

Разработка образовательного курса "цифровая инфраструктура пространственных данных"

Ямашкин Станислав Анатольевич
к.т.н., доцент кафедры автоматизированных систем
обработки информации и управления,
Национальный исследовательский Мордовский государственный
университет им. Н.П. Огарёва
ул. Большевикская, 68, г. Саранск, 430005, +7(927)182-17-16
yamashkinsa@mail.ru

Аннотация

В статье приводится структурированное описание предлагаемого нового курса «Цифровая инфраструктура пространственных данных» (ИПД), формирующего компетенции, актуальные в условиях современной цифровой экономики. Полученные знания, умения и навыки позволят студентам формировать платформенные решения для развития цифровых технологий в области повышения эффективности хозяйственной деятельности и создания условий для предупреждения и минимизации последствий развития природных и природно-техногенных чрезвычайных ситуаций. Процессы проектирования, создания, внедрения и эффективного использования цифровых ИПД, раскрываемые в курсе лекций и практических заданий обеспечат подготовку компетентных специалистов из множества областей науки и практики: программной инженерии, экономики, географии, гуманитарных наук.

The article provides a structured description of the proposed new course “Digital Spatial Data Infrastructure”, which forms competencies that are relevant in the modern digital economy. The knowledge and skills acquired will enable students to form platform solutions for the development of digital technologies in the area of improving business efficiency and creating the conditions for preventing and minimizing the consequences of developing natural and natural-man-made emergencies. The processes of design, creation, implementation and effective use of digital SDI, disclosed in the course of lectures and practical tasks will provide training of competent specialists from a variety of areas of science and practice: software engineering, economics, geography, humanities.

Ключевые слова

Учебный курс, цифровая экономика, инфраструктура пространственных данных, компетенции

Educational course, digital economy, spatial data infrastructure, competences

Введение

К актуальным вызовам современности следует отнести необходимость формирования платформенных решений для развития цифровых технологий в области землепользования, позволяющих повысить эффективность хозяйственной деятельности и создать условия для предупреждения и минимизации последствий развития природных и природно-техногенных чрезвычайных ситуаций в природно-социально-производственных системах. Грамотное использование достоверной пространственной информации при принятии решений способствует повышению

эффективности регионального управления в направлениях формирования благоприятного инвестиционного климата, создания системы предприятий в сферах сельского хозяйства, промышленности, рекреации, мониторинга стихийных экологических процессов и ликвидации их последствий.

Указом Президента Российской Федерации № 642 [1] утверждена Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации. К числу приоритетных задач отнесены переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, создание систем обработки больших объемов данных и алгоритмов глубокого машинного обучения. В данном контексте актуально формирование цифровой инфраструктуры пространственных данных (ИПД), ориентированной на повышение оперативности диагностики состояния природно-социально-экономических систем и прогнозирования вариантов их развития. Анализируя европейский опыт, можно отметить экономическую и общенаучную эффективность директивы INSPIRE [2], в соответствии с которой государства-члены ЕС формируют единую ИПД.

Научные изыскания в области цифровых ИПД направлены на получение результатов в области создания методов, алгоритмов и архитектурных паттернов хранения, оперативного анализа и распространения пространственно-временных данных в системе цифровых инфраструктур пространственных данных для принятия управленческих решений в области оптимизации использования природно-техногенных систем [3]. Приведем примеры некоторых краеугольных фундаментальных научных и прикладных задач, требующих решения.

1. Формирование наборов формализованных критериев оценки эффективности решения задач хранения, анализа и распространения пространственно-временных данных для принятия взвешенных управленческих решений созданный на базе критического анализа современного состояния исследований в области проектирования, разработки, внедрения и эффективного использования цифровых ИПД.

2. Создание комплекса экспериментально обоснованных методов и алгоритмов интерпретации данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и вспомогательной пространственно-временной информации с использованием глубокого машинного обучения [4] на основе данных электронных ландшафтных карт и результатов структурно-генетических ландшафтных исследований (школа ландшафтоведения МГУ им. М. В. Ломоносова) [5] наравне с машинным анализом мультиспектральных данных ДЗЗ, традиционно применяемых в России и зарубежных странах.

