

Управление в социально-экономических системах Control in social and economic systems

Научная статья
УДК 004.9 + 656.071.1
DOI: 10.14529/ctcr250106

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СБОРА И АНАЛИЗА ТРЕБОВАНИЙ РАБОТОДАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ИТ-СПЕЦИАЛИСТОВ

А.В. Затонский¹, zhenon@narod.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1863-2535>

П.А. Шаклеина², wpolina28@gmail.com

Р.В. Красовский³, romus-kras@mail.ru

¹ Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Березниковский филиал, Березники, Россия

² ООО «КВАЗАР», Березники, Россия

³ Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

Аннотация. Развитие цифровой экономики требует наличия высококвалифицированных ИТ-специалистов, способных удовлетворить растущие потребности рынка. Несмотря на значительное увеличение спроса на ИТ-кадры, система образования не всегда соответствует ожиданиям работодателей. Кадровый дефицит и несоответствие компетенций выпускников потребностям рынка являются ключевыми проблемами, что требует разработки новых подходов к образовательным программам. **Цель исследования.** Основной целью исследования является разработка концепции управления подготовкой ИТ-специалистов, которая учитывает современные требования работодателей. Реализация предложенной методологии создаст условия для модернизации учебных программ и достижения более высокого уровня корреляции между квалификацией выпускников и текущими потребностями рынка труда. **Материалы и методы.** Реализация исследовательских целей осуществлялась посредством применения алгоритмов машинного обучения и методологии анализа масштабных информационных массивов в сочетании с систематическим отслеживанием вакансий с крупных онлайн-платформ по поиску работы. Осуществлялся сбор и систематизация данных о требованиях работодателей, а также их сравнение с профессиональными и образовательными стандартами. Важную роль сыграло использование технологий Natural Language Processing (NLP) для автоматизированного анализа текстов вакансий. **Результаты.** В результате исследования была разработана концепция сбора и обработки требований работодателей для оптимизации образовательных программ ИТ-специалистов. Разработана система мониторинга и анализа открытых данных, что позволяет регулярно обновлять образовательные программы в соответствии с изменениями на рынке труда. Внедрение данной системы способствует сокращению разрыва между профессиональными компетенциями выпускников и потребностями работодателей. **Заключение.** Результаты исследования подтверждают, что системный подход к управлению подготовкой ИТ-кадров с использованием данных о требованиях работодателей способствует улучшению качества образовательных программ и повышению конкурентоспособности выпускников. Это поможет более эффективно адаптировать систему образования к вызовам цифровой экономики, обеспечивая рынок труда востребованными специалистами.

Ключевые слова: ИТ-специалисты, требования работодателей, образовательные программы, машинное обучение, компетенции, рынок труда, профессиональные стандарты

Для цитирования: Затонский А.В., Шаклеина П.А., Красовский Р.В. Современные методы сбора и анализа требований работодателей для подготовки ИТ-специалистов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2025. Т. 25, № 1. С. 69–82. DOI: 10.14529/ctcr250106

Original article
DOI: 10.14529/ctcr250106

MODERN METHODS OF COLLECTING AND ANALYZING EMPLOYERS REQUIREMENTS FOR TRAINING IT WORKERS

A.V. Zatonkiy¹, z xenon@narod.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1863-2535>
P.A. Shakleina², wpolina28@gmail.com
R.V. Krasovskiy³, romus-kras@mail.ru

¹ Perm National Research Polytechnic University, Berezniki Branch, Berezniki, Russia

² LLC "QUASAR", Berezniki, Russia

³ Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

Abstract. The development of the digital economy requires highly qualified IT specialists capable of meeting the growing demands of the market. Despite the significant increase in demand for IT professionals, the education system often fails to meet employers' expectations. The shortage of skilled personnel and the mismatch between graduates' competencies and market needs are key problems, which necessitate the development of new approaches to educational programs. **Aim.** The main objective of the research is to develop a concept for managing IT specialist training that takes into account modern employer requirements. This will optimize educational programs and improve the alignment of graduates' skills with current labor market demands. **Materials and methods.** To achieve the research objectives, machine learning methods and big data analysis were employed, along with vacancy monitoring from major online job platforms. Data on employer requirements were collected and systematized, and then compared with professional and educational standards. Natural Language Processing (NLP) technologies played a key role in the automated analysis of job vacancy texts. **Results.** The study resulted in the development of a concept for gathering and processing employer requirements to optimize IT specialist educational programs. A monitoring and analysis system for open data was created, allowing for regular updates to educational programs in line with labor market changes. The implementation of this system helps reduce the gap between graduates' professional competencies and employers' needs. **Conclusion.** The research results confirm that a systematic approach to managing IT specialist training, using employer requirements data, improves the quality of educational programs and increases graduates' competitiveness. This approach will help the education system more effectively adapt to the challenges of the digital economy, providing the labor market with in-demand specialists.

Keywords: IT specialists, employer requirements, educational programs, machine learning, competencies, labor market, professional standards

For citation: Zatonkiy A.V., Shakleina P.A., Krasovskiy R.V. Modern methods of collecting and analyzing employers requirements for training IT workers. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*. 2025;25(1):69–82. (In Russ.) DOI: 10.14529/ctcr250106

Введение

В России обучение исторически базировалось на адаптированном немецком методе, который обеспечивал студентам прочные фундаментальные знания, являющиеся основой для дальнейшего общепрофильного и профессионального обучения [1]. Несмотря на своей разносторонний и фундаментальный характер, старая система образования, ориентированная на всеобщность и бесплатность, стала восприниматься как затратная и недостаточно эффективная. Это обусловило потребность в более экономичной образовательной системе, соответствующей рыночным условиям. В результате был выбран «болонский» процесс, который предлагал структуру, ориентированную на гибкость и соответствие требованиям современного рынка труда.

Трансформация системы высшего образования была инициирована в 1990-х годах и характеризовалась имплементацией комплекса инновационных элементов: унифицированной структуры образовательных уровней, компетентностной парадигмы, системы академических кредитов, модульного принципа организации обучения и балльно-рейтинговой системы оценивания. Переориентация на прагматический подход привела к реконцептуализации образовательной деятельности как сервисной функции для потребителя образовательных услуг. Данная трансформация

обусловила коммерциализацию интеллектуального пространства, оказав существенное влияние на все компоненты образовательной системы.

Законодательные изменения, внесенные в Трудовой кодекс Российской Федерации в декабре 2012 года, ознаменовались появлением нового нормативного инструмента – профессионального стандарта. Разработанная система профессиональных стандартов обеспечивает формализацию требований к квалификации специалистов в соответствии с реальными потребностями рынка труда, отвечая запросам работодателей на привлечение специалистов, готовых к оперативному включению в рабочий процесс.

