

РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ КОНВЕРГЕНТНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РАМКАХ ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ТРЕБОВАНИЙ РЕГИОНАЛЬНЫХ РЫНКОВ ТРУДА

М. В. Деев¹, А. Г. Финогеев², А. А. Грушевский³

^{1, 2, 3} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия
¹ miqz@yandex.ru, ² alexeyfinozeev@gmail.com, ³ sgrushevskii@mail.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Проникновение информационных технологий во все сферы жизни, внедрение методов дистанционного образования, открытого доступа к информационным и образовательным ресурсам привело к необходимости внедрения и развития модели конвергентного образования на основе сближения и взаимовлияния разных направлений подготовки специалистов и цифровых технологий. Рассмотрены вопросы модернизации образовательного процесса, связанные с внедрением и развитием концепции и модели конвергентного образования. *Материалы и методы.* Представлена разработанная модель конвергенции образовательных программ и вакансий работодателей в виде взвешенного графа. Разработан алгоритм кластеризации графа на основе модернизированного Лувенского метода. *Результаты.* Рассмотрены практические вопросы синтеза и развития концепции конвергентного образования. *Выводы.* Для реализации концепции разработаны модели и методы управления конвергентными процессами на основе синхронизации образовательных программ, электронных образовательных ресурсов и требований работодателей на региональных рынках труда.

Ключевые слова: конвергентный подход, адаптация, актуализация, образовательные программы, образовательный контент, интеллектуальная образовательная среда

Благодарности: результаты исследований получены при финансовой поддержке Российского научного фонда (РНФ) и Пензенской области (проект № 22-21-20100).

Для цитирования: Деев М. В., Финогеев А. Г., Грушевский А. А. Развитие концепции конвергентного образования в рамках цифровой образовательной среды на основе анализа требований региональных рынков труда // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2022. № 4. С. 104–123. doi:10.21685/2227-8486-2022-4-7

DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF CONVERGENT EDUCATION WITHIN THE DIGITAL EDUCATIONAL ENVIRONMENT BASED ON THE ANALYSIS OF THE REQUIREMENTS OF REGIONAL LABOR MARKETS

M.V. Deev¹, A.G. Finogeev², A.A. Grushevskiy³

^{1, 2, 3} Penza State University, Penza, Russia
¹ miqz@yandex.ru, ² alexeyfinozeev@gmail.com, ³ sgrushevskii@mail.ru

Abstract. *Background.* The penetration of information technologies into all spheres of life, the introduction of distance education methods, open access to information and educational resources has led to the need to introduce and develop a model of convergent education based on the convergence and mutual influence of different areas of training and digital technologies. The article deals with the issues of modernization of the educational process related to the introduction and development of the concept and model of convergent education. *Materials and methods.* The developed model of convergence of educational programs and vacancies of employers in the form of a weighted graph is presented. A graph clustering algorithm based on the modernized Louvain method has been developed. *Results.* The article deals with practical issues of synthesis and development of the concept of convergent education. *Conclusions.* To implement the concept, models and methods for managing convergent processes have been developed based on the synchronization of educational programs, electronic educational resources and the requirements of employers in regional labor markets.

Keywords: convergent approach, adaptation, actualization, educational programs, educational content, intelligent educational environment

Acknowledgements: the research results were obtained with the financial support of the Russian Science Foundation (RGNF) and the Penza Region (project № 22-21-20100).

For citation: Deev M.V., Finogeev A.G., Grushevskiy A.A. Development of the concept of convergent education within the digital educational environment based on the analysis of the requirements of regional labor markets. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve = Models, systems, networks in economics, technology, nature and society.* 2022;(4):104–123. (In Russ.). doi:10.21685/2227-8486-2022-4-7

Введение

В связи с возникновением и внедрением концепции четвертой промышленной революции получила широкое распространение цифровизация всех сфер деятельности человека, что стало фактором разработки и развития технологий мобильной, дистанционной, смешанной и электронной подготовки специалистов.

Особенностью современного образовательного процесса является активное применение новых подходов к синтезу и адаптации элементов концепции конвергентного образования.

В настоящий момент основными факторами, определяющими сферы и направления эволюции образования, являются:

а) свободный доступ к информационным и образовательным ресурсам сети Интернет;

б) наличие постоянного и открытого информационного контакта между людьми и сообществами по различным темам;

в) географическая распределенность и анонимность пользователей в сети Интернет;

г) предоставление разнообразных видов консультаций (аудио, видео, презентации) в процессе обучения по программам подготовки;

д) использование платных услуг по выполнению лабораторных, практических, курсовых работ и проектов и т.п.;

е) широкое распространение систем управления обучением, позволяющих проводить обучение, тестирование и аттестацию обучаемых в дистанционном формате;

ж) применение элементов виртуальной и расширенной реальности в образовательном процессе;

з) смещение вектора обучения с восприятия и заучивания информации, отображаемой через вербальные стимулы (текст), на получение и извлечение информации через невербальные стимулы (графический материал);

и) эволюция разработки и применения образовательных ресурсов в плане перехода от бумажных носителей к электронному контенту в образовательной среде;

к) внедрение информационно-телекоммуникационных технологий и средств в образовательный процесс по программам подготовки любых специальностей и направлений;

л) интеллектуализация и цифровизация образования в рамках использования новых информационных и мобильных технологий, виртуальных, расширенных и мультимедийных форм отображения учебного материала и т.д.

Широкое распространение информационно-телекоммуникационных средств в повседневной жизни, активное использование технологий дистанционного образования и открытого доступа к электронным образовательным ресурсам привело к потребности включения компьютерных дисциплин в учебные планы всех направлений подготовки.

Модернизация сферы образования в результате цифровизации является фактором возникновения цифровой трансформации образования [1]. Изменения прежде всего касаются следующих процессов:

а) обеспечения реализации образовательных услуг;

б) создания электронных образовательных ресурсов (ЭОР);

в) синтеза информационно-образовательной среды;

г) внедрения механизмов и технологий дистанционного обучения и тестирования;

д) автоматического управления учебной, административной и организационной формами деятельности учебных заведений;

е) способов взаимодействия преподавательского состава и слушателей;

ж) защиты информации всех субъектов и элементов образовательного процесса и т.д.

Необходимость внедрения и развития концепции конвергентного образования на основе сближения и взаимовлияния педагогических наук и цифровых решений и технологий вызвана актуальными процессами цифровой трансформации в современном обществе, обусловленными, в свою очередь, научно-технологическим прогрессом и потребностями реального сектора экономики в интеллектуальных профессиях.

Таким образом, можно считать процессы сближения учебных программ и ресурсов в информационно-образовательной среде следствием цифровизации образовательного процесса и других сфер жизнедеятельности человека с учетом влияния ранее указанных факторов.

Следует отметить, что методологические и педагогические основания развития конвергентного подхода в образовании базируются на использовании особенностей современного образования, связанных с широким внедрением новых методов и технологий цифровизации и информатизации [2].

