образовательных тестовых полигонах, включая подготовку учебно-методических пособий по тематической интерпретации данных ДЗЗ, что позволит экстраполировать полученные знания для подготовки и обновления баз данных и электронных карт региональной геоинформационной системы. Наконец, необходимо раскрытие аспектов проектирования и организации качественно новых геопортальных решений по визуализации и распространению всего комплекса географической информации о природных, социальных и экономических процессах для принятия управленческих решений в области устойчивого развития для широкого круга лиц, развертыванию научно-образовательного процесса после периода реализации образовательного проекта.

Реализация образовательного проекта направлена на повышение качества формирования цифровых компетенций (использование облачных геоинформационных технологий, проектирование ИПД, разработка геопортальных систем, анализ и интерпретация данных ДЗЗ и др.) у обучающихся по направлениям подготовки, наиболее востребованным на рынке труда в контексте решения задач эколого-социально-экономического развития регионов. Опыт реализации проекта призван стать драйвером запуска аналогичных образовательных проектов в ведущих образовательных организациях в России и за рубежом.

Во-первых, перспективы развития проекта после завершения срока реализации основаны на объективно возрастающей востребованности в высококвалифицированных специалистах на рынке труда, обладающих компетенциями в области интеграции, обработки и анализа, хранения, визуализации и распространения больших объемов пространственно-временных данных. Опорными точками научного развития проекта являются решение проблем консолидации больших массивов пространственных данных, технологии, объединяющие возможности обработки, хранения, поиска и визуализации данных с использованием геоинформационных и геопортальных систем. Данные компетенции будут востребованы на рынке труда в кратко- и среднесрочной перспективе.

Во-вторых, реализация проекта основана на тесном деловом сотрудничестве с организациями-партнерами при решении конкретных наукоемких задач, связанных с минимизацией деструктивных природных и техногенных процессов, ведением точного земледелия, информационным обеспечением технологий «зеленого строительства» и др. Сотрудничество с внешними партнерами основано на актуализации конкретных наукоемких задач, решение которых выходит за временные рамки реализации проекта. В связи с этим проект имеет перспективы развития за счет взаимной трансляции научно-педагогического, практического, управленческого опыта образовательными, научными и проектными организациями, органами власти, коммерческими структурами.

В-третьих, реализация проекта предусматривает междисциплинарный характер формирования пространственно распределенных баз данных и перечень тематик прикладного применения формируемых у обучающихся компетенций.

Практико-ориентированный характер проекта отвечает большим вызовам, стоящим перед обществом и государствами и отдельными регионами, заключающимся в необходимости сознательного выбора и оперативной корректировке образовательной траектории обучающимися с целью освоения навыков, критически востребованных в областях прикладного применения цифровых технологий в экологии, градостроительстве, сельском хозяйстве, туризме и др.

Отдельное место в решении задачи формирования компетенций в области обеспечения поддержки устойчивого развития регионов занимает решение проектных задач в области геоинформационных систем, дистанционного зондирования Земли, анализа пространственных данных, ландшафтного планирования. Вследствие того что процессы эффективного анализа и использования пространственных данных должны быть основаны на сквозной цифровизации всех этапов, предлагается следующая система обучающих проектных задач:

- создание новых методик построения сверточных нейронных сетей, эффективных при анализе геосистемной модели территории, формируемой на основе больших пространственно-временных данных и определяющей стратегии конфигурирования наборов и размерностей слоев свертки и субдескрипции, алгоритмы уменьшения размерности;
- проектирование новых алгоритмов анализа структуры геосистем с использованием обучения ансамблей, характеризующихся повышением точности дешифрирования мультиспектральных космических снимков и устойчивостью к ошибкам;
- разработка эффективных алгоритмов анализа геосистем, обеспечивающих повышение точности дешифрирования космических снимков;

- проектирование эффективной архитектуры геопортальной системы на основе блочно-иерархического подхода к визуализации пространственных данных;
- практическая апробация новых моделей и алгоритмов анализа пространственных данных для решения задач мониторинга состояния окружающей среды и прогнозирования развития чрезвычайных ситуаций.

Значимость реализации проекта целесообразно структурировать по перспективе достижения эффекта в отношении следующих целевых групп: обучающиеся; внешние партнеры, профильные организации; образовательные организации; организация-исполнитель.

Выводы. Решение задачи формирования условий для устойчивого развития регионов невозможно без внедрения цифровых технологий в практику управленческих решений. Такой запрос на соответствующие компетенции стал главным трендом на рынке труда, что определяет вектор развития системы непрерывного образования во всех отраслях знаний. В комплексе наук о Земле и в смежных научных направлениях потребность в специалистах, владеющих цифровыми компетенциями, крайне высока, что связано с необходимостью быстрой обработки, актуализации, верификации и визуализации значительных объемов пространственно распределенных данных для принятия управленческих решений в области территориально-пространственного планирования.