Существует несколько подходов к моделированию требований профессиональных и образовательных стандартов, учитывающих запросы работодателей. Некоторые авторы предлагают комплексный подход, который сочетает анализ требований работодателей с исследованием профессиональных и образовательных стандартов [2]. Например, авторы [3] предлагают методику, основанную на анализе профессиональных стандартов и нормативных документов. Они приводят примеры профессиональных стандартов для различных ИТ-специальностей и предлагают использовать эти стандарты при разработке образовательных программ. Такой подход обеспечивает целостное представление о необходимых компетенциях и помогает интегрировать требования бизнеса и нормативные образовательные стандарты.

Другие исследователи [4] уделяют особое внимание анализу рынка труда и проведению анкетирования работодателей для выявления требуемых компетенций специалистов. Этот метод включает сбор данных о текущих и прогнозируемых потребностях работодателей, что позволяет более гибко адаптировать образовательные программы к запросам рынка.

Также создание и использование баз данных, содержащих описания компетенций и требований работодателей, является еще одним подходом к моделированию требований. Такие базы данных могут служить основой для разработки моделей специалистов. Например, в США была создана система Occupational Information Network (O*NET), содержащая описания более 1000 профессий и связанных с ними компетенций. Использование таких баз данных позволяет стандартизировать требования и предоставляет обширную информацию для разработки образовательных программ.

Многие исследователи в данной области рассматривают вакансии как средство определения требований работодателей. Во многих статьях утверждается, что путем выявления и анализа компетенций, указанных в текстах вакансий, можно корректировать учебные планы и адаптировать образовательные программы таким образом, чтобы компетенции, которые студенты получают в процессе обучения, были актуальны для работодателей.

Например, исследователи [5] утверждают, что в сфере информационных технологий наблюдается определенная проблема с кадровым потенциалом, в которой одной из самых узких точек является недостаточный приток абитуриентов на ИТ-направления и их неполноценная подготовка в области ИТ в системе образования.

В целом оба подхода имеют свои преимущества и недостатки, и выбор определенного подхода зависит от целей и задач моделирования специалиста.

Однако стоит отметить, что рассмотренные подходы больше фокусируются на рынке труда и требованиях работодателей, поэтому в них могут быть упущены нюансы, связанные с профессиональными и образовательными стандартами. Поэтому выделение ключевых компетенций и навыков для каждой специальности может быть затруднительным при построении моделей на основе данных только о вакансиях [6]. Наиболее полно учитываются профессиональные и образовательные стандарты в подходах, где используются экспертные оценки и опросы, однако эти методы требуют большого количества времени и ресурсов на их проведение.

Формирование релевантной модели специалиста требует имплементации системного подхода с возможностью агрегирования и анализа разнообразных источников информации: открытых сведений о запросах компаний, регламентированных профессиональных и образовательных стандартов, а также экспертных оценок и опросов. Важно также учитывать текущие тенденции рынка труда и динамику изменений в востребованности навыков. Для автоматизации критериев отбора соискателей на работу можно использовать как общедоступную статистику вакансий и предпочтений работодателей на крупных сайтах, так и использовать узкопрофессиональные источники информации.

Есть другая версия: несмотря на реформы, направленные на адаптацию системы образования к рыночным условиям, проблема несоответствия компетенций выпускников требованиям работодателей в сфере ИТ остается актуальной. В условиях стремительного развития цифровой экономики и возрастающего кадрового голода (<https://hh.ru/>, <https://superjob.ru/>, <https://rabota.ru/>) необходим более точный и оперативный механизм мониторинга и анализа требований рынка труда [7]. Существующие подходы, основанные на анализе профессиональных стандартов [3, 8], анкетировании работодателей [4] или использовании баз данных компетенций (O*NET), недостаточно учитывают динамику изменений в ИТ-отрасли. В данной работе предлагается применение методов машинного обучения и NLP для анализа данных с веб-ресурсов, посвященных поиску работы, что позволит автоматизировать процесс адаптации образовательных программ к актуальным запросам ИТ-рынка и способствовать формированию конкурентоспособной отечественной ИТ-индустрии.

В текущих реалиях становится очевидным, что устойчивое развитие цифровой экосистемы невозможно без развитой отечественной ИТ-отрасли. Государственная политика последних лет характеризуется внедрением широкого спектра стимулирующих механизмов: налоговых льгот, преференциальных условий участия в государственных закупках и стратегических программ импортозамещения. Однако для полноценного развития цифровой экономики требуется формирование национальной ИТ-индустрии, обеспечивающей создание и поддержку программных решений высокого качества, способных эффективно конкурировать с зарубежными аналогами [9].

Особенность российского ИТ-рынка заключается в том, что, несмотря на его возникновение в начале 1990-х годов, он до сих пор остается практически не капитализированным. Разработка сильной и капитализированной отечественной ИТ-отрасли должна стать существенным элементом государственной стратегии по цифровой трансформации. Темпы дальнейшего развития этой отрасли зависят от способности государства справиться с рядом ключевых задач:

- кадровый дефицит: ИТ-индустрия значительно зависит от человеческого капитала, составляющего около 70 % бизнеса. Однако существующая система образования выпускает недостаточное число специалистов, и притом не всегда соответствующих современным требованиям рынка. В ближайшие пять лет ожидается потребность в 350 тысячах ИТ-специалистов, тогда как выпуск ежегодно составляет лишь около 150 тысяч человек;
- недостаток исследований и разработок: в отрасли все еще используется научный задел советского периода, который вскоре может быть исчерпан. Инвестиции в новые исследования и разработки остаются на низком уровне, что ограничивает потенциал для инноваций;
- несовершенство законодательной базы;
- низкий уровень координации действий органов государственной власти при поддержке ИТ-отрасли.

В ИТ-отрасли России трудятся около 300 тысяч высококвалифицированных специалистов. Плюс 700 тысяч человек работает на предприятиях, непосредственно связанных с ИТ-отраслью. По числу рабочих мест, показателям выработки и экспорта ИТ-отрасль России уже обогнала многие отрасли отечественной экономики.

Согласно плану мероприятий государственной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», развитие информационных технологий и подготовка высококвалифицированных специалистов выделены как ключевые приоритеты для экономического прогресса страны. Направление «Кадры и образование» акцентирует внимание на необходимости создания условий для формирования конкурентоспособных ИТ-кадров, которые смогут удовлетворить растущие потребности цифрового сектора. Это включает в себя модернизацию образовательных программ, внедрение новых технологий обучения и развитие партнерств между образовательными учреждениями и индустрией [10].