С нашей точки зрения, на первый план сегодня должны выходить практические аспекты разработки инструментария для реализации концепции конвергентного образования.

В данном смысле конвергенция обозначает сходимость образовательных программ и компетентностных матриц, электронных учебных материалов, индивидуальных траекторий обучения в информационно-образовательной среде

посредством синхронизации и согласования их жизненных циклов, динамической актуализации согласно требованиям профессиональных и образовательных стандартов, а также работодателей на региональных рынках труда.

В состав модели конвергентного образования входят три базовых компонента:

- 1) модернизация и актуализация;
- 2) синхронизация;
- 3) персонализация.

Для ее реализации требуется открытая образовательная среда, обеспечивающая поддержку управления процессами обучения на основе анализа требований региональных вакансий и стандартов с целью адаптации и актуализации образовательных программ и ресурсов, построения персонализированных траекторий обучения и программ переподготовки и повышения квалификации специалистов.

Информационно-образовательная среда также включает облачное хранилище с поддержкой web-технологий для доступа к ресурсам, систему управления образовательным контентом, систему управления образовательным процессом, мобильное приложение (интеллектуальный ассистент) и т.д. Компоненты среды используются для реализации образовательного процесса, разработки и модернизации программ обучения и электронного образовательного контента. Интеллектуальные механизмы управления процессами конвергенции обеспечивают реакцию системы обучения на меняющиеся требования региональной экономики и позволяют реализовать инновационные подходы для интенсификации процесса подготовки специалистов, например, технологию иммерсионного обучения путем погружения в искусственно созданное образовательное пространство, где можно виртуально воссоздать различные физические объекты и среды, к которым нельзя получить доступ в аудиториях. Такие технологии открывают возможности повышения эффективности процесса обучения и обусловлены следующими факторами:

1. Применение мобильных и web-технологий для обеспечения открытого доступа к образовательному контенту и возможности работы с ним.
2. Использование облачного репозитория электронных образовательных ресурсов.
3. Мониторинг региональных вакансий, требований работодателей и стандартов с целью актуализации и адаптации образовательных программ и материалов.
4. Применение методик и технологий персонализированного образования с возможностью построения индивидуальных траекторий обучения под определенные требования конкретных работодателей.
5. Распространение и развитие технологий самообучения слушателей с применением дистанционных форм обучения, массовых онлайн-курсов, открытых электронных ресурсов, проведением консультаций и аттестаций в режиме онлайн в сети Интернет.
6. Использование средств виртуальной и дополненной реальности в процессе обучения специалистов.

Ранее была предложена иерархическая структура конвергентной модели образования, которая включает пять уровней в зависимости от сферы приложения [3]:

- а) образовательно-технологический уровень для синхронизации технологий обучения и методик преподавания;
- б) учебно-методический уровень для синхронизации образовательных программ и учебно-методического контента;
- в) профессиональный уровень для синхронизации компетентностных моделей различных профессий;
- г) организационный уровень для синхронизации систем управления образовательным процессом в едином информационном пространстве;
- д) социально-когнитивный уровень для синхронизации когнитивных и социальных технологий в целях стимулирования и мотивации обучающихся для самостоятельного обучения в открытой образовательной среде.

Применение модели конвергентного образования в процессе подготовки специалистов

Причиной перехода к конвергентным моделям образования является научный прогресс с внедрением технологий информатизации, интеллектуализации и цифровизации во все сферы жизни, что добавляет множество возможностей и проблем для системы образования.

В статьях [4, 5] представлены результаты цифровой трансформации образования в плане изменений, произошедших в образовании при использовании цифровых технологий в образовательных целях, с позитивными и негативными последствиями этого процесса. Автор вводит понятие аксиологического подхода к развитию образования в период цифровой трансформации и рассматривает направления развития информатизации образования в данных условиях.

В работе [6] авторы представляют инновационные методы на основе цифровых игр и мобильных технологий, которые интегрируются в традиционную образовательную среду и имеют как положительные аспекты, так и ограничения применимости в традиционном обучении. Разрыв между поколениями преподавателей и обучаемых, вызванный информационной революцией, изменяющимися учебными планами и требованиями инновационной экономики, заставляет разрабатывать новые альтернативные подходы. Основными факторами обучения становятся способность учащихся читать и понимать, а также толерантность к выполнению заданий, а на первый план выходят вопросы, касающиеся внимания, концентрации и мотивации. Новое поколение обучающихся с потребностями в виртуальном и мобильном обучении представляет собой проблему для существующей системы образования, что требует развития новых эффективных методов и форм обучения.

Адаптивный программируемый подход к обучению на основе использования интеллектуального и интерактивного контента с настройкой параметров персонализации для поддержки пользователей рассмотрен в работе [7]. Результаты выполненных эмпирических исследований показали, что обучаемые считают адаптивные системы обучения необходимыми в плане внедрения и распространения прогрессивных и рефлексивных обучающих практик, наличия обратной связи с преподавателями для понимания технологий персонализированного обучения и своих действий в образовательной среде.

Национальный научный фонд США определяет конвергенцию как интеграцию знаний, методов и опыта из разных областей знаний для формиро-

вания инновационных подходов в решении научных задач и социальных проблем. Например, в статьях [8, 9] показано, что так называемая третья революция в области медицины связана прежде всего с конвергенцией наук о жизни, физическо-математических наук, инженерных наук и медицины. В известном журнале *Lancet* опубликована статья [10], в которой отмечается необходимость переосмысления подходов к улучшению здоровья населения с точки зрения конвергенции исследований в различных областях. Авторы исследования показывают, что прогресс в области здоровья населения не может зависеть только от медицинских достижений. Требуется конвергенция научных и методических подходов для оценки влияния на здоровье множества факторов из сфер образования, социальных услуг, экономического развития, окружающей среды, питания, урбанистики, транспорта, энергетики и т.п. Основным выводом статьи является то, что университеты и академические центры должны создать культуру, экосистему и стимулы в плане интеграции соответствующих секторов и создания структур, объединяющих знания из многих дисциплин, для принятия мер по продвижению конвергенции научной и образовательной деятельности.

В настоящее время исследования процессов конвергенции в различных областях развиваются достаточно быстрыми темпами, что создаст ряд проблем и возможностей для образования. В работе [11] рассмотрены вопросы исследования ключевых действий, которые необходимы для развития конвергентного образования, поднятые на семинаре, организованном рядом организаций, таких как Национальный научный фонд США, Организация экономического сотрудничества и развития, Национальные академии наук, инженерии и медицины США и т.д.

В отечественной среде проблемам конвергенции компонент образовательной среды посвящено небольшое число публикаций в отличие от большого количества научных работ за рубежом. Результаты исследований в большинстве публикаций направлены на решение частных практических задач, а концепция конвергенции рассматривается в общетеоретическом концептуальном плане, что подчеркивает актуальность и необходимость исследований в данной области. При этом единого определения концепции конвергентного образования в настоящее время нет.