3. Разработка новых высокоточных алгоритмов прогнозирования развития пространственно-временных процессов на основе факторально-динамического анализа больших массивов ретроспективных, текущих и экспертных данных с комплексным применением сверточных и рекуррентных нейронных сетей, основанного на экспериментальном исследовании системных связей и закономерностей функционирования и развития природно-социально-производственных систем [6] и применением уникальных методик ландшафтного прогнозирования при формировании обучающих данных, конфигурировании и обучении глубоких сверточных и рекуррентных нейронных сетей.

4. Проектирование системы методов и алгоритмов хранения и обработки больших массивов пространственно-временных данных в цифровой ИПД с использованием облачных технологий, описывающая аспекты эффективной интеграции, оперативной обработки и синтеза актуальных данных и включающая новые физические и логические модели хранилища больших пространственно-временных данных, основанные на синтезе реляционного и NoSQL подходов [7].

5. Внедрение эффективных архитектур геопортальных систем визуализации и распространения пространственно-временных данных цифровой ИПД [8],

адаптированная для решения проблемы организации фундаментальной основы для получения и системного анализа экспертной информации при принятии управленческих решений в области землепользования, прогнозирования развития природных и техногенных процессов и создаваемая с использованием новой методологии проектирования адаптивных геопортальных интерфейсах, основанной на глубоком анализе поведенческих факторов и формировании опорных точек проектирования.

6. Написание систем рекомендаций по проектированию, разработке, внедрению и эффективному использованию проектно-ориентированных цифровых ИПД для принятия управленческих решений в области оптимизации использования природно-техногенных систем и формирования устойчивого развития хозяйства регионов России.

Теоретическая и экспериментальная разработка в обозначенной области направлена на создание фундаментальных основ для внедрения эффективных цифровых технологий хранения, экспертного анализа, визуализации и распространения больших объемов пространственно-временных данных, позволяющих принимать взвешенные управленческие решения в области оптимизации систем землепользования и прогнозирования природных, социальных и техногенных процессов. Процесс создания и эффективного использования цифровых ИПД является трансдисциплинарным и требует вовлечения компетентных специалистов из множества областей науки и практики. Это утверждение определяет актуальность вопроса разработки образовательного курса «Цифровая инфраструктура пространственных данных», который необходимо проектировать на базе лучших отечественных и зарубежных практик, дополняя их инновационной компонентой, закладываемой по следующим направлениям:

1) практическое применение современных методов программной инженерии для создания ИПД, в том числе веб-технологий, объектно-ориентированного программирования, системного анализа, UI/UX-проектирования;

2) создание новых методов и алгоритмов анализа пространственно-временных данных с использованием концепции Deep Learning и реализация их в виде авторских программных комплексов;

3) использование разработанных магистрантами программ для решения практических задач в области анализа пространственно-временных данных.

Компетенции, формируемые курсом востребованы на современном рынке в области построения эффективной цифровой экономики. Проект призван развить знания, умения и навыки, получаемые магистрантами в рамках направления подготовки «Информатика и вычислительная техника». Связанные тематики магистерских диссертаций востребованы наукой и промышленностью России, а полученные магистрантами результаты могут быть внедрены в практическую деятельность уже на этапе обучения.

Стоит отметить так же целесообразность курса в рамках направления Н1 Стратегии НТР РФ: «Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта» и ставит своей целью решение задач комплексного анализа, хранения, визуализации и распространения больших пространственно-временных данных с использованием технологий глубокого машинного обучения, проектирования облачных систем хранения данных и геопортальных систем.

Концепция создания нового образовательного продукта

Современным направлением решения проблемы внедрения цифровых ИПД является разработка и практическое использование новых автоматизированных методов и алгоритмов интерпретации данных ДЗЗ, цифровых ландшафтных карт и вспомогательной пространственно-временной информации с использованием глубокого машинного обучения в рамках ИПД, с целью постоянной актуализации облачных хранилищ больших массивов пространственно-временных данных, распространяемых с использованием геопортальных систем.