По данным HeadHunter, количество вакансий для ИТ-специалистов в России в январе 2023 года выросло на 63 % по сравнению с тем же периодом 2022 года и достигло 58 700 за неполный месяц. В компании сообщили, что увеличение числа вакансий началось с ноября 2022 года, и объяснили это тем фактом, что «появилась определенность с ИТ-проектами на 2023 год». Также было отмечено, что определенную роль сыграла осенняя волна переезда сотрудников, в которой большинство сотрудников могли уволиться. Она имела значительное влияние на процессы по трудоустройству работников компании.

Кроме того, рост спроса на ИТ-специалистов подтвердил сервис «Авито Работа», по данным которого в январе число вакансий выросло на 52 %, по итогам 2022 года – на 7 %. В «Яндексе» сейчас открыто больше 1000 вакансий, причем нестандартного оттока сотрудников не наблюдается, отметил представитель компании. В «МТС Диджитал» сообщили, что найм на работу в 2022 году вырос в четыре раза, до 220 человек в месяц, объяснив это развитием новых продуктов.

Согласно статистическим данным, спрос на квалифицированных специалистов существенно превосходит предложение. Это связано с растущей потребностью в ИТ-профессионалах в сферах, где активно происходят процессы автоматизации, цифровизации и аналитики. Однако парадоксально, что, по данным статистических исследований, количество абитуриентов, выбирающих специальности в области информационных технологий, демонстрирует тенденцию к снижению.

Несоответствие между компетенциями, которые работодатели ожидают от специалистов, и теми, которые формируются в процессе обучения в образовательных учреждениях, объясняет возникший дисбаланс. Работодатели нередко требуют практические навыки и специфические знания, которые не всегда акцентируются в традиционных учебных программах. Этот разрыв стимулирует потенциальных студентов искать альтернативные пути обучения, такие как онлайн-курсы и программы повышения квалификации, чтобы получить востребованные на рынке навыки. Это явление способствует укреплению тенденции перехода от традиционных форм обучения к электронному обучению на дистанционных платформах [2], что особенно актуально в быстро меняющемся мире технологий.

Законодательные изменения, на момент 2025 года уже вступившие в силу, устанавливают обязательность ежемесячного предоставления работодателями сведений об открытых вакансиях. Несоблюдение данного требования предусматривает штрафные санкции. Следует подчеркнуть, что процедура публикации информации о вакантных должностях для организаций и ИП подверглась корректировке еще в 2023 году. В настоящее время большинство компаний предпочитает публиковать сведения о вакансиях на специализированных интернет-площадках: Hh.ru, Superjob.ru, Rabota.ru и т. д.

Основным инструментом поиска ИТ-специалистов для компаний выступают описанные выше digital-платформы. Размещаемые на этих ресурсах вакансии являются достоверным отражением актуальных требований работодателей к профессиональным компетенциям кандидатов. Непрерывное отслеживание, аналитическая обработка и классификация данных требований становятся фундаментальной основой формирования эффективных образовательных программ в вузах [11]. Такой методологический подход особенно востребован в ИТ-индустрии, где критически важно обеспечить соответствие квалификации выпускников актуальным потребностям рынка труда.

В данной работе предлагается использовать методы машинного обучения и анализа данных для мониторинга и систематизации требований работодателей, что позволяет автоматизировать процесс создания рекомендаций для образовательных программ [12]. В отличие от традиционных методов, основанных на экспертных оценках и опросах, такие подходы значительно ускоряют обработку больших объемов данных и минимизируют субъективный фактор. Применение технологий Natural Language Processing (NLP) позволяет эффективно анализировать текстовые данные вакансий и выявлять ключевые компетенции, востребованные на рынке труда. В отличие от ручного анализа, это дает более точные результаты и обеспечивает возможность обновления данных в режиме реального времени. Кроме того, автоматизированные системы мониторинга позволяют быстро реагировать на изменения в требованиях работодателей, что делает образовательные программы более гибкими и актуальными.

Интерес к анализу требований работодателей в ИТ-сфере обусловлен важностью оценки конкурентоспособности рынка труда, раскрытия релевантных навыков и технологий и заявленных характеристик вакансий. Для трудоустройства студентов и организации найма бизнесу такая информация полезна, поскольку позволяет разрабатывать стратегии профессионального роста и концентрировать усилия на ключевых для успешной карьеры навыках. Применение предлагаемых методов может радикально изменить подход к разработке образовательных программ для человека. Анализ требований работодателей, вузам поможет проводить актуализацию программ обучения в режиме реального времени на всех уровнях и различных формах образовательных программ. Это приведет к выпуску более квалифицированного специалиста, способного решать задачи любого бизнеса [13].

Для создания актуальных программ подготовки кадров в сфере ИТ необходимо учитывать быстро меняющиеся требования работодателей к компетенциям ИТ-специалистов. С каждым годом рынок труда предъявляет все новые запросы на знания выпускников вузов [14]. Это делает необходимым разработку эффективных методов сбора и анализа этих требований, чтобы образовательные программы соответствовали реальным нуждам отрасли [15].

Проблема заключается в создании системы, которая позволит автоматизировать процесс мониторинга и классифицировать требования работодателей с использованием технологий анализа данных и машинного обучения. Например, применение методов обработки естественного языка (NLP) и анализа больших объемов текстовой информации из вакансий может существенно повысить точность и скорость получения данных о востребованных компетенциях. Цель работы – создать методы и инструменты для эффективного сбора и анализа требований к ИТ-специалистам, чтобы обновить образовательные программы в вузах и подготовить специалистов, соответствующих требованиям работодателей.

1. Описание предметной области

Требования стандартов, будь то профессиональные или образовательные, можно моделировать по-разному. В моделировании таких стандартов нужно учитывать ожидания работодателей. Авторы статей, которые занимались похожими вопросами, предлагали интегрированный подход. Он сочетал в себе сами требования работодателей и анализ компетенций (полученных или получаемых) обучающихся. Авторы [3, 8] описывали методику, которая будет опираться на анализ информации в профессиональных стандартах вместе с нормативными документами. Авторы предоставили примеры профессиональных стандартов для некоторых ИТ-специальностей и рекомендовали использовать их при создании образовательных программ. Измененная, дополненная методика [4] рекомендует применять анализ рынка труда и проводить опросы среди работодателей, чтобы определить нужные специалистам компетенции.

Так как существует множество вакансий, размещаемых работодателями, они постоянно находятся в динамике – появляются новые, исчезают старые вакансии, полезно использовать доступные средства для обработки большого количества данных (big data). Также появляется возможность использовать плюсы машинного обучения, в частности – выявление общих признаков в данных, способность выявлять тенденции спроса (в нашем случае тенденции изменения спроса на ключевые навыки). Для примера можно взять разработку Barb Human из Австралии. Она и ее команда применили машинное обучение в системе с названием PredictiveHire (теперь Sapia AI). Данная система анализирует тексты вакансий и резюме соискателей, в итоге определяя более подходящих соискателей для вакансий.