Например, в работе [12] процесс конвергенции в образовании рассматривается с точки зрения непрерывности перехода от среднего к высшему образованию и перехода от «закрытого» состояния в «открытое». В статье [2] рассмотрены факторы, влияющие на развитие конвергентного образования и обусловленные достижениями, вызовами и рисками современного общества. Обоснованы и представлены теоретико-методологические и научно-педагогические основания становления и развития конвергентного образования, базирующегося на реализации особенностей современного образования, определяющие существенные изменения, происходящие в нем, которые частично и спонтанно уже осуществляются, но практически не имеют позитивных научных решений. Обосновано и сформулировано с научно-педагогической точки зрения определение конвергентного образования. Описаны методологическая, научно-методическая и педагогико-технологическая базы развития конвергентного образования и предложены перспективные фундаментальные исследования его реализации.

В работе [13] конвергенция в образовании определяется как содержание и технологии, несущие признаки сходности со средами, способствующими развитию ребенка. Принципами конвергентности автор считает соответствие природной и социальной сущности человека, адаптации детей к условиям существования в природно-ноосферных и социальных средах. В статьях [14, 15] конвергентный подход рассматривается как интеграция научных знаний в единую систему взглядов и умений и способность применения различных дисциплин при решении практических задач, а также как воспитание целостного и многостороннего специалиста, который способен находить взаимосвязи в разнообразных явлениях. В работе [16] конвергенция представлена в виде проекта, суть которого состоит в формировании междисциплинарной образовательной среды, в которой школьники воспринимают мир как единое целое.

В целом во всех статьях методологическим основанием конвергентного подхода в образовании считается междисциплинарность, в рамках решения научно-практических задач реализуется на пересечении предметных полей различных дисциплин. Междисциплинарность представлена в виде преодоления барьеров, разделяющих разные науки по объекту, предмету и методу, а конвергентная образовательная модель определяется как процесс синтеза комплексных учебных дисциплин, которые объединяют научные знания и технологические достижения на основе общих закономерностей развития естественных наук и NBIC-технологий (нанотехнологий, биотехнологий, информационных и когнитивных технологий).

Конвергенция образовательных систем все чаще становится необходимостью во многих аспектах повседневной жизни. Общее и профессиональное образование должно стремиться к эффективным модальностям конвергенции между традиционно различными дисциплинами. Согласование учебных программ на основе системного мировоззрения стирает барьеры между различными академическими дисциплинами и профессиональными областями. В работах [17–19] процесс конвергенции в образовании представлен как процесс интеграции традиционно различных дисциплин для достижения инновационных целей подготовки специалистов в разных предметных областях. Интеграционные процессы являются реальностью на рынке труда, в профессиональных организациях, занимающихся исследованиями и разработками, а также на университетских факультетах. Для образования предлагается концепция дифференциальной конвергенции с пятью модальностями, которые могут быть реализованы в любой образовательной среде. Модальности определяются посредством теоретических и практических критериев и включают:

- а) внутридисциплинарность, когда при обучении используется комплекс образовательных ресурсов (ОР) одной дисциплины;
- б) мультидисциплинарность, когда используется комплекс ОР из смежных дисциплин;
- в) кроссдисциплинарность, когда используется комплекс схожих частей ОР изучаемой и других дисциплин;
- г) междисциплинарность, когда объединяются комплексы ОР разных дисциплин и методов обучения;
- д) трансдисциплинарность, когда для обучения используется единое образовательное пространство с комплексами ОР дисциплин разных предметных областей.

В работах представлена попытка практической реализации конвергентного подхода в естественнонаучном образовании, представлены инструменты согласования разных дисциплин в рамках модели, показаны преимущества подхода. Конвергенцию моделей обеспечивают предлагаемые системные средства и методы для разработки согласованных учебных планов и использования образовательных материалов.

В отчете [20] авторы утверждают, что конвергенция естественнонаучных дисциплин с математическими, вычислительными, инженерными и социальными является ключевой стратегией для решения сложных задач, поиска инновационных решений в практической сфере жизнедеятельности человека. Однако авторы отмечают, что учебные заведения сталкиваются с отсутствием методических руководств о том, как создавать программы конвергентного образования. Практически нет стратегий решения возникающих проблем при переходе к конвергентной модели и отсутствуют единые механизмы поддержки исследований в области конвергенции образования. В отчете обобщаются подходы разных учебных заведений и предлагаются стратегии для решения практических задач и проблем реализации конвергентного подхода в таких областях, как инфраструктура, подготовка специалистов, повышение квалификации преподавателей и межвузовское партнерство.

В процессе обзора ряда российских и зарубежных публикаций по исследованию проблемы конвергентного образования можно сделать следующий вывод. В основном статьи российских исследователей рассматривают процесс конвергенции в образовании в философском и концептуальном плане, а исследования зарубежных авторов направлены на практические аспекты синтеза конвергентной модели. При этом в практическом плане конвергентный подход рассматривается с точки зрения:

- а) реализации нескольких программ разного содержания при подготовке разностороннего специалиста;
- б) синтеза комплексных программ обучения, соединяющих содержание двух и более дисциплин в рамках новых специальностей;
- в) создания информационно-образовательной среды для реализации программ конвергентного обучения.

Концепция процесса конвергенции в образовании

Процесс конвергенции в образовании определяется как сходимость образовательных программ, ресурсов, социальных и когнитивных технологий, применяемых для подготовки специалистов разных предметных областей знаний. Когнитивные и социальные технологии представляют систему методов, усиливающих познавательные способности обучаемых при решении практических задач.

Сходимость образовательных программ и учебно-методических материалов разных специальностей обеспечивается сближающимися требованиями профессиональных и образовательных стандартов. В настоящий момент для специалистов различных сфер деятельности требуются знания в области информационных технологий. Сближение программ подготовки определяет необходимость преобразования рабочих программ дисциплин, учебного контента, фондов оценочных средств. Для разных направлений и специальностей выделяются общие разделы и темы, используются схожие модели, методики и технологии обучения. Таким образом, метод конвергенции в плане реализации учебного процесса определяет сближение компетентностных матриц,

получаемых знаний, умений и навыков с учетом потребностей реального сектора экономики и требований работодателей.

Согласно государственным образовательным стандартам по программам высшего образования специалисты получают универсальные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции. Профессиональные компетенции делятся на обязательные и рекомендуемые и определяются на основе государственных профстандартов путем анализа требований рынка труда. Такие требования консолидируют на основе обобщения опыта трудовой деятельности и проведения консультаций с работодателями. Несмотря на большую работу по формированию таких компетенций при составлении государственных образовательных стандартов, существует проблема отставания зафиксированных в стандарте компетенций от актуальных реалий инновационной экономики, когда с появлением новых технологий, оборудования, принципов работы и т.п. появляются новые компетентностные требования, которые не отражены в принятых стандартах.