В рамках исследуемого направления можно выделить следующие проблемные точки: 1) выработка формализованных критериев оценки эффективности решения задач хранения, системного анализа и распространения пространственно-временных данных для принятия управленческих решений в цифровых ИПД; 2) создание новых экспериментально обоснованных методов и алгоритмов комплексной интерпретации данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), электронных ландшафтных карт и вспомогательной пространственно-временной информации с использованием глубокого машинного обучения (Deep Learning); 3) разработка новых высокоточных алгоритмов прогнозирования развития пространственно-временных процессов на основе анализа связей и закономерностей функционирования природно-социально-производственных систем (ПСПС) с применением сверточных и рекуррентных нейронных сетей; 4) создание средств для эффективной интеграции больших массивов актуальных пространственно-временных данных с применением облачных хранилищ с целью их использования в цифровых ИПД при принятии управленческих решений; 5) проектирование архитектуры эффективного инструмента оперативной визуализации и распространения пространственно-временных данных цифровой ИПД на основе геопортальных технологий; 6) формирование системы рекомендаций по проектированию, разработке, внедрению и эффективному использованию проектно-ориентированных цифровых ИПД.

При создании цифровых ИПД должны быть привлечены методы и подходы системного анализа, машинного (в том числе глубокого обучения) обучения, индикационного ландшафтоведения, объектно-ориентированного проектирования, объектно-ориентированного программирования, проектирования баз данных (включая реляционный и NoSQL подходы), UI/UX-проектирования. Новизна и высокая эффективность получаемых решений может быть достигнута посредством применения результатов российских структурно-генетических ландшафтных исследований при обучении глубоких нейросетевых моделей, экспериментального обоснования нового методического и алгоритмического обеспечения при решении прикладных задач в области анализа систем землепользования и прогнозирования развития стихийных процессов, комплексного применения современных подходов к хранению и геопортальной визуализации больших пространственных данных, апробации результатов на международных конференциях.

Трансдисциплинарность процесса создания и эффективного использования цифровых ИПД определяет необходимость подготовки компетентных специалистов из множества областей науки и практики. В связи с этим внедрение нового курса «Цифровая инфраструктура пространственной информации» в образовательный процесс по направлению подготовки «Информатика и вычислительная техника» приобретает особую актуальность: он позволит будущим инженерам и ученым получить ряд востребованных компетенций, позволяющих применить навыки таких инновационных областей как глубокое машинное обучение, разработка высокотехнологичных систем визуализации, анализа и хранения данных для решения злободневных прикладных практических задач, связанных с построением эффективных ИПД. Курс «Цифровая инфраструктура пространственных данных» призван способствовать решению важнейшей задачи университета, заключающейся в

обеспечении развития образовательных программ и технологий, направленных на подготовку специалистов, являющихся элитой российского общества.

Изучение рабочих программ университетов России позволило выявить положительный опыт преподавания курсов по теме «Инфраструктура пространственных данных». В частности, необходимые компетенции формируются в вузах:

- Национальный открытый институт России г. Санкт-Петербург (направления подготовки «Геодезия и дистанционное зондирование», профиль – «Инфраструктура пространственных данных»);

- МГУ им. М. В. Ломоносова, Казанский федеральный университет и МИИГАиК (направление подготовки «Картография и геоинформатика»);

- Кемеровский государственный университет (направление подготовки «Прикладная математика и информатика»).

Релевантные практики можно отследить и в других вузах России, что подчеркивает актуальность задачи. Изучены курсы по разрабатываемой теме ведущих университетов мира, в частности: University of Melbourne, Lund University, Vancouver Island University, KU Leuven, Norwegian University of Science and Technology.

Предлагаемый курс проектируется на базе лучших отечественных и зарубежных практик, однако имеет принципиальные инновационные отличия, закладываемые в блоках:

- практическое применение современных методов программной инженерии для создания ИПД, в том числе веб-технологий, объектно-ориентированного программирования, системного анализа, UI/UX-проектирования;

- создание новых методов и алгоритмов анализа пространственно-временных данных с использованием развивающейся концепции Deep Learning;

- использование разработанных магистрантами авторских программных комплексов для решения практических задач в области анализа пространственно-временных данных.

Процесс создания и эффективного использования цифровых инфраструктур пространственных данных, раскрываемый в курсе лекций и практических заданий требует подготовки и вовлечения компетентных специалистов из множества областей науки и практики: программной инженерии, экономики, географии, гуманитарных наук. Магистранты смогут писать ВКР по актуальным темам в области цифровых инфраструктур пространственных данных [9], внедрять результаты уже на этапе обучения, успешно трудоустраиваться на должности, требующие высокой научно-инженерной подготовки.