Существует также другой подход – создание баз данных со всеми желаемыми компетенциями будущих сотрудников. Каждая компетенция имеет свое описание, а в совокупности данные используются для разработки моделей требуемых специалистов. Одной из популярных подобных разработок можно назвать разработанную в США Occupational Information Network. Она содержит по меньшей мере 1000 профессий и компетенций для них.

Таким образом, в мире пытаются решить самые разные проблемы, связанные с компетенциями студентов (соискателей) и ожиданиями работодателей. Можно сделать вывод, что требования работодателей (их ожидания от соискателей) важны при разработке модели специалиста. Благодаря учёту этого фактора будет возможно принимать своевременные решения в части составления образовательных программ. Для этого можно использовать машинное обучение, использовать базы данных с описаниями компетенций, различных требований. Это обеспечит более точные, актуальные модели специалистов по потребностям современного рынка труда.

Таким образом, наш объект исследования – процесс сопоставления и анализа профессиональных требований, предъявляемых работодателями к квалификации специалистов в сфере ИТ. Совокупность методологических подходов, аналитических моделей и алгоритмических решений, применяемых в процессе обработки и систематизации общедоступной информации, – это предмет исследования.

Целью работы является определение наиболее подходящей концепции сбора и обработки требований работодателей к компетенциям ИТ-специалистов для создания рекомендаций по разработке актуальных образовательных программ ИТ-специалистов, а также улучшение процесса определения общих требований, которые работодатели предъявляют к компетенциям соискателей.

Для реализации поставленной цели нужно решить следующие исследовательские задачи:

- 1) исследовать существующие теоретические модели и методологические подходы, которые помогают определить общие требования к компетенциям ИТ-специалистов, чтобы разработать на их основе комплекс рекомендаций по совершенствованию образовательного процесса;
- 2) определить комплекс методов и алгоритмических решений для реализации процессов отслеживания, сбора и предварительного анализа открытых данных, отражающих актуальные запросы работодателей к соискателям;
- 3) исследовать существующие алгоритмы автоматизированной генерации рекомендаций для реализации образовательных программ, ориентируясь на обобщенные запросы работодателей.

2. Современные теоретико-методологические подходы

В методологии формирования профессиональной модели специалиста выделяются две основные траектории. Первая основывается на интеграции актуальных запросов и критериев, предъявляемых работодателями. Такой методологический подход можно кратко описать как инструкцию: создание модели ключевых навыков будущих кадров – это просмотр, чего требует рынок труда [16]. Для этого нужно изучить вакансии на рынке труда, в результате чего определить требуемые ключевые навыки выпускников. Это могут быть как профессиональные знания, так и способность работать в команде или навыки коммуникации.

Важную роль в актуализации учебных программ может сыграть сотрудничество учебных заведений с работодателями. Работодатели могут сообщить требуемые ключевые навыки, которые они бы хотели получить от будущих кадров. Работодатели могут участвовать в разработке учебных программ или, к примеру, стажировок, могут в итоге создавать новые места для трудоустройства, точно зная, кого они получают. Сам учебный процесс должен основываться на решении практических задач, это даст студентам не только теоретические знания решения проблемы или задачи, а еще и позволит испытать их в действии неоднократно, совершенствуя свои способности и прочно укрепляя теоретическую базу, что, вероятно, увеличит их конкурентоспособность. Модель подготовки специалиста должна учитывать современные тенденции и требования рынка труда.

Вторая методология основывается на нормативных документах, закрепленных в системе профессиональных и образовательных стандартов. По этой методологии модель специалиста, которую требуется построить, должна учитывать требования работодателя. Методология строится еще и на учете профессиональных и образовательных стандартов. В этом подходе важны не только технические знания в виде компетенции в профильных технологиях, умений работать с современным оборудованием и ПО, но и общие качества – коммуникативные, стремление к саморазвитию и готовность осваивать новые технологии [17]. Вторая методология подразумевает изменения в структуре профессиональной подготовки – выпускаемые специалисты должны эффективно работать в современных реалиях, а в ходе их обучения требуется усиление гуманитарной составляющей, к примеру, это может быть рассмотрение вопросов научно-технического прогресса, вопросы исторического развития техники, экологии, взаимодействия «человек – техносфера» [18].

Содержание профессиональной подготовки было разработано на основе поиска интеграции социально и профессионально значимых качеств личности. В результате были созданы программы с интегрированным содержанием и модульной организацией. Реализация интегральных основ базировалась на следующих принципах:

- акцент на активном участии студентов в учебном процессе, развитии их творческих способностей, критического мышления и самостоятельности;
- интеграция различных научных дисциплин и предметов, что позволяет сформировать целостное представление о профессиональной деятельности и выработать комплексный подход к решению задач в профессии;
- включение в учебные программы студентов тем о социальной ответственности профессионалов, общечеловеческих ценностях и этических аспектах;
- формирование навыков самостоятельного поиска, анализа и применения знаний, необходимых для профессиональной деятельности и социальной адаптации.

Описываемый подход поддерживает личностное развитие студентов (благодаря структурированию содержания профессиональной подготовки), которое оказывает влияние на успешный карьерный рост. Личностное развитие студентов включает в себя как профессиональные, так и гу-

манитарные, социальные аспекты [19]. Получается, что современный выпускник будет не просто подготовлен в профессиональном плане, но еще он будет обладать всеми теми качествами, которые помогут ему работать в любом коллективе и добиваться целей работы вне зависимости от среды [20]. В таком случае студент будет постоянно готов к обучению, чтобы обеспечить свою успешную карьеру в быстро движущемся мире.

Резюмируя вышесказанное, можно сказать, что каждый подход обладает своими сильными сторонами, но не избавлен от слабых сторон. Выбор подхода должен зависеть от целей и задач моделирования специалиста. Предложенные подходы в основном сосредоточены на запросах работодателей, что может привести к упущению деталей, связанных с образовательными стандартами. При ориентировании в определении ключевых навыков и компетенций только на данные из вакансий может быть сложно получить точный результат. Для повышения точности результата следует присмотреться к подходам, в которых используют экспертные оценки, опросы [21]. Они более полно учитывают стандарты, но требуют значительных ресурсов.

Для создания эффективной модели специалиста лучше использовать комплексный подход. Он должен объединять различные открытые источники данных, то есть данные вакансий от работодателей, профессиональные стандарты и экспертные мнения. Важно учитывать тенденции на рынке труда и изменения в востребованности навыков. Говоря про автоматизацию сбора критериев отбора кандидатов, можно использовать как общедоступную статистику, так и специализированные источники информации.