Поиск новых требований работодателей, выборка и анализ новых компетенций должен происходить в оперативном режиме и оказывать влияние на модернизацию и актуализацию образовательных программ на уровне профессиональной подготовки специалистов. Таким образом, на наш взгляд, государственные образовательные стандарты должны определять только универсальные и общепрофессиональные компетенции и не должны включать профессиональные компетенции. Профессиональные компетенции в модели конвергентного образования должны подбираться не из быстро устаревающих профессиональных стандартов, а добавляться в оперативном режиме по результатам работы системы поиска и анализа требований работодателей на региональных рынках труда. Кроме того, следует учитывать множество факторов, влияющих на требуемые компетенции специалиста, например, появление новых технологий, приборов и материалов, изменение трудовых функций, появление новых специальностей, появление новых и модернизация старых предприятий и т.п. Фактически требуется постоянная актуализация компетентностных требований на региональных рынках труда. Получение актуализированных компетенций приводит к актуализации образовательных программ, далее к актуализации образовательных ресурсов, что определяет жизненные циклы компетентностных моделей, образовательных программ и образовательных ресурсов.

Таким образом, для развития конвергентной модели образования необходим комплекс методов управления жизненными циклами компетентностных требований, образовательных программ и образовательных ресурсов, целью которых является синхронизация и согласование процессов конвергенции, актуализации и персонализации подготовки специалистов на уровне профессиональной подготовки по программам специалитета и магистратуры.

Согласно процессу конвергенции в ходе жизненного цикла (ЖЦ) компетентностных требований образовательных стандартов и работодателей происходит сближение требуемых знаний, умений и навыков, приобретаемых специалистами в рамках собственных уровней квалификации. Анализ государственных стандартов разных поколений подтверждает происходящую конвергенцию образовательных программ, так как число схожих наборов компетенций растет каждый год. ЖЦ компетентностных требований со стороны работодателей в последнее время оказывает все большее влияние на конвергенцию и актуализацию образовательной программы в ходе ее соб-

ственного жизненного цикла. В рамках конвергентного подхода на этапах ЖЦ программы происходит ее актуализация в соответствии с фиксируемыми изменениями компетентностных требований работодателей, включая умения, знания и навыки. На актуализацию ОП в ходе ее ЖЦ кроме требований работодателей оказывают влияние:

- 1) внедрение новых материалов, принципов работы, технологий, оборудования и т.п.;
- 2) появление новых и закрытие устаревших производств и предприятий;
- 3) размещение на рынке труда новых и исчезновение старых профессий, вакансий и рабочих мест;
- 4) недостаток или избыток специалистов конкретных профессий, производств, отраслей в регионе;
- 5) обозначенные в ходе анализа недостатки и недочеты используемых образовательных программ по отношению к региональным особенностям и т.д.

Конвергенция также связана с тем, что для получения требуемых компетенций специалисту часто приходится осваивать дополнительные образовательные программы в рамках своей, смежных или совсем других специальностей. Например, терапевт для приема пациентов в дистанционном формате должен получить компетенции в рамках информационно-телекоммуникационных специальностей. Естественно, что дополнительные программы должны быть синхронизированы и согласованы с программами основной специальности, а также скорректированы с учетом уровня подготовки специалиста и с требованиями работодателей. Для синхронизации и согласования таких образовательных программ была разработана и реализована следующая методика [21, 22] (рис. 1).

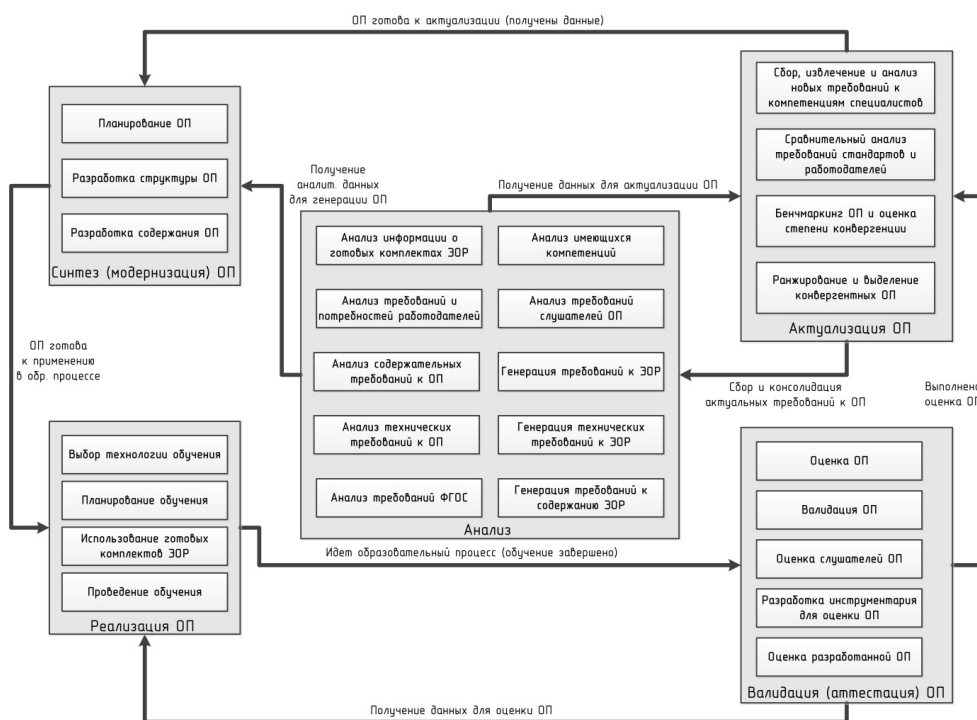


Рис. 1. Методика синхронизации и согласования образовательных программ

Графовая модель конвергенции образовательных программ и вакансий работодателей

Модель конвергенции определяет взаимосвязь между программами подготовки, используемыми учебными заведениями, и актуальными региональными требованиями работодателей к специалистам. Для анализа взаимосвязей и поддержки возможностей обучения квалифицированных и востребованных на рынке труда специалистов разработаны программно-инструментальные средства поиска, сбора и консолидации вакансий из открытых источников сети Интернет для актуализации, адаптации и персонализации образовательных программ [23].

Процесс поиска и анализа объявлений о трудоустройстве в открытых источниках Интернета (сайты поиска работы, биржи труда, фирм и компаний, доски объявлений, базы данных вакансий, соответствующие группы в социальных сетях и мессенджерах, форумы поиска работы и т.п.) выполняется поисковыми роботами. Данные о требованиях работодателей и компетенциях специалистов с геопространственными метками извлекаются из разных источников и консолидируются в хранилище. Для создания модели конвергенции предложен механизм синтеза векторных моделей ключевых слов на основе анализа описания вакансий, содержащих информацию о требуемых компетенциях [24, 25]. Векторная модель описывает компетенции множеством семантически связанных ключевых слов. В работе [22] рассмотрен метод синтеза векторных моделей на основе модифицированного алгоритма Word2Vec с вычислением семплированной логистической функцией потерь в процессе прогнозирования и оптимизации модели обучения. В ходе формирования векторных представлений также используются временные и геопространственные метки с целью задания географической зоны и временных рамок отбора вакансий для анализа. Выбор географической зоны показывает распределение компетенций востребованных специалистов в регионах и позволяет найти ОП учебных заведений в регионах, которые в той или иной степени соответствуют требованиям работодателей, или подтвердить их отсутствие. Анализ временных рамок необходим для оценки целесообразности создания новых или адаптации существующих ОП и ресурсов в выбранном регионе или подготовки специалистов в соседних регионах с учетом прогноза потребностей в специалистах на региональном рынке труда.