Внедрение цифровых технологий в область наук о Земле – активно развивающееся научное направление, ориентированное на решение проблем оптимизации взаимодействия природы и общества на глобальном, региональном и локальном уровнях организации, прогнозирования природных и природно-техногенных чрезвычайных экологических ситуаций. Внедрение ГИС-технологий и методов обработки космических снимков в деятельность проектных организаций, органов государственной и муниципальной власти, бизнес-структур, повседневную жизнь широких слоев населения позволит повысить скорость и эффективность решения экологических проблем, актуальных практических задач планирования устойчивых ландшафтов, сохранения объектов природного и исторического наследия, прогнозирования и минимизации последствий чрезвычайных экологических процессов и ситуаций.

Описанный в статье образовательный проект, направленный на создание Федеральной инновационной площадки «Цифровые технологии в образовании для планирования устойчивого развития регионов», предполагает формирование у обучающихся представлений о тенденциях развития современных цифровых методов исследований географической среды, выработку практических навыков работы с пространственно распределенной информацией. Специфика проекта состоит в установлении тесной связи наук о Земле с информатикой,

математикой, а содержание направлено на освоение компетенций, востребованных в территориальном планировании, градостроительстве, сельском хозяйстве, лесоустройстве, организации системы особо охраняемых природных территорий, туризме и др.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-37-70055.

Список литературы

1. Rezaei M., Nouri A. A., Park G. S. Application of geographic information system in monitoring and detecting the COVID-19 outbreak. *Iranian Journal of Public Health*. 2020. Vol. 49. P. 114-116. DOI: 10.21203/rs.3.rs-15447/v1.
2. McLaughlin J., Nichols S. Developing a national spatial data infrastructure. *Journal of Surveying Engineering*. 1994. Vol. 120. № 2. P. 62-76.
3. Georgiadou Y., Puri S. K., Sahay S. Towards a potential research agenda to guide the implementation of Spatial Data Infrastructures – A case study from India. *International Journal of Geographical Information Science*. 2005. Vol. 19. № 10. P. 1113-1130.
4. Jabbour C., Rey-Valette H., Maurel P., Salles J. M. Spatial data infrastructure management: A two-sided market approach for strategic reflections. *International Journal of Information Management*. 2019. Vol. 13. № 21. P. 69-82. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2018.10.022.
5. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 320 с.
6. Gamez M.R., Perez A.V., Falcones V.A.M., Bazurto J.J. B. The Geoportal as Strategy for Sustainable Development // *International Journal of Physical Sciences and Engineering*. 2019. Vol. 3. № 1. P. 10-21. DOI: 10.29332/ijpse.v3n1.239.
7. Zhu J., Wright G., Wang J. A critical review of the integration of geographic information system and building information modelling at the data level. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2018. Vol. 7. № 2. 66. DOI: 10.3390/ijgi7020066.
8. Trofymchuk O., Okhariev V., Trysnyuk V. Environmental security management of geosystems // 18th International Conference on Geoinformatics-Theoretical and Applied Aspects. 2020. 2019. P. 1-5. DOI: 10.3997/2214-4609.201902083.
9. Lukyanov S., Popov N., Sikarev I. Digital learning technologies within geo-information management. *E3S Web of Conferences*. 2021. 258. 01004. DOI: 10.1051/e3sconf/202125801004.
10. Lü G., Batty M., Strobl J. Reflections and speculations on the progress in Geographic Information Systems (GIS): a geographic perspective. *International journal of geographical information science*. 2019. Vol. 33. № 2. P. 346-367.

11. De Miguel González R., De Lázaro Torres M. L. WebGIS implementation and effectiveness in secondary education using the digital atlas for schools. *Journal of Geography*. 2020. Vol. 119. № 2. P. 74-85. DOI: 10.1080/00221341.2020.1726991.
12. Heaton J., Datta A., Finley A. O. A case study competition among methods for analyzing large spatial data. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*. 2019. Vol. 24. № 3. P. 398-425. DOI: 10.1007/s13253-018-00348-w.
13. Yamashkin S.A., Yamashkin A.A., Zanozin V.V., Radovanovic M.M., Barmin A.N. Improving the efficiency of deep learning methods in remote sensing data analysis: Geosystem approach. *IEEE Access*. 2020. Vol. 8. P. 179516–179529. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3028030.
14. Heaton M.J., Datta A., Finley A. Methods for analyzing large spatial data: A review and comparison // arXiv preprint arXiv:1710.05013. 2017. 22. [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/abs/1710.05013v1> (дата обращения: 11.08.2021).
15. Yamashkin S.A., Radovanović M.M., Yamashkin A.A., Barmin A.N., Zanozin V.V., Petrović M.D. Problems of designing geoportal interfaces. *GeoJournal of Tourism and Geosites*. 2019. Vol. 24. № 1. P. 88-101.