

РАЗДЕЛ 2

МОДЕЛИ, СИСТЕМЫ, СЕТИ В ТЕХНИКЕ

УДК 378, 004.942

DOI 10.21685/2227-8486-2020-3-8

КОНВЕРГЕНТНЫЙ ПОДХОД К АКТУАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ И КОНТЕНТА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ЭКОСИСТЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА К ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

М. В. Деев, Л. А. Гамидуллаева, А. Г. Финогеев, А. А. Финогеев

CONVERGENT APPROACH TO UPDATING EDUCATIONAL PROGRAMS AND CONTENT FOR THE DEVELOPMENT OF AN EDUCATION ECOSYSTEM DURING TRANSITION TO A DIGITAL ECONOMY

M. V. Deev, L. A. Gamidullaeva, A. G. Finogeev, A. A. Finogeev

Аннотация. *Предмет и цель работы.* В условиях постоянных изменений, когда устаревание технических решений и бизнес-моделей происходит в горизонте нескольких лет, система образования должна трансформироваться в направлении повышения гибкости, персонализированности и эластичности. Это актуализирует проблему поиска новых способов организации процессов обучения и моделей управления. Рассматриваются вопросы актуализации образовательных программ и образовательного контента с учетом меняющихся требований стандартов и работодателей к квалификации и компетенциям специалистов. *Методы.* Предложена методология актуализации образовательных программ и контента на основании конвергентного подхода. *Результаты и выводы.* Показано, что процесс актуализации в условиях построения инновационной и цифровой экономики связан с переходом к модели конвергентного образования. Конвергентная модель образовательной среды синтезирована на базе сближения моделей управления образовательным контентом, образовательными программами и процессом подготовки специалиста с возможностью синхронизации их жизненных циклов.

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

Abstract. *Subject and goals.* In the context of constant changes, when the obsolescence of technical solutions and business models occurs in the horizon of several years, the education system must transform in the direction of increasing flexibility, personalization, elasticity. This actualizes the problem of finding new ways of organizing learning processes and new management models. The article discusses the issues of updating educational programs and educational content, taking into account the changing requirements of standards

© Деев М. В., Гамидуллаева Л. А., Финогеев А. Г., Финогеев А. А., 2020

and employers for the qualifications and competencies of specialists. *Methods.* A methodology for updating educational programs and content based on a convergent approach is proposed. *Results and conclusions.* It is shown that the process of actualization in the context of building an innovative and digital economy is associated with the transition to a model of convergent education. The convergent model of the educational environment is synthesized on the basis of the convergence of models for managing educational content, educational programs and the process of training a specialist with the ability to synchronize their life cycles.

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

Введение

В современных условиях существует острая потребность экономики в высококвалифицированных кадрах, обладающих новыми компетенциями. В свою очередь, постоянно увеличивающаяся сложность производимых продуктов, междисциплинарный характер новых технологий, большинство из которых носит «сквозной» характер на стыке отраслей, требуют вовлечения в производственный процесс широкого круга участников с разными, в том числе кросс-отраслевыми, компетенциями. При этом образовательные программы университетов часто не удовлетворяют подобным требованиям современного рынка. В условиях постоянных изменений, когда устаревание технических решений и бизнес-моделей происходит в горизонте нескольких лет, специалистам необходимо постоянно обучаться новым бизнес-практикам и навыкам, быстро наращивать компетенции.

На практике большинство проблем связано с некорректной формулировкой компетенций со стороны работодателей, отсутствием возможности получения требуемых компетенций в региональных учебных заведениях, высокой скоростью изменений требований реального сектора экономики, присутствием временного лага между появлением новых требований к компетенциям и внесением изменений в образовательные программы и контент, а также необходимостью согласования изменений с требованиями профессиональных и образовательных стандартов.

Образование в таких условиях должно быть максимально гибким и эластичным, т.е. требуется постоянный мониторинг запросов рынка, проведение новых экспертиз и незамедлительная адаптация образовательных программ и преподавательского корпуса под новые требования.

Таким образом, система образования должна трансформироваться в направлении повышения гибкости, персонализированности, ориентированности на обучение в течение всей жизни, развития «компетенций будущего», что актуализирует проблему поиска новых способов организации процессов обучения и новых моделей управления на основе современных интеллектуальных и цифровых технологий в сфере образования [1].

На первый план выходит концепция открытого электронного обучения с использованием интернет-технологий, мобильной связи, облачных ресурсов для обеспечения онлайн доступа к образовательным ресурсам [2]. Развитие технологий мобильной связи и перехода к сетям поколений 4G и 5G обеспечивает возможность повсеместного доступа к образовательному контенту. При этом информационная среда обучения становится открытой и выходит за границы аудиторий и учебных заведений [3]. В таких условиях набирает по-

пулярность концепция образовательной экосистемы [4], нацеленной на развитие у учащихся компетенций и метакомпетенций (универсальных навыков) [5], востребованных в новой постиндустриальной экономике, и имеющей следующие особенности: пластичность, вариативность, системность, интерактивность, модульность. Таким образом, информационно-образовательная среда экосистемы должна создавать условия для формирования необходимых узкопрофессиональных, профессиональных и метакомпетенций у обучающегося.

Традиционные институциональные роли образовательных учреждений такие, как, например, обеспечение качества или выбор стратегии финансирования, в современной форме кардинально расходятся с экосистемным подходом. Университетам необходимо переосмыслить свои основные организационные модели и модели обучения и стать гибкими обучающими организациями, способными быстро адаптироваться к изменениям [6]. В работе [7] авторами подчеркивается необходимость выполнения современным преподавателем функций по формированию и развитию экосистемы обучения.

Образовательные экосистемы объединяют различных стейкхолдеров, включая представителей бизнеса, общества и государства, и ориентированы на совершенствование процессов обучения в целях согласования интересов всех участников на принципах сотрудничества и партнерства.

Отличительными характеристиками образовательных экосистем являются [8]:

1. *Разнообразие* – множество участников, которые выполняют множество ролей, обеспечивая «структурную стабильность» экосистемы.

2. *Максимальная производительность и цикличность ресурсов в экосистеме* – ресурсы, включая знания, оптимизированы и распределяются между участниками.