3. Концепция управления подготовкой ИТ-кадров

Концепция управления подготовкой ИТ-кадров – это системный подход к планированию, развитию, оценке и контролю над подготовкой сотрудников в сфере информационных технологий. Такая концепция предполагает создание и использование эффективных и инновационных методик обучения и развития, а также партнерских отношений между работодателями и учебными заведениями.

Основные принципы концепции управления подготовкой ИТ-кадров:

- 1) обучение должно быть постоянным процессом, включающим как формальное обучение, так и индивидуальное самообучение;
- 2) обучение должно быть направлено на практическое применение знаний и умений в работе;
- 3) обучение должно быть ориентировано на актуальные потребности бизнеса, наиболее востребованные компетенции;
- 4) управление подготовкой ИТ-кадров должно основываться на передовых технологиях и инновациях, что позволит подготовить сотрудников к изменяющимся требованиям рынка;
- 5) взаимодействие между учебными заведениями, владельцами бизнеса и профессиональными ассоциациями должно быть ключевым элементом управления подготовкой ИТ-кадров, так как это позволит эффективно использовать ресурсы и создавать оптимальные условия для обучения.

Целью концепции управления подготовкой ИТ-кадров является обеспечение сферы ИТ квалифицированными специалистами в современном цифровом мире. В рамках данной концепции процесс подготовки ИТ-специалистов может быть организован следующим образом:

- сбор и структурирование данных о требованиях работодателей. Для этого могут использоваться методы обработки естественного языка, такие как анализ текстов на ключевые слова и фразы, классификация текстов по темам и др. Собранные данные могут быть представлены в виде специализированных баз данных, содержащих информацию о навыках, знаниях и опыте, необходимых для работы в сфере ИТ;
- определение ключевых понятий, являющихся базовыми единицами модели. Такими понятиями могут быть технологии (языки программирования, базы данных и т. д.), области знаний (разработка ПО, системное администрирование и т. д.) и профессиональные навыки (анализ требований, проектирование ИТ-систем и т. д.);
- разработка программы обучения на основе полученных данных. В рамках программы могут быть предусмотрены курсы и семинары, ориентированные на освоение определенных технологий и навыков, а также проектная деятельность, направленная на практическое применение полученных знаний. В качестве оценки эффективности обучения может использоваться сравнение полученных учениками образовательных результатов с актуальными профессиональными компетенциями, отраженными в информационной базе требований потенциальных работодателей;

• систематическая актуализация информационной базы профессиональных требований и последующая модификация образовательных программ помогут обеспечить динамичное развитие учебного процесса. Такой подход поможет поддержанию релевантности образовательного контента, гибкой адаптации к трансформациям, происходящим на рынке ИТ-специалистов. Это создаст условия для динамического совершенствования процесса подготовки кадров в соответствии с тенденциями отрасли.

Методологический подход к формированию образовательного процесса ИТ-кадров, базирующийся на анализе публично доступной информации о профессиональных требованиях компаний, позволяет создать эффективную и актуальную систему обучения, реагирующую на изменения рынка труда.

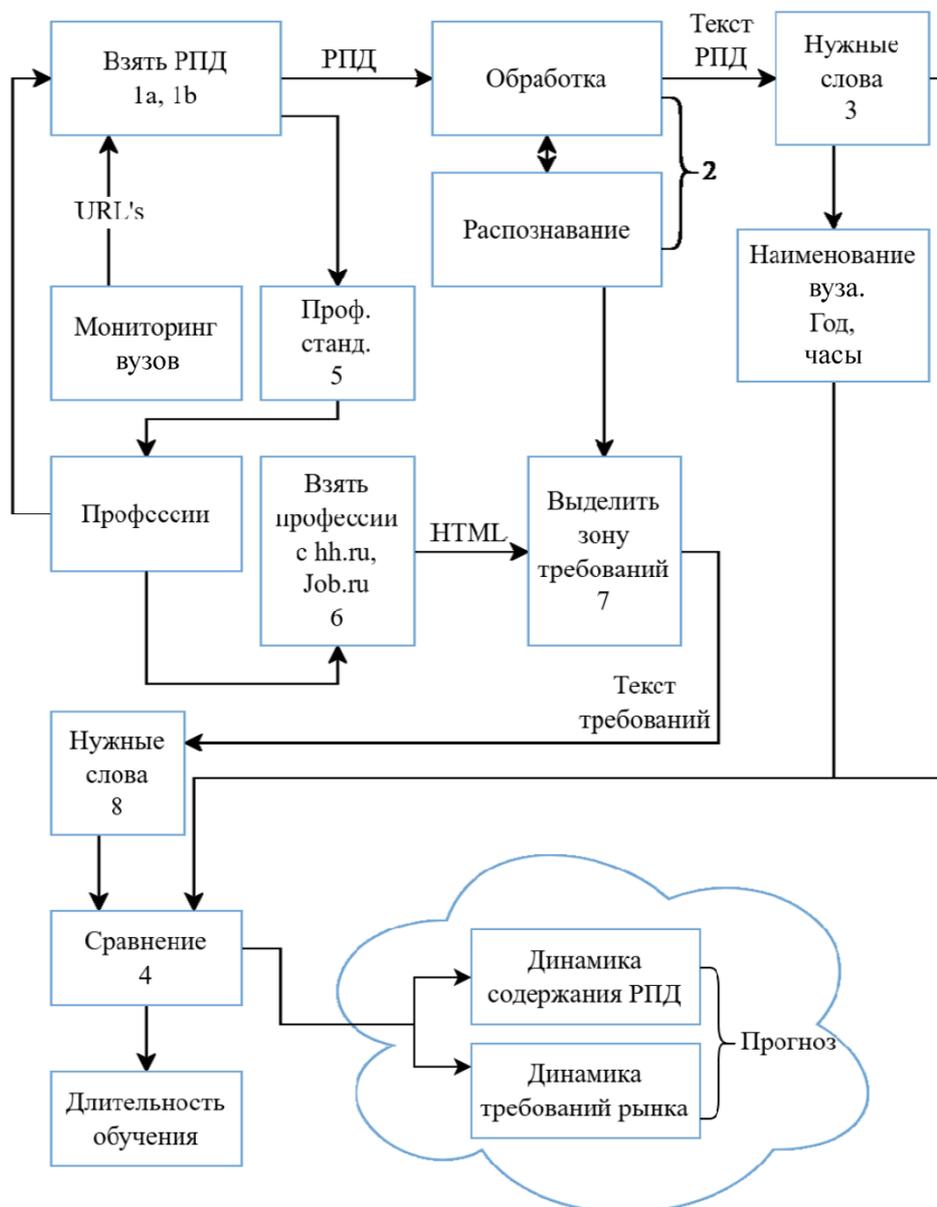


Схема концепции
Concept diagram

Рассмотрим схему предлагаемой концепции. Она включает в себя следующие технологические модули (см. рисунок):

- мониторинг (вузы – РПД, сайты с вакансиями);
- первичная обработка;
- выделение содержания ООП;

- сравнение (главный модуль);
- выделить профессии из профессионального стандарта;
- взять профессии с сайтов по поиску работы;
- выделить необходимые требования;
- выделение содержания требований работодателя.