Создаваемый курс поможет инженерам и молодым ученым развить знания, умения и навыки, получаемые в рамках таких дисциплин как «Интеллектуальные системы», «Алгоритмы и методы машинного обучения», «Разработка web-приложений», «Распределенные информационные системы», «Информационные системы кадастра». Компетенции, которые он формирует востребованы на современном рынке в области построения эффективной цифровой экономики: анализ логистических систем, изучение социальных явлений, прогнозирование развития природных стихийных процессов, трансфер технологий, сохранение культурного наследия, разработка виртуальных пространств [10].

Престиж университета будет повышен благодаря работе интернет-ресурса «Цифровая инфраструктура пространственных данных», изданию цветного иллюстрированного учебного пособия, появлению новых публикаций в ведущих научных журналах, индексируемых в WoS/Scopus, выступлениям на международных конференциях, интервью на телевидении и в прессе.

Опыт работы над проектом можно экстраполировать при внедрении курса на другие специальности, начиная с его адаптации для географического факультета МГУ им. Н. П. Огарева, благодаря снижению доли материалов из области программной

инженерии и повышение количества практических задач из области землепользования. Следствием завершения работ над проектом должно стать внедрение апробированного курса в другие вузы.

Создаваемый курс будет включать элементы научной новизны благодаря изучению продвинутой техники программной инженерии и глубокого машинного обучения. Он не потеряет актуальность с течением времени и будет устойчиво развиваться в направлении эволюции науки и техники России и мира.

Структура продукта, используемые технологии и интеграция в учебный процесс

Основной целью Программы развития МГУ им. Н. П. Огарева является преобразование университета в центр социокультурного и интеллектуального развития России, создающего новые знания в области высоких технологий. В 2010 году получена лицензия на новые образовательные программы подготовки магистров по приоритетному направлению «Энергосбережение и новые материалы», в том числе «Информатика и вычислительная техника». Среди задач, решение которых необходимо для реализации концепции развития университета, следует выделить вопросы развития образовательных программ и технологий, направленных на подготовку специалистов, являющихся элитой российского общества.

Процесс создания и эффективного использования цифровых инфраструктур пространственных данных, раскрываемый в курсе лекций и практических заданий, является трансдисциплинарным и требует вовлечения специалистов из множества областей науки и практики. Компетенции, которые он формирует востребованы на современном рынке в области построения эффективной цифровой экономики.

Проектируемый образовательный курс «Цифровая инфраструктура пространственных данных» имеет следующую структуру:

1) Рабочая программа, включающая следующие разделы:

А) Теоретические основы, история и современное состояние цифровых инфраструктур пространственных данных.

Б) Программный инжиниринг ИПД (практико-ориентированные примеры использования методологии agile, перспективных веб-технологий, объектно-ориентированного программирования, системного анализа, UI/UX-проектирования).

В) Методы и алгоритмы анализа пространственно-временных данных (теория и практические задачи в области глубокого обучения нейронных сетей (персептронов, сверточных, рекуррентных)).

Г) Применение программных комплексов для анализа пространственно-временных данных (решение практических задач: прогнозирование стихийных процессов, дешифрирование систем землепользования, анализ дорожных аварий, визуализация культурного наследия).

2) Цветное учебно-методическое пособие по дисциплине «Цифровая инфраструктура пространственных данных», включающее лекционные материалы по приведенным в п. 1 разделам, оценочные средства, библиографический список полезных источников.

3) Образовательный интернет-ресурс «Цифровая инфраструктура пространственных данных», содержащий гипертекстовые страницы с иллюстрированными лекциями и заданиями с возможностью обсуждения.

Кафедра автоматизированных систем обработки информации и управления обладает необходимой материально-технической базой для реализации проекта. В частности, имеется компьютерный класс для обучения студентов, оснащенный современными ЭВМ, проектором и интерактивной доской и лекционные аудитории.

Необходимое программное обеспечение, как проприетарное (Matlab, Visual Studio, MS Office, JetBrains IDE, RSA), так открытое (Python, PHP, MySQL) установлено. Приобретение нового ПО не требуется. Курс предполагает разработку магистрантами нового авторского ПО для анализа цифровых пространственно-временных данных.

Следующие качественные и количественные критерии позволят оценить успешность курса:

1) Обратная связь от магистрантов о факультативе, отзывы о лекциях и лабораторных работах. Факт внедрения курса в образовательный процесс по направлению подготовки «Информатика и вычислительная техника».

2) Мнение о курсе и рецензии администрации и ведущих ученых университета, Института и кафедры.