3. *Динамическая адаптивность* – экосистемы могут адаптироваться и реагировать на потребности учащихся и изменения институциональной среды (это критическая особенность, которая отличает экосистемы от более ранних и более жестких подходов к «партнерству»).

4. *Масштабируемость* – экосистемы могут действовать в различных масштабах – от групп учащихся до глобального сообщества.

В процессе реализации экосистемного подхода в образовании исследователи сталкиваются с трудностями, связанными прежде всего с методологической слабостью данного подхода [9–12], что не позволяет в полной мере раскрыть потенциал модели образовательных экосистем.

В хорошо спроектированной образовательной экосистеме присутствуют глубоко интегрированные и взаимосвязанные сети по всей образовательной цепочке, обеспечивающие беспрепятственный автоматический обмен актуальной информацией. И именно взаимосвязи различных участников и сеть адаптивных процессов и отношений являются ключевыми аспектами, создающими стратегические преимущества для всех участников. Долгосрочная поддержка этих процессов и отношений повышает стратегическую ценность этой образовательной сети для всех заинтересованных сторон.

Авторами предпринята попытка «операционализации» модели образовательной экосистемы в части решения проблемы актуализации образова-

тельных программ и контента с использованием средств искусственного интеллекта, что должно стать стимулом к «запуску» процессов самоорганизации в открытой информационно-образовательной среде. Использование конвергентного подхода к образовательному процессу даст возможность обеспечить междисциплинарный синтез различных предметных областей в процессах обучения современных специалистов. Последнее является ключевой предпосылкой становления и развития цифровой экономики.

Развитие модели конвергентного образования

Подготовка специалистов в открытой среде образовательной экосистемы требует модернизации существующих подходов к обучению [13]. Речь идет о сближении или сходимости подходов к подготовке специалистов разных предметных областей на основе модели конвергентного образования [14]. Открытая информационно-образовательная среда с интеллектуальным механизмом персонализации процесса подготовки и переподготовки специалистов является инструментом перехода к концепции конвергентного образования [15]. Средства искусственного интеллекта предназначены для адаптивного управления процессом актуализации образовательных ресурсов (контента) и программ обучения с настройкой на требования рынка труда и инновационной экономики.

Постоянная актуализация необходима, чтобы успевать за изменениями в обществе, отвечать новым требованиям к специалистам в условиях цифровизации большинства процессов жизнедеятельности человека. Целью актуализации является повышение квалификации и/или переподготовки специалистов после получения среднего специального или высшего образования в учебных заведениях с учетом новых требований работодателей к их компетенциям [16]. В результате научно-технического прогресса, интеллектуализации и цифровизации производства, отказа от старых производственных технологий происходит быстрое старение образовательного контента. Обучение по устаревшим образовательным программам приводит к невозможности получения необходимых компетенций, к тому, что выпускники учебных заведений не востребованы на рынке труда. Для снижения данных рисков необходим систематический и постоянный мониторинг требований инновационной экономики, работодателей и рынка труда в целом на предмет выявления новых технологических и производственных трендов.

Образовательный процесс с позиции мультиагентного подхода можно представить в виде взаимодействия множества агентов (актеров) в саморазвивающейся, открытой и изменчивой среде на разных стадиях жизненного цикла подготовки специалистов [17,18]. Акторами являются федеральное и региональные министерства и ведомства, образовательные учреждения, работодатели, администраторы и методисты учебного процесса, преподаватели, студенты, библиотеки и т.д., образующие данную экосистему. Устойчивость экосистемы образования можно определить как способность непрерывно поддерживать информационное взаимодействие между актерами, обеспечивать их профессиональную деятельность в соответствии с системными принципами сбалансированности образовательных бизнес-процессов. Основные акторы и их функции представлены в табл. 1.

Таблица 1

Примеры и функции акторов

Акторы	Основные роли	Основные функции
Предприятия, учреждения, предприниматели	Заказчик трудовых ресурсов	Синтез и формулировка требуемых компетенций. Поиск и отбор выпускников и специалистов с требуемыми компетенциями
Учебные заведения, образовательные интернет-площадки	Интегратор образовательных ресурсов. Администратор процесса обучения	Интеграция образовательных ресурсов и технологий. Согласование с образовательными и профессиональными стандартами. Управление образовательным процессом. Обеспечение взаимодействий между акторами в информационно-образовательной среде
Министерства и ведомства	Регулятор образовательного процесса	Аттестация и аккредитация учебных заведений. Разработка образовательных стандартов. Распределение финансирования
Электронные библиотеки и интернет-ресурсы	Интегратор образовательных ресурсов	Аккумуляция и интеграция образовательных ресурсов. Предоставление доступа к образовательным ресурсам
Преподаватели, учителя, методисты	Генератор образовательного контента и технологий. Исполнитель учебного процесса	Синтез образовательного контента. Реализация образовательного процесса
Обучающийся	Потребитель образовательного контента и технологий	Обеспечение процессов использования ресурсов как можно дольше с возможностью регенерации продуктов проектов в другие проекты

Партнерство между всеми заинтересованными сторонами (актерами) в сфере образования позволит своевременно выявлять изменяющиеся потребности обучающихся в новых знаниях, умениях, навыках с учетом текущих технологических и производственных трендов.

В открытой системе в соответствии с системно-синергетическим подходом также присутствуют элементы процесса самоорганизации. Они возможны, когда для всех участников существует открытый механизм обратной связи. Данный механизм позволяет реализовать адаптивную настройку и актуализацию образовательных программ и контента с учетом требований к компетенциям специалистов со сторон работодателей и согласовать их с требованиями профессиональных и образовательных стандартов.

Конвергенцией принято называть сближение (схождение) свойств и признаков различных процессов и явлений в результате взаимопроникновения и функционирования сложных систем в определенных условиях [19].

National Science Foundation (NSF) определяет конвергенцию как глубокую интеграцию знаний, методов и опыта из разных предметных областей для формирования новых и расширенных рамок решения научных и общественных проблем [20]. Конвергенция объединяет знания, инструменты и способы мышления из естественных, социальных, гуманитарных наук и искусства, физических, математических и вычислительных наук, инженерных дисциплин, чтобы сформировать всеобъемлющую основу для решения научных и социальных проблем на стыке множества областей. Интеграция социальных, когнитивных и информационных технологий в системе открытого образования позволяют говорить о новой конвергентной модели образовательного процесса. Когнитивные и социальные технологии в образовании представляют собой методы стимулирования познавательных способностей обучаемых.

