

УДК 656:004.9:378

Анализ математических подходов к моделированию ОПОП для кадрового обеспечения цифровой трансформации транспорта

Сергеева Дарья Владимировна — ассистент кафедры «Информационные и вычислительные системы». Научные интересы: математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. E-mail: dsergeeva@pgups.ru

Баталов Дмитрий Иннокентьевич — канд. техн. наук, доцент кафедры «Информационные и вычислительные системы». Научные интересы: информационные системы, обработка больших данных, программные роботы, нейронные сети. E-mail: d.i.batalov@yandex.ru

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Сергеева Д. В., Баталов Д. И. Анализ математических подходов к моделированию ОПОП для кадрового обеспечения цифровой трансформации транспорта // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2025. № 3 (43). С. 68–76. DOI: 10.20295/2413-2527-2025-343-68-76

Аннотация. *Цель:* выявление методологических ограничений существующих подходов к проектированию основных профессиональных образовательных программ (ОПОП) и разработка концептуальной основы нового математического подхода, ориентированного на решение задачи кадрового обеспечения цифровой трансформации транспортной отрасли. **Методы:** для классификации существующих подходов к моделированию ОПОП применяются методы системного и сравнительного анализа. В качестве концептуального инструментария для предлагаемого решения используются теория графов и методы интеллектуального анализа данных. **Результаты:** проведена классификация подходов к проектированию ОПОП, выявлена их недостаточная адаптивность к динамичным требованиям высокотехнологичных отраслей. Предложена концептуальная математическая модель ОПОП, системно интегрирующая внутреннюю структуру программы (дисциплины, пререквизиты) с внешними требованиями, извлекаемыми из профессиональных стандартов и актуальных данных рынка труда транспортной отрасли. Модель основана на представлении ОПОП в виде взвешенного ориентированного графа и введении интегрального показателя качества. **Практическая значимость:** заключается в создании научно-методологической основы для перехода от интуитивных, экспертных практик к доказательному, основанному на данных проектированию ОПОП. Внедрение предложенного подхода в перспективе позволит повысить релевантность образовательных программ, сократить сроки их адаптации и снизить дефицит кадров для таких направлений, как беспилотные транспортные системы, интеллектуальное управление перевозками и цифровая логистика.

Ключевые слова: математическое моделирование, образовательная программа, теория графов, интеллектуальный анализ данных, цифровая трансформация транспорта, кадровое обеспечение, система поддержки принятия решений

1.2.2 — математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки); **1.2.1** — искусственный интеллект и машинное обучение (технические науки)

Введение

Цифровая трансформация транспортной отрасли, выраженная в активном развитии беспилотных систем, интеллектуальных транспортных сетей, цифровой логистики и систем управления движением, формирует беспрецедентный по своей сложности и динамике спрос на специалистов с новыми междисциплинарными компетенциями. Однако традиционная система высшего образования, характеризующаяся значительной инерционностью, не всегда способна оперативно реагировать на эти вызовы. Это приводит к возникновению кадрового дефицита, тормозящего внедрение и развитие технологий нового уклада.

В международном научном дискурсе данная проблема определяется как «грубое несоответствие» (gross mismatch) между содержанием образования и реальными потребностями экономики [1]. Существующие подходы к проектированию основных профессиональных образовательных программ (ОПОП), основанные преимущественно на экспертных оценках и работе учебно-методических комиссий, страдают субъективизмом, высокой трудоемкостью и неспособны эффективно обрабатывать большие, постоянно обновляемые объемы данных о требованиях рынка труда. Необходимость анализа тысяч текстовых описаний вакансий, содержания новых профессиональных стандартов и отраслевых отчетов существенно превышает возможности традиционных ручных, интуитивных методов обработки данных.

Несостоятельность таких подходов наглядно демонстрируется эмпирическими исследованиями. В [2] при формальном анализе действующего учебного плана были обнаружены серьезные логические ошибки в экспертном проектировании: дисциплина «*Модели архитектуры клиент-сервер*» (2 семестр), являющаяся преемственной, изучается до освоения базовой дисциплины «*Архитектура информационных систем*» (6 семестр). Подобные структурные дефекты, приводящие к нарушению каузальных связей в образовательном процессе, свидетельствуют о наличии фундаментального научного противоречия между объективной потреб-

ностью в научно обоснованном, доказательном проектировании ОПОП и отсутствием адекватных для этого формализованных методов и инструментальных средств.