Разработанный метод и инструментальные средства также применяются для извлечения данных о компетенциях из образовательных программ, выставленных на сайтах учебных заведений в регионе. В образовательных программах и рабочих программах изучаемых дисциплин представлены готовые компетенции, которые рекомендованы федеральными государственными образовательными стандартами. Однако анализ показал, что большинство таких компетенций имеют обобщенный и неконкретизируемый характер или не вполне соответствующий содержанию программы, в отличие от компетенций, представленных в вакансиях работодателей. В связи с этим для полноты векторной модели компетенций ОП реализована процедура анализа содержания разделов рабочих программ дисциплин, составляющих ОП, и извлечения ключевых слов.

Далее взаимосвязь между векторами слов, полученных из компетентностных требований образовательных программ и вакансий востребованных

специалистов можно представить в виде взвешенного графа с двумя подграфами $G = (V_1, V_2, E)$, где V_1 – множество вершин, которые представляют вектора слов компетентностных требований ОП; V_2 – вектора слов работодателей; $E = \{ \langle \mu(v_i, v_j) / (v_i, v_j) \rangle \}$ – множество ребер с весами $\mu \in [0, 5; 1]$ (рис. 2).

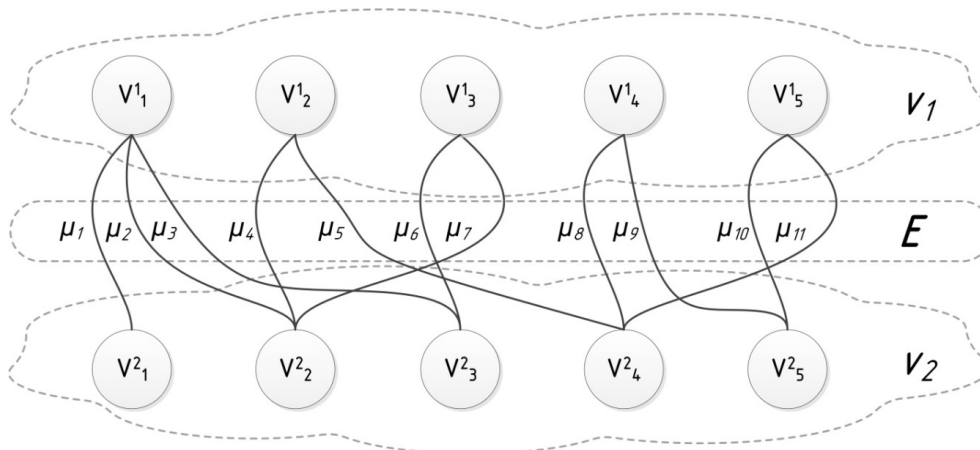


Рис. 2. Взвешенный граф векторов слов

Ребра с весами меньше 0,5 исключаются при синтезе графа, так как на начальном этапе не интересуют образовательные программы, которые готовят специалистов с компетенциями, слабовостребованными в текущий момент времени в выбранном регионе. Однако эти программы могут быть востребованы при новом поиске, при отборе вакансий для другого региона, при разработке новой ОП. Веса ребер представляют нормированную оценку степени сходимости векторов ключевых слов, полученных из компетентностных требований. Подмножество вершин подграфа V_1 формируется посредством извлечения описаний компетенций из ОП и профессиональных стандартов, а также извлечения наборов ключевых слов из содержания тем и разделов рабочих программ дисциплин в составе ОП. Это необходимо, так как обычно описания компетенций, которые добавляются ОП, берутся из федеральных государственных стандартов, где они излагаются обобщенно без конкретизации. А в вакансиях на рынке труда требуемые компетенции чаще всего описаны более подробно и конкретно, что не позволяет установить необходимое соответствие между обобщенными компетенциями ОП и компетенциями востребованного специалиста. Однако это можно сделать, если проанализировать содержание рабочих программ и понять, какие знания, умения и навыки приобретаются специалистом в ходе своего обучения в учебном заведении.

Для синтеза конвергентной модели образовательного процесса необходимо преобразовать граф с целью выделения схожих (конвергентных) образовательных программ и похожих вакансий на региональном рынке труда. Необходимо установить и оценить взаимосвязи между предлагаемыми учебными заведениями ОП и требуемыми вакансиями. Далее в случае наличия сильных связей перейти к рекомендациям по выбору существующей образовательной программы, отбору образовательных ресурсов и синтезу персонализированной траектории по подготовке востребованного специалиста.

В случае отсутствия ОП в регионе необходимо либо расширить зону поиска учебных заведений, которые могут подготовить специалиста требуемой вакансии, либо перейти к разработке новой дополнительной ОП согласно требованиям работодателей.

Для достижения цели на первом этапе необходимо выполнить алгоритм кластеризации графа. По условию задачи входными и выходными данными будет граф, представленный в виде матрицы смежности, с элементами в виде весов ребер. Для кластеризации вершин также задается «критерий схожести», метрическое пространство и функция метрики для каждой пары вершин графа.

Алгоритм кластеризации графа представляет функцию $F : V \rightarrow V'$, которая вершинам подграфов V_{1i} и V_{2i} ставит в соответствие кластеры V'_1 и V'_2 . Веса ребер μ будем считать метрикой расстояния между вершинами. Результатом кластеризации считается граф $G' = (V'_1, V'_2, E')$, где V'_1 и V'_2 – подмножества множества кластеров векторов компетенций ОП и векторов компетенций работодателей, связанных ребрами E' с интегральными весами μ' . С математической точки зрения вершины, объединяемые в кластер, должны иметь минимальное среднее внутрикластерное расстояние и максимальное межкластерное. Так как в нашем случае в кластер объединяются вершины с максимальной степенью сходства векторов ключевых слов, процедура минимизации/максимизации расстояний состоит в выборе порогового значения веса μ ребра e_i . При этом ребра с весом больше порогового значения будут объединять вершины одного кластера. В общем случае вершины могут одновременно принадлежать нескольким кластерам, так как разные ОП могут иметь схожие компетентностные вектора.

В качестве базового алгоритма кластеризации в нашем случае был выбран достаточно популярный Лувенский метод (Louvain) [26, 27], который показывает большую точность и превосходит существующие аналоги по вычислительной скорости на сетях с известной структурой, к которым относятся большие графовые модели, как в нашем случае.