Для реализации модели конвергентного образования необходимо создать информационно-образовательную среду с интеллектуальными методами управления процессом подготовки специалиста. Среда должна поддерживать методологию интегрированного обучения STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) [21].

STEAM предлагает трансдисциплинарный образовательный процесс на базе платформы, обеспечивающей междисциплинарный синтез различных дисциплин при обучении специалистов. Это позволяет формировать у обучающихся крайне востребованные в современных условиях метакомпетенции, развивает навыки решения практических задач и коммуникативные навыки. STEAM как образовательная парадигма способствует объединению смежных секторов (например, энергетика, транспорт, сельское хозяйство, здравоохранение, информационные технологии и т.д.), обеспечивая при этом холистический подход к обучению, стимулируя креативное мышление, системное видение общественных процессов и, как следствие, способствуя генерации и разработке инновационных идей и продуктов.

Данная методология позволяет применять ряд новых подходов к получению знаний на основе единой платформы, которая способствует освоению схожих компетенций в разных предметных областях знаний. Таким образом, эволюция процесса подготовки специалистов идет в направлении перехода к конвергентной модели образования [22,23] (рис. 1).

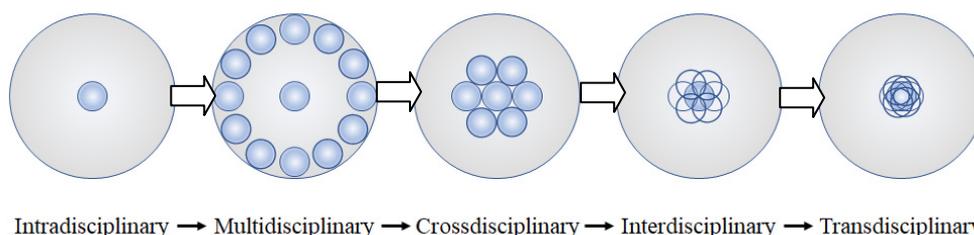


Рис. 1. Графическое представление тренда развития конвергентного образования в иерархии подходов к изучению дисциплин

1. Этап внутридисциплинарного подхода к обучению предполагает использование образовательного контента в рамках изучаемой дисциплины конкретной специальности. Переход к изучению новой дисциплины и работе

с другим образовательным контентом происходит после выхода за установленные дисциплинарные границы.

2. Этап мультидисциплинарного подхода к обучению предполагает использование образовательного контента разных дисциплин для освоения изучаемой. Фактически образовательный контент данной дисциплины является интеграцией знаний из других дисциплин.

3. Этап кроссдисциплинарного подхода к обучению предполагает использование образовательных ресурсов других дисциплин в сочетании с оригинальным контентом изучаемой дисциплины. При этом реализуется координация взаимодействия между ресурсами разных дисциплин для поиска пересекающихся (сходящихся) частей контента.

4. Этап междисциплинарного подхода к обучению предполагает интеграцию образовательных ресурсов разных дисциплин для синтеза нового контента с едиными методическими приемами усвоения знаний и получения компетенций. Фактически здесь можно говорить о переходе к конвергентному образованию.

5. Этап трансдисциплинарного подхода к обучению или полностью конвергентной модели обучения предполагает использование открытой образовательной среды, объединяющей единые образовательные ресурсы для изучения дисциплин разных предметных областей [24].

Модель конвергентного образования включает ряд уровней в зависимости от сферы приложения, а именно:

а) уровень технологической конвергенции для синхронизации и согласования образовательных технологий;

б) уровень учебно-методической конвергенции для синхронизации и согласования образовательных программ и контента разных специальностей и дисциплин;

в) уровень профессиональной конвергенции для синхронизации и согласования компетенций различных видов профессиональной деятельности согласно требованиям профессиональных стандартов и работодателей;

г) уровень системной конвергенции для синхронизации и согласования работы разных систем в единой образовательной среде, таких как: системы управления образовательным контентом (learning content management system – LCMS), системы управления обучением (learning management system – LMS), системы управления учебной деятельностью (learning activity management system – LAMS) [25];

д) уровень социально-когнитивной конвергенции для синхронизации и согласования когнитивных и социальных технологий в целях стимулирования познавательных способностей при подготовке специалистов для инновационной деятельности.

Фактически конвергентный подход к обучению заключается в обеспечении сходимости образовательных траекторий разных специальностей в соответствии со сближающимися требованиями профессиональных стандартов и работодателей. В частности, переход к цифровой экономике привел к тому, что набор компетенций специалистов разных профессий должен включать компетенции из области информационно-телекоммуникационных и вычислительных технологий. Результатом является сближение образовательных программ, создание единого образовательного контента, применение схожих методов и технологий обучения для специалистов. Модель конвергентного

образования определяет сближение компетенций, обозначенных в профессиональных и образовательных стандартах с учетом требований работодателей. Концепция конвергенции в образовании требует интеграции образовательных ресурсов и технологий в единой информационно-образовательной среде с интеллектуальными механизмами синтеза персонализированных траекторий обучения и мониторинга приобретаемых компетенций с возможностью адаптивной настройки процесса обучения на меняющиеся внешние факторы [26]. К таким факторам относятся, например, смена должности, изменение трудовых функций, появление и внедрение инновационных и цифровых технологий и т.п. Поэтому специалистам в процессе обучения может потребоваться получение новых компетенций, что связано с актуализацией образовательных программ и контента в процессе управления их жизненными циклами.

Результаты

Методология решения задачи актуализации образовательных программ и контента

Задача актуализации образовательных программ и контента решается, с одной стороны, после появления новых или изменения профессиональных и образовательных стандартов, а с другой стороны, после поиска и сбора информации о меняющихся требованиях к компетенциям специалистов со стороны работодателей на региональных рынках труда. Исходными данными для анализа требований к компетенциям для вакансий в регионе являются:

1. Геопространственные данные о местоположении работодателей и временные сроки актуальности вакансий.
2. Данные о спросе/предложении вакансий на региональном рынке труда (формируются на основании анализа статистик размещения и просмотров объявлений, количества занятых вакансий и т.д.).
3. Данные о предлагаемой и реальной заработной плате для вакансий.
4. Ассортиментный перечень требований к специалистам на текущий момент.
5. Ассортиментный перечень компетенций, которые специалисты получают в учебных заведениях на текущий момент.
6. Перечень образовательных программ и ресурсов в учебных заведениях регионов с экспертной оценкой сложности их актуализации.