В связи с этим целью статьи выступает системный анализ существующих математических подходов к моделированию ОПОП, а также разработка на основе выявленных ограничений концепции комплексной математической модели для решения задачи кадрового обеспечения цифровой трансформации транспортной отрасли.

Анализ современных подходов к проектированию ОПОП

Анализ современной научной литературы и сложившейся практики позволяет классифицировать существующие подходы к проектированию и аудиту ОПОП на несколько групп, каждая из которых обладает своими преимуществами, но и несет в себе существенные ограничения, особенно в контексте кадрового обеспечения таких динамичных отраслей, как транспортная.

Экспертно-ориентированные подходы

Данная группа является наиболее традиционной и широко распространенной в практике вузов. Проектирование осуществляется на основе коллективных решений учебно-методических комиссий, заключений руководителей образовательных программ и ведущих преподавателей. Как отмечается в [3], формирование системы ограничений для построения учебного плана в таких подходах основано на «*экспертных знаниях преподавателей*». Ключевыми недостатками данного подхода являются субъективизм, зависимость от квалификации и личных предпочтений конкретных экспертов, высокая трудоемкость ручного анализа документов и, как следствие, низкая скорость адаптации программ к динамичным запросам внешней среды. Сложность взаимосвязей между многочисленными компонентами ОПОП, которую необходимо учитывать экспертам, часто приводит к ошибкам и логическим противоречиям.

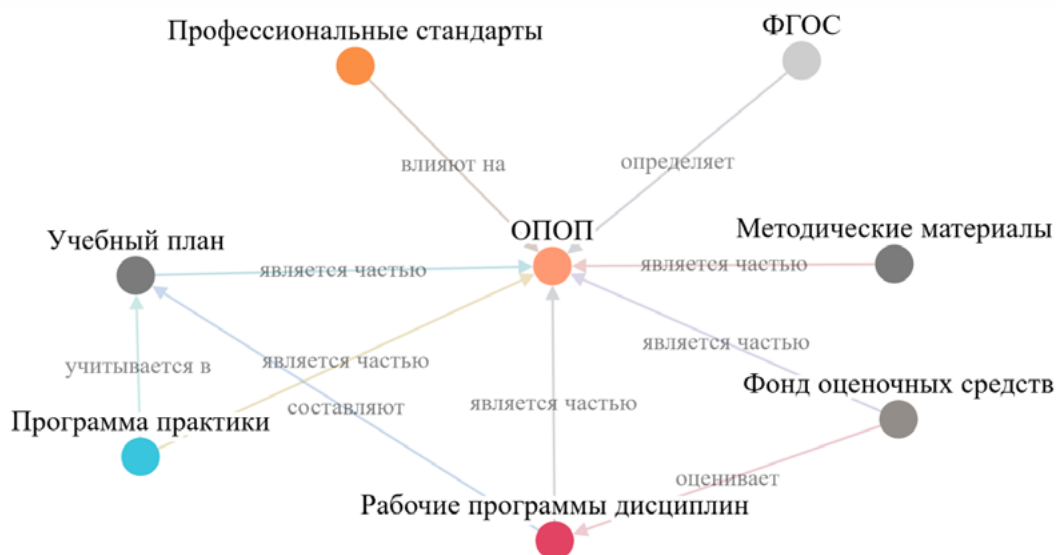


Рис. 1. Графовая модель ОПОП

Схема (рис. 1) иллюстрирует сложность взаимосвязей, с которой не справляются ручные, интуитивные методы, что и приводит к ошибкам, подобным описанным в [2].