В основе алгоритма лежит определение оптимизации коэффициента модульности кластеров вершин. Коэффициент модульности в оригинальном алгоритме представляет собой плотность ребер внутри кластера в диапазоне $[-1, 1]$ в сравнении с количеством межкластерных ребер. Фактически модульность – это сумма весов ребер, инцидентных вершине внутри кластера, за минусом суммы весов ребер вершины, связанных с вершинами других кластеров. В нашем случае при определении коэффициента модульности учитываются только веса ребер, которые больше заданного порогового значения. Ребра с меньшими весами, чем пороговое значение, не учитываются при кластеризации. При этом величина порога подбирается итерационно, в зависимости от размеров получаемых кластеров. Первоначально задается величина 0,75 и, если в результате получается большее число вырожденных кластеров (вырожденными считаются кластеры с одной вершиной), то порог снижается на 0,05, и, наоборот, если все вершины попадают в один кластер, то порог увеличивается на 0,05 и процесс кластеризации повторяется. Алгоритм заканчивает работу при нахождении оптимального числа невырожденных кластеров.

Значение коэффициента модульности рассчитывается как

$$M = \frac{1}{2r} \sum_{i,j} \left[\mu_{i,j} - \frac{\sum \mu_{e_i} \sum \mu_{e_j}}{2r} \right] \delta(c_i, c_j), \quad (1)$$

где M – модульность; r – сумма весов ребер подграфа ($r > p$), которые имеют веса больше заданного порога p ; $\mu_{i,j}$ – вес ребра между вершинами i и j , которые могут объединиться в кластер ($\mu_{i,j} > p$), μ_{e_i} и μ_{e_j} – веса ребер e_i и e_j , инцидентных вершинам i и j ($\mu_{e_i} > p, \mu_{e_j} > p$), c_i, c_j – кластеры с вершинами i и j , $\delta(c_i, c_j)$ – дельта Кронекера – индикатор равенства кластеров ($\delta(c_i, c_j) = 1$, если $c_i = c_j$, если нет – 0).

Коэффициент модульности отдельного кластера определяется как

$$M_c = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i^c}{2r} - \left(\frac{\sum_{i=1}^k (\mu_i^c + \mu_i^o)}{2r} \right)^2, \quad (2)$$

где M_c – модульность кластера; μ_i^c – вес внутрикластерного ребра, больший порога ($\mu > p$); μ_i^o – вес межкластерного ребра, больший порога ($\mu > p$); n – число внутрикластерных ребер; k – общее число ребер, инцидентных всем вершинам кластера.

В алгоритме можно выделить основные стадии:

1. На первой стадии выполняется поиск локальных кластеров минимальных размеров с оптимальным значением функции модульности. Каждой вершине присваивается номер своего кластера и рассчитывается модульность кластеров.

2. Выбирается произвольный кластер, из которого вершина переставляется по очереди в каждый соседний кластер. После перестановки подсчитывается изменение коэффициента модульности ΔM до и после перестановки вершины и выбирается кластер с наибольшим изменением модульности $\max \Delta M > 0$, в котором закрепляется переставленная вершина. Если ни одна из перестановок не увеличивает модулярность, то вершина остается в том же кластере. Данный пункт повторяется, пока изменения коэффициента не останутся неизменными.

3. Граф с кластерами преобразуется в мультиграф. Вершины кластеров объединяются в одну с преобразованием ребер между ними в петли, а кратные ребра между полученными вершинами заменяются одним. Новые веса петель и ребер пересчитываются как среднее арифметическое из весов старых ребер.

4. Пункты 2 и 3 повторяются, пока не будет достигнута оптимальная величина коэффициента модульности (когда изменений модульности больше не будет происходить).

Алгоритм Лувена использован в нашем случае в качестве функции оптимизации при определении сходимости компетентностных матриц образовательных программ и работодателей на региональных рынках труда. Математическая процедура объединения вершин графа демонстрирует процесс конвергенции образовательных программ разных специальностей и существующих вакансий на рынках труда, что позволяет выполнять оперативный мониторинг списка востребованных профессий и квалификаций специалистов. При этом число кластеров векторов компетенций образовательных программ и векторов компетенций из вакансий заранее жестко не определяется

и может меняться в процессе кластеризации. Ограничениями в нашем случае являются величины весов ребер, которыми можно варьировать, изменяя тем самым количество конвергентных ОП и вакансий работодателей.

Выводы

Проникновение цифровизации во все виды деятельности человека и широкое внедрение интеллектуальных технологий в производственной сфере приводят к использованию и развитию конвергентной модели образования, что означает применение механизмов управления процессами конвергенции, включающих методы, методики и средства актуализации, адаптации, синхронизации образовательных программ и контента с требованиями стандартов, работодателей и условий региональных рынков труда.

В статье рассмотрены практические вопросы синтеза и развития концепции конвергентного образования. Для реализации концепции разработаны модели и методы управления конвергентными процессами на основе синхронизации образовательных программ, электронных образовательных ресурсов и требований работодателей на региональных рынках труда. Отличительной чертой конвергентного подхода является способность образовательных программ и ресурсов к адаптивной настройке под требования стандартов и работодателей.

Аналитический обзор российских и зарубежных публикаций по проблеме конвергентного образования показал, что исследования российских авторов в основном касаются методологических, педагогических, философских и концептуальных вопросов, в то время как исследования зарубежных авторов направлены на практические аспекты синтеза и использования конвергентной модели. Данные аспекты касаются:

- а) реализации нескольких программ разного содержания при подготовке разностороннего специалиста;
- б) синтеза комплексных программ обучения, объединяющих несколько дисциплин для подготовки специалистов в разных предметных областях;
- в) создания информационно-образовательной среды для реализации программ конвергентного обучения.

Это подтверждает актуальность представленных в статье исследований, так как они представляют научно-методический подход к реализации концепции конвергентного образования. Разработанные модели и методы можно оценить с точки зрения ряда следующих критериев:

- а) актуальность и применимость для предметной области. Исследования показали актуальность и применимость модели конвергентного образования с использованием разработанных моделей и методов для анализа компетентностных матриц ОП и работодателей и синтеза актуализированных программ подготовки специалистов и консолидированного образовательного контента на базе решения задач кластеризации взвешенных нечетких графов;
- б) реализуемость метода на практике. Функциональность разработанных методов позволяет их реализовать на базе языка Python, где уже есть разработанные соответствующие библиотеки с рабочими модулями кластеризации и выделения изоморфных подграфов;
- в) эффективность предложенного метода кластеризации. Преимуществами разработанного метода являются снижение размерности за счет пред-

варительного исключения ребер, показывающих «слабую» взаимосвязь вершин, кластеризацию вершин только с «сильными» связями и весами больше порогового значения. При этом величина порога может динамически меняться в зависимости от результата кластеризации. Также предложенный метод не требует четкого задания количества кластеров на начальном этапе;

г) производительность. Представленные алгоритмы являются эффективными с вычислительной сложностью в лучшем случае $O(n)$ затрат и в худшем случае со сложностью порядка $O(m \log(n))$, где n – число вершин и m – число ребер в графе. Есть ряд недостатков, например, проблемой при работе алгоритма кластеризации являются попытки объединения кластеров с минимальным числом вершин в один даже при неоптимальном коэффициенте модульности.