3) Посещаемость интернет-ресурса «Цифровая инфраструктура пространственных данных», вовлеченность пользователей в работу проекта.

4) Востребованность учебного пособия по курсу среди студентов.

5) Степень повышения интереса к курсу после его популяризации через статьи в ведущих научных журналах, передачи на телевидении и прессе, апробацию на международных конференциях.

6) Появление перспектив внедрения курса на другие специальности, начиная от его адаптации для географического факультета МГУ им. Н. П. Огарева (через снижение доли материалов из области программной инженерии и повышение количества практических задач из области землеустройства) и заканчивая внедрением апробированного курса в другие вузы.

7) Написание ВКР по актуальным темам в области ИПД, трудоустройство выпускников по тематике курса.

Создаваемый курс поможет развить знания, умения и навыки, получаемые в рамках таких дисциплин как «Интеллектуальные системы», «Алгоритмы и методы машинного обучения», «Разработка web-приложений». Связанные тематики ВКР востребованы промышленностью России, полученные магистрантами результаты могут быть внедрены в практическую деятельность уже на этапе обучения. Курс будет использован как инструмент переподготовки и повышения квалификации кадастровых инженеров.

Заключение

Внедрение в образовательный процесс курса «Цифровая инфраструктура пространственных данных» отвечает актуальным вызовам современности, к которым следует отнести необходимость формирования платформенных решений для развития цифровых технологий в области землепользования, позволяющих повысить эффективность хозяйственной деятельности и создать условия для предупреждения и минимизации последствий развития природных и природно-техногенных чрезвычайных ситуаций в природно-социально-производственных системах.

Компетенции, формируемые курсом востребованы на современном рынке в области построения эффективной цифровой экономики. Процессы проектирования, создания, внедрения и эффективного использования цифровых ИПД, раскрываемые в курсе лекций и практических заданий обеспечат подготовку компетентных специалистов из множества областей науки и практики: программной инженерии, экономики, географии, гуманитарных наук.

Образовательный курс «Цифровая инфраструктура пространственных данных» поможет инженерам и молодым ученым развить знания, умения и навыки, получаемые в рамках таких дисциплин как «Интеллектуальные системы», «Алгоритмы и методы машинного обучения», «Разработка web-приложений», «Распределенные информационные системы», «Информационные системы кадастра».

Компетенции, которые он формирует востребованы на современном рынке в области построения эффективной цифровой экономики: анализ логистических систем, изучение социальных явлений, прогнозирование развития природных стихийных процессов, трансфер технологий, сохранение культурного наследия.

Литература

1. Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации».
2. INSPIRE E. U. Directive //EC of the European Parliament and of the Council of. 2007.
3. Coleman D. J., Rajabifard, A., Kolodziej K. W. Expanding the SDI environment: comparing current spatial data infrastructure with emerging indoor location-based services // International journal of digital earth, 2016. 9(6). P. 629-647.
4. Zhang L., Zhang L., Du, B. Deep learning for remote sensing data: A technical tutorial on the state of the art // IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine. 2016. 4(2). P. 22-40.
5. Николаев В.А. Классификация и мелкомасштабное картографирование ландшафтов. М., Изд-во Моск. ун-та, 1978. 62 с.
6. Ямашкин С.А., Ямашкин А.А. Повышение эффективности процесса интерпретации данных дистанционного зондирования Земли за счет анализа дескрипторов окрестности // Вестник Мордовского университета. 2018. 28(3). С. 352-365. doi: <https://doi.org/10.15507/0236-2910.028.201803.352-365>
7. Trapp N. A Meta-analysis on the Return on Investment of Geospatial Data and Systems: A Multi-country Perspective. // Transactions in GIS. 2014. 9(2). P. 169-187.
8. Вдовин С.М., Ямашкин А. А., Ямашкин С. А. Университетские геопорталы как инструмент решения экологических проблем // Экологические проблемы. Евразийское пространство. Серия "Евразийские университеты XXI века". Москва, 2014. С. 552-567.
9. Зинкин С.А., Федосин М.Е., Савкина А.В. Описание механизма запуска вычислительных заданий в веб-центрах на основе логикоалгебраических спецификаций // Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 4. С. 154-159.
10. Савкина А.В., Савкина А.В., Федосин С.А. Виртуальные лаборатории в дистанционном обучении // Международный электронный журнал «Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)». 2014. Т. 17. № 4. С. 507–517.