Подходы на основе формальных моделей

В ряде исследований предпринимаются попытки преодолеть ограничения экспертных методов путем применения математического аппарата. Наиболее распространенным инструментом является теория графов, которая используется для моделирования междисциплинарных связей и структуры учебного плана [4–6]. Для более строгого описания предметной области применяются и более абстрактные онтологические подходы [7]. Несмотря на очевидные преимущества в части строгости и объективности описания, данные подходы имеют фундаментальное ограничение: они сфокусированы преимущественно на моделировании *внутренней* структуры ОПОП и слабо связаны с анализом внешних требований.

Подходы, использующие анализ данных

Это направление исследований, напротив, сфокусировано на применении методов интеллектуального анализа данных для извлечения знаний из внешних источников. Ключевой задачей здесь является объективизация требований к выпускникам на основе анализа реальных данных, в первую

очередь с рынка труда. Например, в [8] для анализа текстов вакансий и формирования на их основе модели востребованного ИТ-специалиста применяется денотативная аналитика. Однако ограничение таких подходов является зеркальным по отношению к предыдущей группе: они эффективно отвечают на вопрос «ЧЕМУ учить?», но не предлагают инструментария для системной интеграции этих требований в логически непротиворечивую структуру учебного плана.

Выявление методологического разрыва

Проведенный анализ показывает, что существующие подходы носят фрагментарный характер. Как указывается в [9], в контексте смежной задачи отмечается многообразие существующих подходов, однако отсутствует целостное интегрированное решение проблемы. Сложилась ситуация, при которой существует фундаментальное противоречие: с одной стороны, разработаны формальные модели, позволяющие строго описать внутреннюю структуру программы, но оторванные от динамики внешней среды, с другой стороны, существуют методы интеллектуального анализа, позволяющие извлекать актуальные требования из внешней среды, но не предлагающие инструментов для их системной трансляции в конкретную структуру ОПОП. Преодоление этого методологического разрыва и является ключевой задачей.

Сравнительный анализ подходов к моделированию и проектированию ОПОП

Подход	Сущность метода	Преимущества	Ограничения и недостатки
Экспертно-ориентированный	Проектирование на основе коллективных решений учебно-методических комиссий и ведущих преподавателей	Учет педагогического опыта и традиций вуза	Субъективизм, высокая трудоемкость, низкая скорость адаптации, риск логических ошибок
На основе формальных моделей	Применение математического аппарата (теория графов, онтологии) для описания внутренней структуры ОПОП и междисциплинарных связей	Строгость, объективность описания, возможность автоматизированного анализа структуры	Фокус на внутренней структуре, слабая связь с динамичными внешними требованиями (рынком труда)
Использующий анализ данных	Применение методов интеллектуального анализа данных (NLP, Data Mining) для извлечения требований из внешних источников (вакансий, стандартов)	Объективизация требований к выпускникам на основе реальных данных, высокая адаптивность к запросам рынка	Отсутствие инструментария для системной интеграции извлеченных требований в логическую структуру учебного плана
Предлагаемый комплексный подход	Системная интеграция графовой модели структуры ОПОП с результатами интеллектуального анализа внешних данных	Системность, объективность, измеримость, адаптивность	Требует разработки специализированных численных методов и программных комплексов

Проведенный анализ современной научной литературы и сложившейся практики позволяет классифицировать существующие подходы к проектированию и аудиту ОПОП на несколько ключевых групп. Для систематизации результатов проведенного анализа и наглядного сравнения концептуальных рамок, преимуществ и методологических ограничений рассмотренных подходов представим их основные характеристики в форме сравнительной таблицы (табл. 1).

Данная классификация позволяет не только структурировать существующее поле исследований, но и наглядно продемонстрировать их определенную фрагментарность, а также выявить тот методологический разрыв, на преодоление которого направлен предлагаемый в настоящей работе комплексный подход.

Концепция комплексного моделирования ОПОП для транспортной отрасли

Предлагаемый подход к решению задачи адаптивного проектирования ОПОП базируется на системной интеграции трех ключевых компонентов:

- формализация предметной области;
- построение графовой модели структуры ОПОП;
- разработка математической модели для количественной оценки.

Формализация предметной области

Первым и необходимым шагом является декомпозиция предметной области на ключевые сущности, что является общепринятым подходом в системной инженерии [10]. В рамках предлагаемой концепции вводятся следующие формальные множества:

- $D = \{d_i\}$ — конечное множество **дисциплин** (модулей), составляющих учебный план ОПОП. Данное множество представляет собой «строительные блоки» программы, ее внутреннее содержание, структурная декомпозиция которого для наглядности представлена на рис. 2.