Существует ряд проблем актуализации, как например:

1. Нечеткость или невозможность формулировки требуемых компетенций со стороны работодателей.
2. Дифференциация в формулировках знаний, умений и навыков как составных частей компетенций.
3. Нехватка квалифицированных специалистов на региональных рынках труда.
4. Отсутствие необходимых компетенций в образовательных программах региональных учебных заведений.
5. Высокая динамика изменений требований реального сектора экономики к знаниям специалистов.
6. Большая временная задержка между появлением новых требований к компетенциям в регионе и внесением необходимых изменений в образова-

тельные программы и контент, а также выпуском подготовленных специалистов.

7. Необходимость бюрократического согласования вносимых изменений с профильными министерствами и ведомствами, а также с требованиями профессиональных и образовательных стандартов.

Проблемы приводят к невозможности быстрого отслеживания и реагирования учебных заведений на происходящие изменения на региональных рынках труда, что особенно характерно в условиях влияния глобальной пандемии, закрытия инновационных производств, роста безработицы и снижения потребностей в выпускаемых специалистах.

Информация для актуализации образовательных программ и контента может быть найдена в открытых источниках сети Интернет, как, например, разделы с вакансиями на сайтах предприятий, кадровых агентств, бирж труда, досках объявлений, на форумах, в чатах и группах социальных сетей и мессенджеров, в RSS (Rich Site Summary) рассылках и т.д. В связи с огромным количеством возможных информационных источников в Интернет для мониторинга и анализа данных востребованы технологии Big Data и интеллектуального анализа Data Mining [27, 28]. Технологии работы с большими данными требуют их предварительной подготовки или консолидации.

В процессе консолидации решаются задачи очистки данных, удаления дубликатов, объединения схожей или аналогичной информации, нормализации и систематизации данных, подготовки к загрузке в хранилище. Для систематизации и классификации информации о требуемых компетенциях используем метод синтеза векторных моделей ключевых слов, описывающих компетенции [29]. Это необходимо для формализации описания компетенции, ее идентификации, классификации по типам, сравнения описаний компетенций по степени схожести.

Векторная модель – это численное представление группы семантически связанных ключевых слов, характеризующих компетенцию [30]. Проблемой является то, что информация о схожих вакансиях и требуемых компетенциях в открытых источниках имеет разные форматы данных и неструктурированный вид. Векторное представление является компактным и унифицированным типом данных для хранения и обработки. Оно учитывает контекст и позволяет структурировать данные о событии путем представления в виде системы векторов и наборов ключевых слов. Для представления информации в виде векторов слов применим модифицированный алгоритм *Word2Vec* [31]. **В классическом варианте алгоритма** в качестве критерия оптимизации применяется логистическая функция кросс-энтропийных потерь SCEL (*softmax cross entropy loss*). Однако данная функция хорошо подходит только для решения бинарных задач с двумя результатами. В объявлениях о вакансиях число слов в фразах может измеряться десятками, поэтому для вычисления функции придется рассчитать потери в кросс-энтропии по всем выходам. Для снижения сложности будем использовать семплированную логистическую функцию потерь SCL (*sampled softmax loss*). Для получения результата сначала вычисляется функция перекрестной энтропии между истинным значением контекста для целевого слова и значением предсказанного слова, соответствующего истинному значению контекста. Затем добавляется кросс-энтропийная потеря k отрицательных семплов (целевое слово + слово вне

контекста), которые отбираются в соответствии с распределением шума. Далее определяем функцию потерь L следующим образом:

$$L = \text{SigCrEnt}(\text{Prediction}, \text{Correct Word}) + \sum_1^K E_{\text{noise}} \text{SigCrEnt}(\text{Prediction}, \text{Noise}),$$

где SigCrEnt – это ошибка, которую можно определить только на одном выходе. Наиболее точное решение задачи возможно, когда словарь ключевых слов для описания компетенций становится достаточно большим.

Методика перехода к векторному описанию вакансий включает этапы:

1. Синтез кортежей данных в формате (входное слово, выходное слово), где слово представлено в виде двоичного вектора длины n , где i -е значение кодируется единицей на i -й позиции и нулями на всех остальных (код *one-hot*).

2. Синтез модели обучения, где вход и выход получает *one-hot* вектора.

3. Определение логистической функции потерь SCL , которая предсказывает верное слово для оптимизации модели обучения.

4. Определение качественных характеристик модели после согласования векторных представлений похожих слов, т.е. определение, насколько точно, адекватно и качественно работает модель.

Для удаления дубликатов и интеграции схожих данных о компетенциях используются временные и геопространственные метки, формализованные векторные модели ключевых слов. Временные метки сообщений о вакансиях и геотегированная информация о работодателях также необходимы для анализа и прогностического моделирования динамики изменений требований работодателей в конкретных регионах и в заданные временные интервалы. В качестве привязок используются координаты работодателей (предприятий), давших объявление о вакансии, и временные границы действия объявления. Пространственный анализ показывает распределение требуемых компетенций в регионах и позволяет анализировать соответствие требований уровню квалификации и компетенциям специалистов, которых в данный момент времени готовят региональные учебные заведения. Анализ временных границ позволяет оценить необходимость и экономическую целесообразность адаптации образовательных программ и контента в выбранном регионе к требованиям работодателей с учетом заданного горизонта прогноза потребностей на региональном рынке труда и возможности подготовки специалистов в соседних регионах. Изменения, вносимые в образовательные программы и контент, и полученные компетенции должны быть востребованы после подготовки специалистов в течение нескольких лет.