Описания модулей со схемы концепции

1. Мониторинг и сбор РПД с сайтов вузов. В данном случае можно использовать специальные программы для автоматизации процесса, например, парсинг (веб-скрейпинг) сайтов с помощью программных ботов.

2. Обработка и распознавание профессиональных компетенций. Для этого неплохо подойдут инструменты машинного обучения и анализа информации, а именно нейронные сети, алгоритмы кластеризации и т. д. К примеру, Natural Language Processing (NLP) и Text Mining. Это сможет упростить нам процесс анализа и получить более точный результат.

3. Описание структуры и основных элементов из основной образовательной программы высшего образования (ООП ВО), а для выделения необходимой информации из ООП ВО следует обратиться к соответствующим нормативным актам и структурам, которые определяют ее содержание и структуру. Основным принцип при этом заключается в том, чтобы обратить внимание на цель и задачи программы, а также на то, какие знания, навыки и компетенции должны быть сформированы у студента в результате обучения.

4. Сравнение ключевой информации с ООП ВО и требований работодателей. В ООП ВО студенты изучают принципы ИТ-направления, практическое применение языков программирования, таких как Java, C++, Python. Работодатели ожидают от выпускников знания основных концепций ООП, умение разрабатывать программы на языках программирования и умение их применять.

Также работодатели требуют от сотрудников следующего:

- знания алгоритмов и структуры данных;
- навыки разработки ПО;
- способность проводить тестирование ПО;
- анализировать информацию;
- разрабатывать веб-приложения;
- опыт работы с системами контроля версий, такими как Git.

Во время изучения и последующего сравнения основных моментов из ООП ВО, реализуемых на базе ФГОС ВО, и требований работодателей с сайтов о трудоустройстве можно отметить тот факт, что образовательная программа предлагает студентам изучение практических навыков, которые могут пригодиться им в будущем при работе или для развития карьеры. Однако, к сожалению, в ней могут быть не указаны какие-то специфические технические требования, которые могут быть необходимы некоторым работодателям [22, 23].

5. Для выделения профессии из профессионального стандарта:

1) нужно изучить профессиональные стандарты в ИТ, найти информацию о профессиях, требуемых квалификациях, должностных обязанностях;

2) изучить информацию о каждой профессии, проведя анализ требований. Определить, какие ключевые навыки необходимы для успешной работы в этой профессии;

3) изучить информацию о вакансиях в ИТ-области.

6. Выбор профессии с сайтов по поиску работы:

- поиск информации на сайтах, таких как Indeed, HeadHunter и др.;
- ввести в поисковую строку желаемую профессию;
- изучить вакансии, опубликованные на сайте. Прочитать требования к соискателю, должностные обязанности, условия работы, зарплату и др.

7. Выбор профессии с сайтов по поиску работы и необходимые требования. На страницах вакансий обычно указываются следующие требования:

- квалификационные требования (образование, опыт работы в данной области);
- навыки и компетенции;
- личностные качества;
- требования к уровню владения языками и компьютерным программным обеспечением.

8. Для выделения содержания требований работодателя необходимо изучить вакансию на сайте поиска работы и обратить внимание на требования к соискателям и на обязанности.

Далее следует анализировать требования работодателя, выявлять их сходства и отличия с требованиями, выделенными из профессионального стандарта при изучении профессии в третьем пункте. Важно также обращать внимание на конкретные компетенции и навыки, которые работодатель выделяет в своих требованиях.

Заключение

Таким образом, рассмотренная концепция может помочь студентам и выпускникам определить необходимые требования для достижения успеха в карьере в ИТ-сфере.

Кроме того, в дальнейшем данная система сможет учитывать требования работодателей, а также изменения в сфере ИТ-технологий. Это позволит осуществлять подготовку обучающихся в соответствии с современными профессиональными стандартами и востребованными компетенциями. Данный подход способствует устранению несоответствий между образовательными результатами выпускников и актуальными запросами рынка труда. Система также направлена на идентификацию и последующую ликвидацию разрыва между навыками, формируемыми в процессе обучения, и профессиональными требованиями работодателей. Рекомендательная система также позволит оптимизировать процесс создания образовательных программ, сократить затраты на разработку и увеличить эффективность обучения.

В процессе анализа данных было выявлено значительное расхождение между компетенциями, предлагаемыми образовательными учреждениями, и требованиями работодателей:

- 64 % вакансий для Backend-разработчиков требовали знания современных фреймворков, таких как Node.js, Django и Spring, которые не всегда включены в учебные программы;
- 70 % вакансий для Frontend-разработчиков указывали на необходимость знания библиотек и фреймворков, таких как React, Angular и Vue.js;
- 60 % вакансий для DevOps-инженеров включали требования по знанию Docker и Kubernetes, которые редко рассматриваются в образовательных программах;
- 55 % вакансий упоминали опыт работы с облачными платформами (AWS, Google Cloud, Microsoft Azure), что свидетельствует о необходимости введения соответствующих курсов.

По итогу можно отметить несколько пробелов в текущих образовательных программах, это:

- несоответствие между навыками, приобретаемыми студентами в учебных заведениях, с реально востребованными навыками работодателями. Для уменьшения пробела требуется регулярное обновление образовательных программ учебных заведений;
- учебные программы нередко акцентируют внимание на теоретической подготовке студентов. Работодатели же ищут кандидатов с хорошо развитыми навыками практической части, с опытом работы над реальными проектами;
- программы подготовки ИТ-кадров являются устаревшими. Они не учитывают быстрое развитие технологий и изменения в ИТ-сфере. Из-за этого выпускники не обладают необходимыми навыками для успешного трудоустройства;
- программы подготовки студентов отстают в работе с современными инструментами, такими как облачные вычисления, искусственный интеллект и машинное обучение, которые, в свою очередь, становятся стандартом в индустрии;
- софт-скиллы, или же гибкие навыки, будь то работа в команде, коммуникации и управление проектами, – в этой области у выпускников имеются пробелы, ограничивающие их способность интегрироваться в профессиональные коллективы.