- $C = \{c_j\}$ — конечное множество **компетенций**, определенных ФГОС и профессиональными стандартами для транспортной отрасли. Примеры таких компетенций: «Разработка алгоритмов управления для беспилотных транспортных средств», «Моделирование интеллектуальных логистических сетей», «Анализ данных с бортовых сенсорных систем».

- $R = \{r_k\}$ — конечное множество **формализованных требований** (конкретных навыков, знаний, технологий), извлеченных из текстов актуальных вакансий и отраслевых стандартов. Примеры таких требований: «владение фреймворком ROS (Robot Operating System)», «знание протоколов V2X (vehicle-to-everything)».

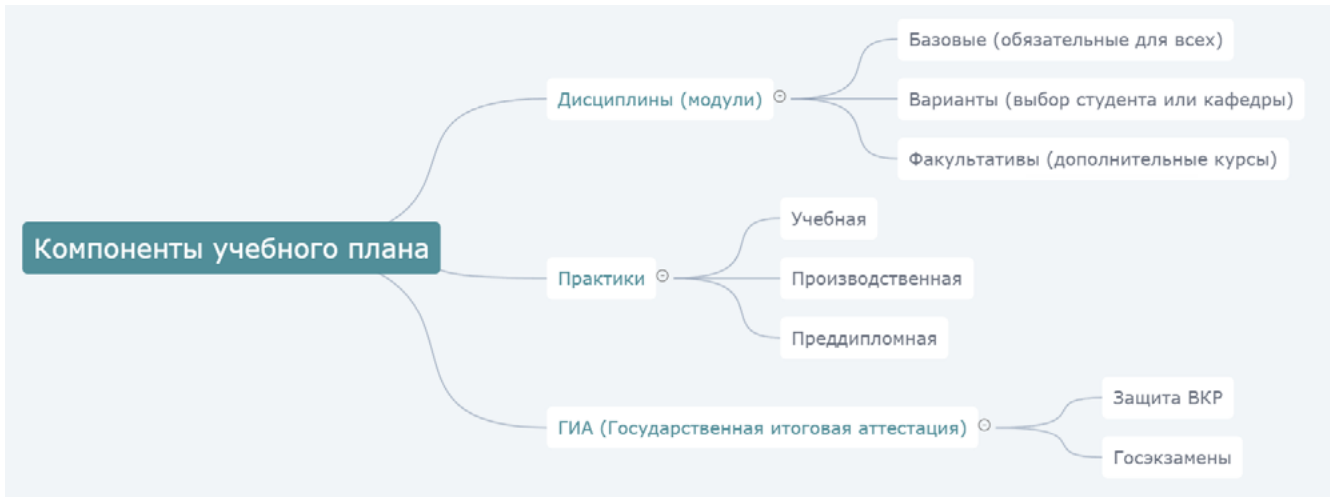


Рис. 2. Компоненты учебного плана

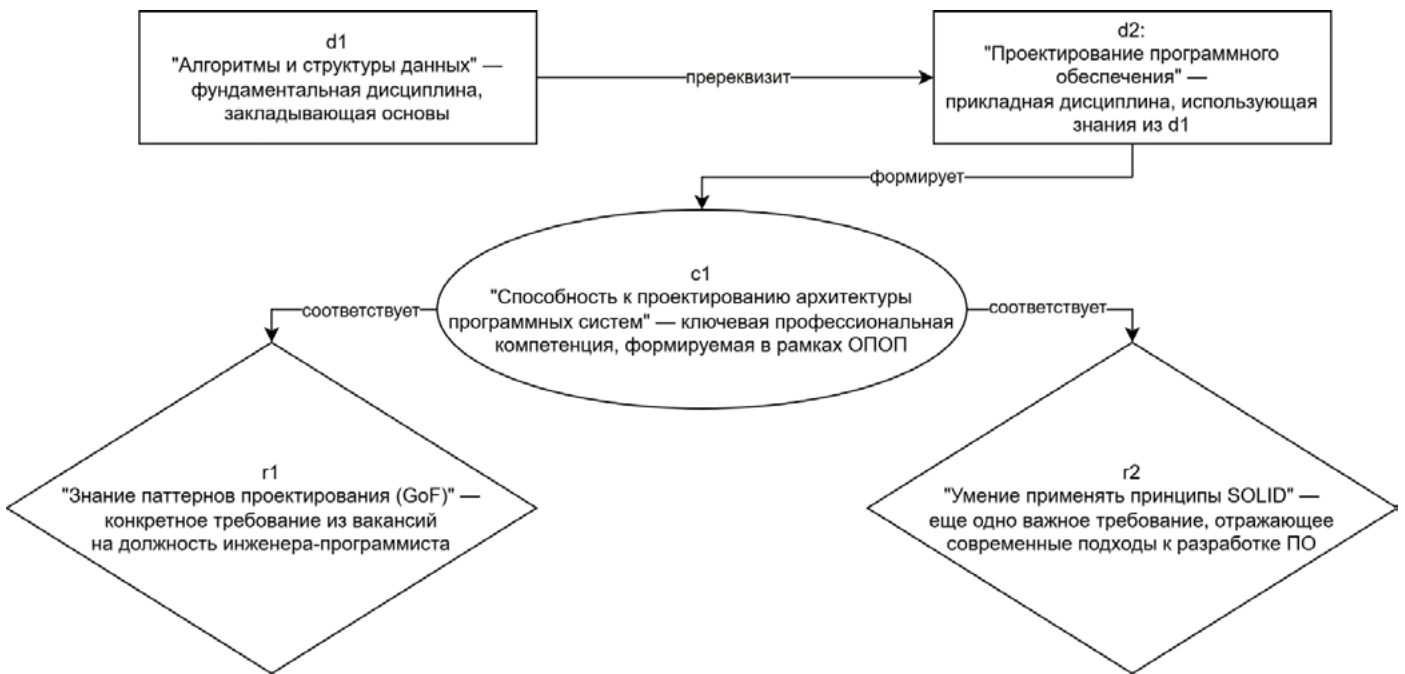


Рис. 3. Пример фрагмента графовой модели ОПОП для направления «Программное обеспечение средств вычислительной техники и автоматизированных систем»

Графовая модель структуры ОПОП

Для системного представления ОПОП и ее связей с внешней средой предлагается использовать **взвешенный ориентированный граф** $G = (V, E)$, где множество вершин является объединением ранее введенных множеств: $V = D \cup C \cup R$.

Выбор графовой модели обоснован тем, что, как отмечается в [11], «*орграфы широко применяются в программировании как способ описания систем со сложными связями*». Такая модель позволяет наглядно представить междисциплинарные свя-

зи, пререквизиты и связи дисциплин с компетенциями, что решает проблему «*фрагментарности традиционной линейной подачи информации*» [12] и создает строгую математическую основу для последующего анализа.

Для наглядной демонстрации возможностей и семантического наполнения предложенной графовой модели рассмотрим ее гипотетический фрагмент, построенный для ОПОП, ориентированной на подготовку специалистов в области беспилотных транспортных систем (рис. 3).

Фрагмент на рис. 3 иллюстрирует, каким образом модель системно интегрирует внутренние компоненты программы (фундаментальные и прикладные дисциплины, пререквизитные связи) с ее целевыми установками (профессиональными компетенциями) и конкретными требованиями транспортной отрасли, извлеченными из анализа рынка труда. На схеме представлены вершины, соответствующие различным типам сущностей (D , C , R), и направленные ребра, отражающие каузальные и семантические связи между ними.