Методология актуализации образовательных программ и контента включает ряд этапов. После консолидации информации о вакансиях и синтеза векторных моделей описаний компетенций синтезируется графовая модель компетенций. Она представляет собой взвешенный модифицированный граф Кёнига (рис. 2). В графе определены три основных множества (доли):

– множество K (K^p, K^o) векторов компетенций, определенных профессиональными (подмножество K^p) и образовательными (подмножество K^o) стандартами;

- множество R векторов компетенций, извлеченных из объявлений работодателей о вакансиях;
- множество F векторов компетенций, определенных в неактуализированных образовательных программах.

Ребра показывают соответствие компетенций в разных множествах, а веса P_i (P_i^K, P_i^R) – степень данного соответствия. Красным цветом выделены подмножества вершин в трех множествах, связи между которыми показывают наличие полного или частичного (в зависимости от веса ребер) соответствия компетенций работодателей, стандартов и специалистов, обучающихся в учебных заведениях региона. Висячие вершины без связей показывают полное несоответствие компетенций. Для учебных заведений это сигнал к необходимости актуализации учебных программ. Целью оптимизации графовой модели является решение задач актуализации, чтобы, как минимум, не было висячих вершин, а в идеальном случае все вершины перешли в красное подмножество с полностью связанными подграфами между вершинами разных частей графа.

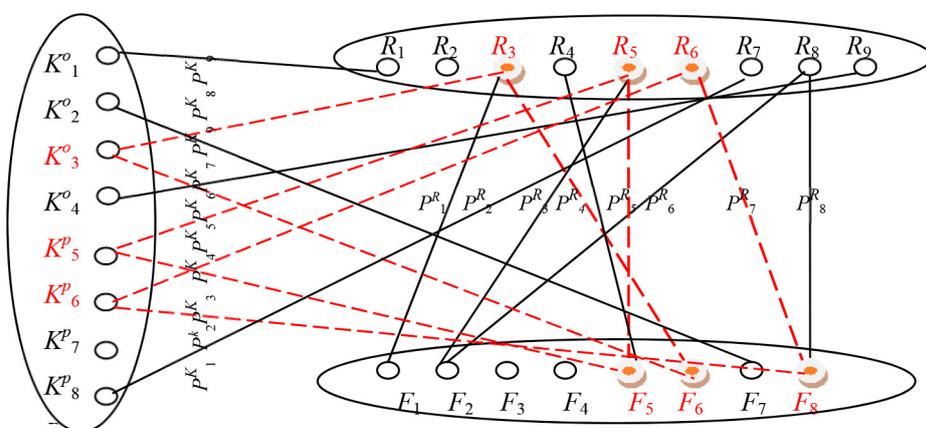


Рис. 2. Графовое представление векторов компетенций

Оптимизация графовых моделей векторов компетенций выполняется для всех предприятий в регионе, размещающих свои вакансии. Для сравнительного анализа степени сходства графовых моделей применяется метод парного сравнения (бенчмаркинга) с идеальной моделью, которая определяет полную сходимость компетенции работодателей, образовательных и профессиональных стандартов и компетенций выпускаемых специалистов в региональных учебных заведениях. Такая модель является идеальной моделью конвергентного образования в регионе. Для реальных моделей определяется степень сходства (конвергенции) с идеалом. Выполняется ранжирование моделей по степени сходства с конвергентной моделью. Таким образом отбираются учебные заведения в регионе с минимальным расхождением для выбранной специальности.

Экспертным способом задается пороговый критерий сходимости и исключаются из рассмотрения учебные заведения, которые не готовы к актуализации. Если на данном этапе ни одно из учебных заведений не выбрано, то для анализа добавляются учебные заведения из соседних регионов и процесс повторяется.

Оценивается возможность и экономическая целесообразность актуализации образовательных программ и контента в выбранных учебных заведениях с учетом имеющихся ресурсов, квалифицированных преподавательских кадров и возможности получить требуемые компетенции учебных заведений других регионов по целевым программам.

Отбираются лидеры по критериям максимальной скорости и минимальных затрат для внесения изменений в образовательные программы и актуализации образовательного контента. После отбора лидеров реализуется этап актуализации образовательного контента, включающий следующие шаги:

1. Выбор компетенций, для достижения которых следует изменить образовательные программы и контент.
2. Анализ программы и контента с целью определения морально устаревших и неподходящих для получения компетенции частей.
3. Замена выбранных частей программы и модернизация или синтез нового образовательного контента.
4. Валидация и тестирование новой программы и контента.
5. Внедрение образовательной программы и контента в учебный процесс.

Для реализации методологии разработаны инструментальные средства для анализа и работы с моделями компетенций в интеллектуальной образовательной среде (Smart Learning Environment), основными компонентами которой являются [32]:

- система LMS Moodle, обеспечивающая поддержку учебного процесса;
- система LMS LAMS, используемая для поддержки синтеза, модернизации и реализации образовательных программ;
- система LCMS Alfresco, применяемая для поддержки жизненного цикла электронных образовательных ресурсов;
- программно-инструментальный комплекс сбора, хранения и анализа данных о требованиях работодателей и наборах компетенций.

Выводы

Эволюционный процесс развития процессов подготовки специалистов идет в направлении перехода к конвергентной модели образования. Парадигмой модели конвергентного обучения является тренд к сходимости персонализированных траекторий обучения разных специалистов в связи с конвергенцией требований профессиональных стандартов и работодателей к их компетенциям. При этом информационная среда обучения становится открытой и выходит за границы аудиторий и учебных заведений. Открытая информационно-образовательная среда с интеллектуальным механизмом персонализации процесса подготовки и переподготовки специалистов является инструментом перехода к концепции конвергентного образования. Концепция конвергенции в образовании требует интеграции образовательных технологий в единой информационно-образовательной среде с интеллектуальными механизмами мониторинга и актуализации образовательных программ и контента для адаптивной настройки на меняющиеся внешние факторы [33].

Достижения в области создания механизмов управления образовательными процессами подтверждают необходимость создания и внедрения предложенного подхода [34]. В частности, в работе [35] предложена похожая си-

стема обучения, которая включает интеллектуальный и интерактивный контент с возможностью персонализации и адаптивной настройки процесса образования. Ключевые возможности интеллектуализации процесса обучения и проблемы разработки интеллектуальных образовательных сред обсуждаются в работах [36, 37].