Анализ выявил определенные пробелы в текущих образовательных программах, которые не всегда охватывают множество востребованных на рынке навыков и компетенций. На основе результатов анализа можно сформулировать рекомендации по актуализации образовательных программ. Реализация рекомендаций может повысить качество образовательных программ, делая их более соответствующими требованиям рынка труда.

В целом такой подход поможет улучшить качество образования, повысить конкурентоспособность выпускников и удовлетворенность работодателей квалификацией специалистов, которых они нанимают.

Список литературы

1. Сухова Е.Е. Особенности трансформации систем высшего образования Германии и России в контексте болонского процесса: автореф. ... дис. канд. социол. наук. М., 2006. 27 с.
2. Климова Ю.О. Анализ соответствия уровня компетенций выпускников ИТ-специальностей требованиям работодателей // Вопросы территориального развития. 2021. Т. 9, № 1. С. 1–18. DOI: 10.15838/tdi.2021.1.56.5
3. Гузаиров М.Б., Герасимова И.Б. Системный подход к оценке качества образовательного процесса // Вестник УГАТУ. 2007. Т. 9, № 5. С. 29–33.
4. The use of Ontologies in the Development of a Mobile E-Learning Application in the Process of Staff Adaptation / A. Bakanova, N.E. Letov, D. Kaibassova et al. // International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE). 2019. Vol. 8, iss. 2S10. P. 780–789. DOI: 10.35940/ijrte.B1144.0982S1019
5. Лебедева Т.Ф., Муравьев С.А. Профессиональные стандарты в сфере информационных технологий как руководство к действию // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2016. № 4 (24). С. 92–97.
6. Яруллин Д.В., Файзрахманов Р.А. Построение модели ИТ-специалиста на основе нечеткой кластеризации для системы поддержки принятия решений в сфере кадрового обеспечения // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM'2020). 2020. Т. 1. С. 250–254.
7. Спирин И.С. О проблемах подготовки ИТ-специалистов в вузе в период цифровой трансформации российской экономики // Мир науки, культуры, образования. 2021. № 4 (89). С. 234–238. DOI: 10.24412/1991-5497-2021-489-234-238
8. Ширяев О.В. Модели и алгоритмы управления учебным процессом с учетом мониторинга требований работодателей (на примере магистерской подготовки): дис. ... канд. техн. наук. Уфа: Уфимский гос. авиац. техн. ун-т, 2017. 148 с.
9. Подготовка инженерных кадров для цифровой экономики России: моногр. / В.Н. Зимин, Т.Ю. Цибизова, Е.В. Чернега и др. М.: Изд-во Московского гос. техн. ун-та им. Н.Э. Баумана, 2017. 176 с. ISBN 978-5-7038-4856-2.
10. Игнатъева Е.А., Базылев Я.С. Особенности формирования цифровых компетенций в современных условиях рынка труда // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2022. № 11-4 (74). С. 152–157. DOI: 10.24412/2500-1000-2022-11-4-152-157
11. Морозова О.А., Алтухова Н.Ф. Подготовка к профессиональной проектной деятельности: задачи вуза // Казанский педагогический журнал. 2022. № 1 (150). С. 52–61. DOI: 10.51379/kpj.2022.151.1.006
12. Яруллин Д.В. Интеллектуальная система управления подготовкой ИТ-специалистов на основе денотативной аналитики // Прикладная математика и вопросы управления. 2022. № 3. С. 141–164. DOI: 10.15593/2499-9873/2022.03.08
13. Калевко В.В., Лагереv Д.Г., Подвесовский А.Г. Управление образовательной программой вузов в контексте подготовки конкурентоспособных разработчиков программного обеспечения // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2018. Т. 14, № 4. С. 803–814. DOI: 10.25559/SITITO.14.201804.803-814
14. Поздеева С.Н., Зайчикова И.В. Вузовская подготовка ИТ-специалистов в современных условиях // Известия Байкальского государственного университета. 2024. Т. 34, № 1. С. 71–77. DOI: 10.17150/2500-2759.2024.34(1).71-77
15. Касьянова Е.В. Развитие гибких навыков, профессионально-значимых для ИТ-специалистов // Педагогическая информатика. 2023. № 3. С. 178–191.
16. Каракозов С.Д., Худжина М.В., Петров Д.А. Проектирование содержания профессиональных компетенций образовательного стандарта ИТ-специалиста на основе требований профессиональных стандартов и работодателей // Информатика и образование. 2019. № 7 (306). С. 7–16. DOI: 10.32517/0234-0453-2019-34-7-7-16
17. Касьянова Е.В. Актуальность развития гибких навыков будущих ИТ-специалистов // Преподаватель XXI век. 2023. № 4-1. С. 59–69. DOI: 10.31862/2073-9613-2023-4-59-69
18. Аншина М.Л. Особенности обучения ИТ с учетом современных ролей предоставления ИТ-услуг // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2015. Т. 11, № 1. С. 27–30.

19. Мягкие компетенции для ИТ специалистов / А.А. Алетдинова, З.А. Капелюк, М.И. Дроздова, С.А. Городкова // Вестник академии. 2022. № 2. С. 64–69. DOI: 10.36871/v.a.2022.06.02.007
20. Калевко В.В., Лагереv Д.Г., Подвесовский А.Г. Управление образовательной программой вузов в контексте подготовки конкурентоспособных разработчиков программного обеспечения // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2018. Т. 14, № 4. С. 803–814. DOI: 10.25559/SITITO.14.201804.803-814
21. Деева Е.А. Формирование перечня профессиональных компетенций для образовательных программ ИТ-специалистов с использованием экспертных оценок // Инновации и инвестиции. 2023. № 9. С. 300–303.
22. Климова Ю.О., Устинова К.А. Несоответствие уровня подготовки ИТ-кадров требованиям работодателей: проблемы и пути их преодоления // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2021. Т. 14, № 5. С. 202–219. DOI: 10.15838/esc.2021.5.77.12
23. Матвеева А.И. Проблемы и перспективы развития открытого дистанционного образования в условиях электронной культуры // Тенденции развития электронного образования в России и за рубежом: материалы I Междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2020. С. 95–98.