В процессе исследований разработан подход к синтезу механизмов управления конвергентными процессами в открытой образовательной среде. Для сбора и консолидации исходных данных реализован метод мониторинга региональных рынков труда и предоставляемых образовательных услуг в регионах. Мониторинг регионального рынка труда базируется на автоматизированном сборе и консолидации информации о существующих вакансиях в регионах, извлечения данных о востребованных компетенциях специалистов. Далее применяются технологии интеллектуального анализа полученных данных для моделирования изменений в требуемых компетенциях с целью актуализации и синхронизации образовательных программ и ресурсов, адаптации персонализированных траекторий подготовки специалистов.

Использование персонализированного подхода к обучению в конвергентной образовательной среде обеспечивает возможность подготовки квалифицированных и востребованных на рынке труда специалистов.

Результаты исследования применяются для разработки и построения интеллектуальной информационно-образовательной среды (Smart Education Environment) с механизмами поддержки процессов обучения на основе анализа региональных вакансий с целью актуализации образовательного контента и программ обучения, согласования моделей их жизненных циклов, настройки и персонализации траекторий обучения специалистов. В состав архитектуры цифровой образовательной среды входит комплекс программно-инструментальных средств управления компонентами информационным пространством вуза, обеспечивается поддержка технологий мобильного, облачного и смешанного обучения.

Список литературы

1. Роберт И. В. Развитие информатизации образования в условиях цифровой трансформации // Педагогика. 2022. Т. 86, № 1. С. 40–50.
2. Роберт И. В. Конвергентное образование: истоки и перспективы // Наука о человеке: гуманитарные исследования. 2018. № 2. С. 64–76. URL: <https://rucont.ru/efd/661257> (дата обращения: 14.07.2022).
3. Деев М. В., Гамидуллаева Л. А., Финогеев А. Г., Финогеев А. А. Конвергентный подход к актуализации образовательных программ и контента для развития экосистемы образования в условиях перехода к цифровой экономике // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2020. № 3. С. 84–101. doi:10.21685/2227-8486-2020-3-8

4. Роберт И. В. Развитие аксиологии образования периода цифровой трансформации // Человеческий капитал. 2021. Т. 2, № 12. С. 9–14.
5. Роберт И. В. Развитие образования в условиях цифровой парадигмы в контексте аксиологического подхода // Мир психологии. 2021. № 1-2. С. 89–103.
6. Sipos K., Karoly B. The opportunities of the digital education. 2021. P. 224–229.
7. Vesin B., Mangaroska K., Giannakos M. Learning in smart environments: user-centered design and analytics of an adaptive learning system // Smart Learning Environments. 2018. Vol. 5. doi:10.1186/s40561-018-0071-0
8. Chang J., Wong S., Newcomb R., Hafliger P. The Third Revolution in Medicine—the Convergence of Life Sciences with Physical Sciences, Mathematics, and Engineering // IEEE Circuits and Systems Magazine. 2012. № 12. P. 4–7. doi:10.1109/MCAS.2012.2206989
9. Sharp P., Hockfield S. Convergence: The future of health // Science. 2017. Vol. 355. P. 589. doi:10.1126/science.aam8563
10. Dzau V. J., Balatbat C. A. Reimagining population health as convergence science // Lancet. 2018. Vol. 392. P. 367–368. doi:10.1016/S0140-6736(18)31372-2
11. Herr D., Akbar B., Brummet J. [et al.]. Convergence education—an international perspective // Journal of Nanoparticle Research. 2019. Vol. 21. doi:10.1007/s11051-019-4638-7
12. Борисенко О. А., Джу С. The convergence of system in Russian education modernization // Политика, государство и право. 2014. № 12. URL: <https://politika.snauka.ru/2014/12/2134> (дата обращения: 26.01.2022).
13. Куркин Е. И. Современным детям – конвергентное образование // Образовательная политика. 2011. № 3. С. 45–52.
14. Свечкарев В. П. Конвергентное образование на основе когнитивных технологий // Инженерный вестник Дона. 2015. № 1. URL: www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2887 (дата обращения: 09.07.2022).
15. Свечкарев В. П., Фролова А. С., Гура О. Р., Рязанова Я. Я. Конвергентное образование: социальный аспект // Инженерный вестник Дона. 2015. № 1. URL: www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3543 (дата обращения: 09.07.2022).
16. Капранов В. К., Капранова М. Н. Конвергенция образования // Все для администратора школы! 2016. № 3. С. 2–3.
17. Halloun I. Differential Convergence Education from Pluridisciplinarity to Transdisciplinarity. 2020.
18. Halloun I. Model-based convergence in science education in the framework of Systemic Cognition and Education. 2020.
19. Deev M., Gamidullaeva L., Finogeev A. [et al.]. The Convergence Model of Education for Sustainability in the Transition to Digital Economy // Sustainability. 2021. Vol. 13, № 20. P. 11441. doi:10.3390/su132011441
20. DeSimone J., Galitski T., Gentile J. [et al.]. Convergence: Facilitating Transdisciplinary Integration of Life Sciences, Physical Sciences, Engineering, and Beyond. 2014. doi:10.17226/18722
21. Деев М. В., Финогеев А. Г., Финогеев А. А., Гамидуллаева Л. А. Модели и методики актуализации образовательных программ и контента в рамках построения интеллектуальных образовательных систем // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2020. № 4. С. 9–20.
22. Деев М. В., Финогеев А. Г., Финогеев А. А., Гамидуллаева Л. А. Методика оценки сходимости образовательного контента для конвергентной модели обучения // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 11-2. С. 360–364. URL: <http://top-technologies.ru/ru/article/view?id=38388> (дата обращения: 09.07.2022).
23. Deev M., Finogeev A., Gamidullaeva L. [et al.]. Tools for Convergence, Actualization and Personalizing Educational Programs and Content // Creativity in Intelligent Technologies and Data Science / ed. by A. G. Kravets, M. Shcherbakov, D. Parygin, P. P. Groumpos. Springer, Cham, 2021. Vol. 1448. doi:10.1007/978-3-030-87034-8_35

24. Dwivedi V., Shrivastava M. Beyond Word2Vec: Embedding Words and Phrases in Same Vector Space // Conference: International Conference on Natural Language Processing (ICON). Kolkata, India, 2017.
25. Mikolov T., Sutskever I., Chen K. [et al.]. Distributed Representations of Words and Phrases and their Compositionality // Neural Information Processing Systems. 2013. Vol. 29.
26. Blondel V. D., Guillaume J.-L., Lambiotte R., Lefebvre E. Fast unfolding of communities in large networks // Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment. 2008. Vol. 10. P. 10008. doi:10.1088/1742-5468/2008/10/P10008
27. Lancichinetti A., Fortunato S. Benchmarks for testing community detection algorithms on directed and weighted graphs with overlapping communities // Physical Review. 2009. Vol. 80 (1).