Проблему управления образовательными процессами в разрабатываемой интеллектуальной среде предложено решать на основе синхронизации и актуализации образовательных программ и контента с адаптивной настройкой на меняющиеся требования образовательных стандартов и работодателей. Конвергентная модель образовательной среды синтезирована на базе сближения моделей управления образовательным контентом, образовательными программами и процессом подготовки специалиста с возможностью синхронизации их жизненных циклов.

Таким образом, в данной статье авторами предложены методы и технологии адаптивной настройки процесса подготовки специалистов путем актуализации образовательных программ и контента с учетом требований к компетенциям со стороны работодателей в условиях перехода к инновационной экономике и цифровой трансформации общественных процессов. Методология актуализации предназначена для снижения рисков подготовки невостребованных специалистов на региональных рынках труда и позволяет анализировать дестабилизирующие факторы получения некачественного и морально устаревшего образования. Актуализация образовательных программ в рамках образовательной среды выполняется на основе сбора данных в открытых источниках сети Интернет для учета меняющихся требований работодателей в учебном процессе. Конвергентный подход к актуализации образовательных программ и контента внедряется и тестируется в информационно-образовательной среде Пензенского государственного университета.

Результаты работы получены при финансовой поддержке РФФИ в рамках грантов № 19-013-00409-а, 18-07-00975-а, 18-010-00204-а. Результаты исследований, представленные в разделе 3, получены за счет средств Российского научного фонда (проект № 20-71-10087).

Библиографический список

1. *Chao, R.* Educating for the fourth industrial revolution / R. Chao // University World News. – 2017. – 10. – URL: <https://www.universityworldnews.com/post.php?story=20171107123728676>
2. *Wallace, R. M.* Online learning in higher education: A review of research on interactions among teachers and students / R. M. Wallace // Education, Communication & Information. – 2003. – Vol. 3. – P. 241–280.
3. *Bonk, C. J.* Online Teaching in an Online World / C. J. Bonk // Education at a Glance: United States Distance Learning Association (USDLA) Journal. – 2002. – Vol. 16, № 1. – URL: http://www.usdla.org/html/journal/JAN02_Issue/article02.html
4. *Лукуша, П.* Выращивая глобальные образовательные экосистемы будущего / П. Лукша // Present5. – URL: <http://present5.com/vyrashhivaya-globalnyeobrazovatelnye-ekosistemy-budushhego-pavel-luksha-direktor/> (дата обращения: 26.08.2020).
5. *Ордобоева, Л. М.* Метакомпетенция как компонент содержания профессиональной иноязычной подготовки студентов в языковом вузе / Л. М. Ордобоева // Вестник Московского государственного лингвистического университета. – 2014. – № 14 (700). – С. 144–153.

6. OECD. Schools at the crossroads of innovation in cities and regions. – Paris : OECD, 2017. – URL: <http://www.oecd.org/education/schoolsat-the-crossroads-of-innovation-in-citiesand-regions-9789264282766-en.html>
7. Hall, R. The Global Change Leaders' Framework for Change / R. Hall, A. Schleicher. 2017. – URL: http://globaledumap.org/pdf/The_Global_Change_Leaders_FRAMEWORK_FOR_CHANGE-July_2017.pdf
8. Local Learning Ecosystems: Emerging Models. – 2019. – URL: https://www.wise-qatar.org/app/uploads/2019/05/wise_report-rr.1.2019-web.pdf
9. Tolstykh, T. Regional Development in Russia: An Ecosystem Approach to Territorial Sustainability assessment / T. Tolstykh, L. Gamidullaeva, N. Shmeleva, Y. Lapygin // Sustainability. – 2020. – Vol. 12. – P. 6424.
10. Tolstykh, T. Evaluation of Circular and Integration Potentials of Innovation Ecosystems for Industrial Sustainability / T. Tolstykh, N. Shmeleva, L. Gamidullaeva // Sustainability. – 2020. – Vol. 12. – P. 4574.
11. Толстых, Т. О. Методические аспекты формирования портфеля проектов в инновационной экосистеме / Т. О. Толстых, Л. А. Гамидуллаева, Н. В. Шмелева // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2020. – № 1. – С. 16–26.
12. Гамидуллаева, Л. А. Разработка и реализация сценариев цифровой трансформации промышленных экосистем / Л. А. Гамидуллаева, Е. В. Шкарупета, А. В. Тарасов, О. А. Лузгина // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки. – 2019. – № 4 (52). – С. 202–210. – DOI 10.21685/2072-3016-2019-4-20.
13. Hussin, A. Education 4.0 made simple: Ideas for teaching / A. Hussin // International Journal of Education & Literacy Studies. – 2018. – Vol. 6 (3). – P. 92–98.
14. Herr, D. J. C. Convergence education—an international perspective / D. J. C. Herr, B. Akbar, J. Brummet et al. // Nanopart Res. – 2019. – Vol. 21. – P. 229. – URL: <https://doi.org/10.1007/s11051-019-4638-7>
15. Convergent approach to synthesis of the information learning environment for higher education / M. V. Deev, A. G. Finogeev, A. A. Finogeev, L. A. Gamidullaeva, A. M. Bershadsky, L. R. Fionova // Education and Information Technologies. – 2019. – P. 1–22.
16. Deev, M. V. Models of Supporting Continuing Education of Specialists for High-Tech Sector / M. V. Deev, T. V. Glotova, I. G. Krevskiy // Knowledge-Based Software Engineering. – 2014. – Vol. 466. – P. 100–112.
17. Macal, C. Tutorial on agent-based modelling and simulation / C. Macal, M. North // Simulation. – 2010. – Vol. 4. – P. 151–162. – URL: <https://doi.org/10.1057/jos.2010.3>
18. Bonabeau, E. Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems / E. Bonabeau // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 2002. – Vol. 99 (suppl 3). – P. 7280–7287. – URL: <https://doi.org/10.1073/pnas.082080899>
19. Convergence of knowledge, technology and society / ed. by M. C. Roco, W. S. Bainbridge, B. Tonn, G. Whitesides. – London: Springer, 2013.
20. Deev, M. V. Individualized Learning Trajectories Using Distance Education Technologies / M. V. Deev, T. V. Glotova, I. G. Krevskiy // Creativity in Intelligent, Technologies and Data Science. Series «Communications in Computer and Information Science». – 2015. – Vol. 535. – P. 778–792.
21. Herr, D. J. C. The Need for Convergence and Emergence in 21st Century Nano-STEAM+ Educational Ecosystems // Global Perspectives of Nanoscience and Engineering Education / ed. by K. Winkelmann and G. Bhushan. – Switzerland : Springer International Publishing (Springer Nature), 2016. – P. 81–115.
22. Schmalz, D. L. Multi-, inter- and transdisciplinary research: Leisure studies past, present, and future / D. L. Schmalz, M. C. Janke, L. L. Payne // Journal of Leisure Research. – 2019. – Vol. 50:5. – P. 389–393. – DOI: 10.1080/00222216.2019.1647751.