References

1. Sukhova E.E. *Osobennosti transformatsii sistem vysshego obrazovaniya Germanii i Rossii v kontekste bolonskogo protsesssa: avtoref. dis. kand. sotsiol. nauk* [Features of the transformation of higher education systems in Germany and Russia in the context of the Bologna process. Abstract of Cand. sci. diss.]. Moscow; 2006. 27 p. (In Russ.)
2. Klimova Yu.O. Correspondence analysis of the competence level of graduates of IT specialties with employers' requirements. *Territorial Development Issues*. 2021;9(1):1–18. (In Russ.) DOI: 10.15838/tdi.2021.1.56.5
3. Guzairov M.B., Gerasimova I.B. The system approach to the evaluate of educational process quality. *Vestnik UGATU*. 2007;9(5):29–33. (In Russ.)
4. Bakanova A., Letov N.E., Kaibassova D., Kuzmin K.S., Loginov K.V., Shikov A.N. The use of Ontologies in the Development of a Mobile E-Learning Application in the Process of Staff Adaptation. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*. 2019;8(2S10):780–789. DOI: 10.35940/ijrte.B1144.0982S1019
5. Lebedeva T. F., Muravyov S. A. Professional standards in the IT sector as a guide to action. *Professional Education in Russia and Abroad*. 2016;4(24):92–97. (In Russ.)
6. Yarullin D.V., Fayzrakhmanov R.A. [Developing a Model of an IT Specialist Based on Fuzzy Clustering for a Decision Support System in Human Resources]. In: *Mezhdunarodnaya konferentsiya po myagkim vychisleniyam i izmereniyam (SCM'2020)* [International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM'2020)]. 2020. Vol. 1. P. 250–254. (In Russ.)
7. Spirin I.S. About problems of training IT specialists at a university during the digital transformation of the Russian economy. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya = The World of Science, Culture and Education*. 2021;4(89):234–238. (In Russ.) DOI: 10.24412/1991-5497-2021-489-234-238
8. Shiryayev O.V. *Modeli i algoritmy upravleniya uchebnym protsessom s uchetom monitoringa trebovaniy rabotodateley (na primere magisterskoy podgotovki): dis. kand. tekhn. nauk* [Models and Algorithms for Managing the Educational Process Considering Employer Requirements (on the Example of Master's Training). Cand. sci. diss.]. Ufa: Ufa State Aviation Technical University; 2017. 148 p. (In Russ.)
9. Zimin V.N., Tsibizova T.Yu., Chernega E.V., Sergeev D.A., Avgustan O.M. *Podgotovka inzhenernykh kadrov dlya tsifrovoy ekonomiki Rossii: monografiya* [Training of Engineering Personnel for the Digital Economy of Russia. Monograph]. Moscow: Bauman Moscow State Technical University Publ., 2017. 176 p. (In Russ.) ISBN 978-5-7038-4856-2.
10. Ignateva E.A., Bazylev Ya.S. Features of the formation of digital competencies in modern labor market conditions. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2022;11-4(74):152–157. (In Russ.) DOI: 10.24412/2500-1000-2022-11-4-152-157
11. Morozova O.A., Altukhova N.F. Preparation for professional project activity: tasks of the university. *Kazan pedagogical journal*. 2022;1(150):52–61. (In Russ.) DOI: 10.51379/kpj.2022.151.1.006
12. Yarullin D.V. Intelligent control system for IT specialists training based on denotative analytics. *Applied Mathematics and Control Sciences*. 2022;(3):141–164. (In Russ.) DOI: 10.15593/2499-9873/2022.03.08

13. Kalevko V.V., Lagerev D.G., Podvesovskii A.G. Educational program management of universities in the context of training competitive software developers. *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie = Modern Information Technologies and IT-Education*. 2018;14(4):803–814. (In Russ.) DOI: 10.25559/SITITO.14.201804.803-814
14. Pozdeeva S.N., Zaychikova I.V. Training of IT specialists at the university in modern conditions. *Bulletin of Baikal State University*. 2024;34(1):71–77. (In Russ.) DOI: 10.17150/2500-2759.2024.34(1).71-77
15. Kas'yanova E.V. Development of soft skills, professionally significant for IT specialists. *Pedagogical Informatics*. 2023;(3):178–191. (In Russ.)
16. Karakozov S.D., Khudzhina M.V., Petrov D.A. Development of the content of professional competencies of the educational standard of an IT specialist based on the requirements of occupational standards and employers' needs. *Informatics and Education*. 2019;7(306):7–16. (In Russ.) DOI: 10.32517/0234-0453-2019-34-7-7-16
17. Kasyanova E.V. Relevance of the Development of Soft Skills of Future IT Specialists. *Prepodavatel XXI vek. Russian Journal of Education*. 2023;4-1:59–69. (In Russ.) DOI: 10.31862/2073-9613-2023-4-59-69
18. Anshina M.L. [Features of IT Training Considering Modern Roles in IT Service Delivery]. *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie = Modern Information Technologies and IT-Education*. 2015;11(1):27–30. (In Russ.)
19. Aletdinova A.A., Kapelyuk Z.A., Drozdova M.I., Gorodkova S.A. Soft competencies for IT professionals. *Bulletin of the Academy*. 2022;(2):64–69. (In Russ.) DOI: 10.36871/v.a.2022.06.02.007
20. Kalevko V.V., Lagerev D.G., Podvesovskii A.G. Educational program management of universities in the context of training competitive software developers. *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie = Modern Information Technologies and IT-Education*. 2018;14(4):803–814. (In Russ.) DOI: 10.25559/SITITO.14.201804.803-814
21. Deeva E.A. Formation of a list of professional competencies for educational programs of IT specialists using expert assessments. *Innovacii i investicii*. 2023;(9):300–303. (In Russ.)
22. Klimova Yu.O., Ustinova K.A. Mismatch between the level of training of IT personnel and the requirements of employers: problems and solutions. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*. 2021;14(5):202–219. DOI: 10.15838/esc.2021.5.77.12
23. Matveeva A.I. [Problems and Prospects for the Development of Open Distance Education in the Context of Electronic Culture]. In: *Tendentsii razvitiya elektronnoy obrazovaniya v Rossii i za rubezhom: materialy I Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Trends in the Development of Electronic Education in Russia and Abroad: Proceedings of the I International Scientific and Practical Conference]. Ekaterinburg; 2020. P. 95–98. (In Russ.)

Информация об авторах

Затонский Андрей Владимирович, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой автоматизации технологических процессов, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Березниковский филиал, Березники, Россия; z Xenon@narod.ru.

Шаклеина Полина Андреевна, инженер технической поддержки, ООО «КВАЗАР», Березники, Россия; wpolina28@gmail.com.

Красовский Роман Валерьевич, аспирант кафедры информационных технологий и автоматизированных систем, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия; romus-kras@mail.ru.

Information about the authors

Andrey V. Zatonkiy, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Head of the Department of Automation of Technological Processes, Perm National Research Polytechnic University, Berezniki Branch, Berezniki, Russia; z Xenon@narod.ru.

Polina A. Shakleina, Technical Support Engineer, LLC “QUASAR”, Berezniki, Russia; wpolina28@gmail.com.

Roman V. Krasovski, Postgraduate Student of the Department of Information Technologies and Automated Systems, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia; romus-kras@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 13.08.2024

The article was submitted 13.08.2024