References

1. Robert I.V. Development of informatization of education in the conditions of digital transformation. *Pedagogika = Pedagogy*. 2022;86(1):40–50. (In Russ.)
2. Robert I.V. Convergent education: origins and prospects. *Nauka o cheloveke: gumanitarnye issledovaniya = Science of man: Humanitarian studies*. 2018;(2):64–76. (In Russ.). Available at: <https://rucont.ru/efd/661257> (accessed 14.07.2022).
3. Deev M.V., Gamidullaeva L.A., Finogeev A.G., Finogeev A.A. Convergent approach to updating educational programs and content for the development of the ecosystem of education in the transition to the digital economy. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve = Models, systems, networks in economics, technology, nature and society*. 2020;(3):84–101. (In Russ.). doi:10.21685/2227-8486-2020-3-8
4. Robert I.V. Development of the axiology of education in the period of digital transformation. *Chelovecheskiy kapital = Human capital*. 2021;2(12):9–14.
5. Robert I.V. The development of education in the digital paradigm in the context of the axiological approach. *Mir psikhologii = The world of psychology*. 2021;(1-2):89–103. (In Russ.)
6. Sipos K., Karoly B. *The opportunities of the digital education*. 2021:224–229.
7. Vesin B., Mangaroska K., Giannakos M. Learning in smart environments: user-centered design and analytics of an adaptive learning system. *Smart Learning Environments*. 2018;5. doi:10.1186/s40561-018-0071-0
8. Chang J., Wong S., Newcomb R., Hafliger P. The Third Revolution in Medicine—the Convergence of Life Sciences with Physical Sciences, Mathematics, and Engineering. *IEEE Circuits and Systems Magazine*. 2012;(12):4–7. doi:10.1109/MCAS.2012.2206989
9. Sharp P., Hockfield S. Convergence: The future of health. *Science*. 2017;355:589. doi:10.1126/science.aam8563
10. Dzau V.J., Balatbat C.A. Reimagining population health as convergence science. *Lancet*. 2018;392:367–368. doi:10.1016/S0140-6736(18)31372-2
11. Herr D., Akbar B., Brummet J. et al. Convergence education—an international perspective. *Journal of Nanoparticle Research*. 2019;21. doi:10.1007/s11051-019-4638-7
12. Borisenko O.A., Dzhu S. The convergence of system in Russian education modernization. *Politika, gosudarstvo i pravo = Politics, state and law*. 2014;(12). Available at: <https://politika.snauka.ru/2014/12/2134> (accessed 26.01.2022).
13. Kurkin E.I. Modern children – convergent education. *Obrazovatel'naya politika = Educational policy*. 2011;(3):45–52. (In Russ.)
14. Svechkarev V.P. Convergent education based on cognitive technologies. *Inzhenernyy vestnik Dona = Engineering Bulletin of the Don*. 2015;(1). (In Russ.). Available at: www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2887 (accessed 09.07.2022).

15. Svechkarev V.P., Frolova A.S., Gura O.R., Ryazanova Ya.Ya. Convergent education: social aspect. *Inzhenernyy vestnik Dona = Engineering Bulletin of the Don*. 2015;(1). (In Russ.). Available at: www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3543 (accessed 09.07.2022).
16. Kapranov V.K., Kapranova M.N. Convergence of education. *Vse dlya administratora shkoly! = Everything for the school administrator!* 2016;(3):2–3. (In Russ.)
17. Halloun I. *Differential Convergence Education from Pluridisciplinarity to Transdisciplinarity*. 2020.
18. Halloun I. *Model-based convergence in science education in the framework of Systemic Cognition and Education*. 2020.
19. Deev M., Gamidullaeva L., Finogeev A. et al. The Convergence Model of Education for Sustainability in the Transition to Digital Economy. *Sustainability*. 2021;13(20):11441. doi:10.3390/su132011441
20. DeSimone J., Galitski T., Gentile J. et al. *Convergence: Facilitating Transdisciplinary Integration of Life Sciences, Physical Sciences, Engineering, and Beyond*. 2014. doi:10.17226/18722
21. Deev M.V., Finogeev A.G., Finogeev A.A., Gamidullaeva L.A. Models and methods of updating educational programs and content within the framework of building intelligent educational systems. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii = Caspian Journal: management and high technologies*. 2020;(4):9–20. (In Russ.)
22. Deev M.V., Finogeev A.G., Finogeev A.A., Gamidullaeva L.A. Methodology for assessing the convergence of educational content for a convergent learning model. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii = Modern high-tech technologies*. 2020; (11-2):360–364. (In Russ.). Available at: <http://top-technologies.ru/ru/article/view?id=38388> (accessed 09.07.2022).
23. Deev M., Finogeev A., Gamidullaeva L. et al. Tools for Convergence, Actualization and Personalizing Educational Programs and Content. *Creativity in Intelligent Technologies and Data Science / ed. by A.G. Kravets, M. Shcherbakov, D. Parygin, P.P. Groumpos*. Springer, Cham, 2021;1448. doi:10.1007/978-3-030-87034-8_35
24. Dwivedi V., Shrivastava M. Beyond Word2Vec: Embedding Words and Phrases in Same Vector Space. *Conference: International Conference on Natural Language Processing (ICON)*. Kolkata, India, 2017.
25. Mikolov T., Sutskever I., Chen K. et al. Distributed Representations of Words and Phrases and their Compositionality. *Neural Information Processing Systems*. 2013;29.
26. Blondel V.D., Guillaume J.-L., Lambiotte R., Lefebvre E. Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*. 2008;10:10008. doi:10.1088/1742-5468/2008/10/P10008
27. Lancichinetti A., Fortunato S. Benchmarks for testing community detection algorithms on directed and weighted graphs with overlapping communities. *Physical Review*. 2009;80(1).

Информация об авторах / Information about the authors

Михаил Викторович Деев

кандидат технических наук,
заместитель начальника отдела
программирования и администрирования
образовательных ресурсов
Центра мультимедийных технологий
и онлайн-обучения,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: miqz@yandex.ru

Mikhail V. Deev

Candidate of technical sciences,
deputy head of the department
of programming and administration
of educational resources
of the center for multimedia technologies
and online learning,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Алексей Германович Финогеев

доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры систем
автоматизированного проектирования,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: alexeyfinogeev@gmail.com

Aleksey G. Finogeev

Doctor of technical sciences, professor,
professor of the sub-department
of computer-aided design systems,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Александр Анатольевич Грушевский

программист отдела программирования
и администрирования образовательных
ресурсов Центра мультимедийных
технологий и онлайн-обучения,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: sgrushevskii@mail.ru

Aleksandr A. Grushevskiy

Programmer of the department
of programming and administration
of educational resources
of the center for multimedia technologies
and online learning,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /
The authors declare no conflicts of interests.**

Поступила в редакцию/Received 31.08.2022

Поступила после рецензирования/Revised 27.10.2022

Принята к публикации/Accepted 30.11.2022