23. *Choi, B. C. K.* Multidisciplinarity, interdisciplinarity and transdisciplinarity in health research, services, education and policy / B. C. K. Choi, A. W. P. Pak // Definitions, objectives and evidence of effectiveness. *Clinical and Investigative Medicine*. – 2006. – Vol. 29 (6). – P. 351–364.
24. National Research Council. *Convergence: Facilitating Transdisciplinary Integration of Life Sciences, Physical Sciences, Engineering, and Beyond*. – Washington, DC : The National Academies Press, 2014. – URL: <https://doi.org/10.17226/18722>.
25. *Finogeev, A. G.* Learning Management System for the Development of Professional Competencies / A. G. Finogeev, L. R. Fionova, A. A. Finogeev, Thai Quang Vinh // *Creativity in Intelligent Technologies and Data Science. Series «Communications in Computer and Information Science»*. – 2015. – Vol. 535. – P. 793–803.
26. *Daniel, B.* Big Data and analytics in higher education / B. Daniel // *Opportunities and challenges. British Journal of Educational Technology*. – 2014. – Vol. 46 (5). – P. 904–920. – DOI 10.1111/bjet.12230/
27. *Fry, S.* Go Big: data in education / S. Fry // *Education Technology*. – 2019. – URL: <https://edtechnology.co.uk/Article/go-big-data-in-education/>
28. *Turian, J.* Word representations: a simple and general method for semi-supervised learning / J. Turian, L. Ratinov, Y. Bengio // *Proceedings of the 48th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*. – 2010. – P. 384–394.
29. *Dwivedi, V.* Beyond Word2Vec: Embedding Words and Phrases in Same Vector Space / V. Dwivedi, M. Shrivastava // *Conference: International Conference on Natural Language Processing (ICON)*. – Kolkata, India. – 2017. December.
30. *Distributed Representations of Words and Phrases and their Compositionality* / T. Mikolov, I. Sutskever, K. Chen, G. S. Corrado, J. Dean // *NIPS*. – 2013.
31. *Finogeev, A. G.* Elaboration of automated systems for development of professional competence / A. G. Finogeev, L. R. Fionova // *Research Journal of Applied Sciences*. – 2015. – Vol. 10. – P. 7–11.
32. *Life-cycle management of educational programs and resources in a smart learning environment* / M. V. Deev, A. G. Finogeev, L. A. Gamidullaeva, A. M. Bershadsky, A. G. Kravets // *Smart Learning Environments*. – 2018. – Vol. 5. – P. 1–14.
33. *Exploring Innovative Learning Environment (ILE): Big Data Era* / M. Huda, Z. Haron, M. N. Ripin, A. Hehsan, A. C. Yacob // *International Journal of Applied Engineering Research*. – 2017. – Vol. 12 (17). – P. 6678–6685.
34. National Science Foundation (2017) NSF 17–065, Dear colleague letter: growing convergence research at NSF. – URL: www.nsf.gov/about/congress/reports/nsf_big_ideas.pdf. Accessed 3 Apr 2017
35. *Lister, P. J.* A smarter knowledge commons for smart learning / P. J. Lister // *Smart Learn. Environ.* – 2018. – Vol. 5. – P. 8. – URL: <https://doi.org/10.1186/s40561-018-0056-z>
36. *Vesin, B.* Learning in smart environments: user-centered design and analytics of an adaptive learning system / B. Vesin, K. Mangaroska, M. Giannakos // *Smart Learn. Environ.* – 2018. – Vol. 5. – P. 24. – URL: <https://doi.org/10.1186/s40561-018-0071-0>
37. *Gros, B.* The design of smart educational environments / B. Gros // *Smart Learn. Environ.* – 2016. – Vol. 3. – P. 15. – URL: <https://doi.org/10.1186/s40561-016-0039-x6>

References

1. Chao R. *University World News*. 2017, 10. Available at: <https://www.universityworldnews.com/post.php?story=20171107123728676>
2. Wallace R. M. *Education, Communication & Information*. 2003, vol. 3, pp. 241–280.
3. Bonk C. J. *Education at a Glance: United States Distance Learning Association (USDLA) Journal*. 2002, vol. 16, no. 1. Available at: http://www.usdla.org/html/journal/JAN02_Issue/article02.html

4. Luksha P. *Present5*. Available at: <http://present5.com/vyrashhivaya-globalnyeobrazovatelnye-ekosistemy-budushhego-pavel-luksha-direktor/> (accessed Aug. 26, 2020).
5. Ordoboeva L. M. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo lingvisticheskogo universiteta* [Bulletin of the Moscow State linguistic University]. 2014, no. 14 (700), pp. 144–153. [In Russian]
6. *OECD. Schools at the crossroads of innovation in cities and regions*. Paris: OECD, 2017. Available at: <http://www.oecd.org/education/schoolsat-the-crossroads-of-innovation-in-citiesand-regions-9789264282766-en.html>
7. Hall R., Schleicher A. *The Global Change Leaders' Framework for Change*. 2017. Available at: http://globaledumap.org/pdf/The_Global_Change_Leaders-FRAMEWORK_FOR_CHANGE-July_2017.pdf
8. *Local Learning Ecosystems: Emerging Models*. 2019. Available at: https://www.wise-qatar.org/app/uploads/2019/05/wise_report-rr.1.2019-web.pdf
9. Tolstykh T., Gamidullaeva L., Shmeleva N., Lapygin Y. *Sustainability*. 2020, vol. 12, p. 6424.
10. Tolstykh T., Shmeleva N., Gamidullaeva L. *Sustainability*. 2020, vol. 12, p. 4574.
11. Tolstykh T. O., Gamidullaeva L. A., Shmeleva N. V. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve* [Models, systems, and networks in Economics, technology, nature, and society]. 2020, no. 1, pp. 16–26. [In Russian]
12. Gamidullaeva L. A., Shkarupeta E. V., Tarasov A. V., Luzgina O. A. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Obshchestvennye nauki* [News of higher educational institutions. Volga region. Social science]. 2019, no. 4 (52), pp. 202–210. DOI 10.21685/2072-3016-2019-4-20. [In Russian]
13. Hussin A. *International Journal of Education & Literacy Studies*. 2018, vol. 6 (3), pp. 92–98.
14. Herr D. J. C., Akbar B., Brummet J. et al. *Nanopart Res*. 2019, vol. 21, p. 229. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11051-019-4638-7>
15. Deev M. V., Finogeev A. G., Finogeev A. A., Gamidullaeva L. A., Bershinsky A. M., Fionova L. R. *Education and Information Technologies*. 2019, pp. 1–22.
16. Deev M. V., Glotova T. V., Krevskiy I. G. *Knowledge-Based Software Engineering*. 2014, vol. 466, pp. 100–112.
17. Macal C., North M. *Simulation*. 2010, vol. 4, pp. 151–162. Available at: <https://doi.org/10.1057/jos.2010.3>
18. Bonabeau E. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2002, vol. 99 (suppl 3), pp. 7280–7287. Available at: <https://doi.org/10.1073/pnas.082080899>
19. *Convergence of knowledge, technology and society*. Ed. by M. C. Roco, W. S. Bainbridge, B. Tonn, G. Whitesides. London: Springer, 2013.
20. Deev M. V., Glotova T. V., Krevskiy I. G. *Creativity in Intelligent, Technologies and Data Science. Series «Communications in Computer and Information Science»*. 2015, vol. 535, pp. 778–792.
21. Herr D. J. C. *Global Perspectives of Nanoscience and Engineering Education*. Ed. by K. Winkelmann and G. Bhushan. Switzerland: Springer International Publishing (Springer Nature), 2016, pp. 81–115.
22. Schmalz D. L., Janke M. C., Payne L. L. *Journal of Leisure Research*. 2019, vol. 50:5, pp. 389–393. DOI: 10.1080/00222216.2019.1647751.
23. Choi B. C. K., Pak A. W. P. *Definitions, objectives and evidence of effectiveness. Clinical and Investigative Medicine*. 2006, vol. 29 (6), pp. 351–364.
24. *National Research Council. Convergence: Facilitating Transdisciplinary Integration of Life Sciences, Physical Sciences, Engineering, and Beyond*. Washington, DC: The National Academies Press, 2014. Available at: <https://doi.org/10.17226/18722>.

25. Finogeev A. G., Fionova L. R., Finogeev A. A., Thai Quang Vinh *Creativity in Intelligent Technologies and Data Science. Series «Communications in Computer and Information Science»*. 2015, vol. 535, pp. 793–803.
26. Daniel B. *Big Opportunities and challenges. British Journal of Educational Technology*. 2014, vol. 46 (5), pp. 904–920. DOI 10.1111/bjet.12230/
27. Fry S. *Education Technology*. 2019. Available at: <https://edtechnology.co.uk/Article/go-big-data-in-education/>
28. Turian J., Ratinov L., Bengio Y. *Proceedings of the 48th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*. 2010, pp. 384–394.
29. Dwivedi V., Shrivastava M. *Conference: International Conference on Natural Language Processing (ICON)*. Kolkata, India. 2017, December.
30. Mikolov T., Sutskever I., Chen K., Corrado G. S., Dean J. *NIPS*. 2013.
31. Finogeev A. G., Fionova L. R. *Research Journal of Applied Sciences*. 2015, vol. 10, pp. 7–11.
32. Deev M. V., Finogeev A. G., Gamidullaeva L. A., Bershadsky A. M., Kravets A. G. *Smart Learning Environments*. 2018, vol. 5, pp. 1–14.
33. Huda M., Haron Z., Ripin M. N., Hehsan A., Yacob A. C. *International Journal of Applied Engineering Research*. 2017, vol. 12 (17), pp. 6678–6685.
34. *National Science Foundation (2017) NSF 17–065, Dear colleague letter: growing convergence research at NSF*. Available at: www.nsf.gov/about/congress/reports/nsf_big_ideas.pdf. Accessed 3 Apr 2017
35. Lister P. J. *Smart Learn. Environ.* 2018, vol. 5, pp. 8. Available at: <https://doi.org/10.1186/s40561-018-0056-z>
36. Vesin B., Mangaroska K., Giannakos M. *Smart Learn. Environ.* 2018, vol. 5, p. 24. Available at: <https://doi.org/10.1186/s40561-018-0071-0>
37. Gros B. *Smart Learn. Environ.* 2016, vol. 3, p. 15. Available at: <https://doi.org/10.1186/s40561-016-0039-x6>

Деев Михаил Викторович

кандидат технических наук, доцент,
кафедра САПР,
Пензенский государственный
университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: miqz@yandex.ru

Deev Mikhail Viktorovich

candidate of technical sciences,
associate professor,
CAD department,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Гамидуллаева Лейла Айваровна

доктор экономических наук, профессор,
кафедра менеджмента и экономической
безопасности,
Пензенский государственный
университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: gamidullaeva@gmail.com

Gamidullaeva Leyla Ayvarovna

doctor of economical sciences, professor,
sub-department of management
and economic security,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Финогеев Алексей Германович

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

Finogeev Alexey Germanovich

doctor of technical sciences, professor,
CAD department,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Финогеев Антон Алексеевич
кандидат технических наук, доцент,
кафедра САПР,
Пензенский государственный
университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: fanton3@yandex.ru

Finogeev Anton Alekseevich
candidate of technical sciences,
associate professor,
CAD department,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Образец цитирования:

Деев, М. В. Конвергентный подход к актуализации образовательных программ и контента для развития экосистемы образования в условиях перехода к цифровой экономике / М. В. Деев, Л. А. Гамидуллаева, А. Г. Финогеев, А. А. Финогеев // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2020. – № 3 (35). – С. 84–101. – DOI 10.21685/2227-8486-2020-3-8.