Модель оценки соответствия

Для перехода от структурного описания к количественному анализу и поддержке принятия решений вводится **интегральный показатель качества ОПОП** $Q(P)$. Он определяется как взвешенная аддитивная свертка нормированных частных критериев:

$$Q(P) = \sum_{k=1}^N \alpha_k F_k(P).$$

Подобный подход к агрегации критериев успешно применяется в смежных задачах оценки: например, в [13] для оценки обученности используется формула вида $\theta = \sum_j \omega_j \theta_{ki}$. В рамках концепции предлагаются следующие ключевые частные критерии:

- $F_1(P)$ — **критерий полноты покрытия компетенций**. Оценивает, насколько совокупность дисциплин программы обеспечивает формирование всего перечня требуемых стандартами компетенций.
- $F_2(P)$ — **критерий соответствия ОПОП актуальным требованиям рынка труда**. Измеряет релевантность программы запросам транспортной отрасли на основе анализа связей с множеством R .
- $F_3(P)$ — **критерий внутренней структурной согласованности**. Оценивает логическую целостность и непротиворечивость самой программы на основе применения графовых метрик.

Заключение

Проведенный системный анализ существующих подходов к проектированию ОПОП выявил их фрагментарность и недостаточную адаптивность,

что формирует объективную потребность в новых научно обоснованных инструментах, способных обеспечить адекватный ответ системы высшего образования на вызовы цифровой трансформации транспорта.

Предложенная концепция комплексного математического моделирования обладает рядом принципиальных преимуществ. Во-первых, это **системность**, достигаемая за счет интеграции в единой графовой модели внутренних (дисциплины, пререквизиты) и внешних (стандарты, рынок труда) факторов. Во-вторых, это **объективность**, основанная на перспективе применения методов интеллектуального анализа данных для извлечения требований из реальных источников, а не только на мнениях экспертов. В-третьих, это **измеримость**, обеспечиваемая введением формального интегрального показателя качества, который позволяет количественно оценивать и сравнивать различные варианты структуры ОПОП.

Практическая значимость предложенной концепции заключается в создании научно-методологической базы для перехода от интуитивных практик к доказательному проектированию образовательных программ, основанному на объективных данных. Внедрение такого подхода позволит транспортным университетам оперативно адаптировать содержание ОПОП к запросам индустрии, формируя у выпускников компетенции, востребованные в таких передовых областях, как беспилотные транспортные системы и цифровая логистика. Для кадровых служб транспортных компаний данный подход открывает возможность транслировать свои требования к подготовке специалистов в формализованном виде, напрямую влияя на образовательный процесс.

Дальнейшее развитие данного исследования предполагает переход от концептуальной основы к ее практической реализации: разработке численных методов и алгоритмов интеллектуального анализа данных для автоматизированного построения и анализа предложенной модели, а также их реализации в виде проблемно-ориентированного комплекса программ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. The Future of Higher Education: Identifying Current Educational Problems and Proposed Solutions / H. Halabieh, S. Hawkins, A. E. Bernstein [et al.] // Education Sciences. 2022. Vol. 12, Iss. 12. Art. No. 888. 19 p. DOI: 10.3390/educsci12120888.
2. Воробьева Н. А., Носков С. И. Расчет основных параметров учебного плана с учетом междисциплинарных связей // Фундаментальные исследования. 2012. № 9. С. 894–898.
3. Юрчишина М. В., Бушмелева К. И. Экспертная оценка групп связанных дисциплин учебного плана для бакалавриата по направлению «Информатика и вычислительная техника» // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии (ИНФО–2023): сборник трудов XX Международной научно-практической конференции (Махачкала, Россия, 01–10 октября 2023 г.). М.: Ассоциация выпускников и сотрудников ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 2023. С. 174–178.
4. Ботов Д. С. Интеллектуальная поддержка формирования образовательных программ на основе нейросетевых моделей языка с учетом требований рынка труда // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2019. Т. 19, № 1. С. 5–19. DOI: 10.14529/ctcr190101.
5. Применение силового алгоритма визуализации графов для анализа учебных планов образовательных программ высшего образования / Т. В. Зыкова, А. А. Кытманов, М. В. Носков, Е. А. Халтурин // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2023. Т. 19, № 1. С. 104–116. DOI: 10.25559/SITITO.019.202301.104-116.
6. Лобашев В. Д. Функции, алгоритмы и аргументы модели процесса оценивания // Интеграция образования. 2015. Т. 19, № 1. С. 82–92. DOI: 10.15507/Inted.078.019.201501.082.
7. Метод формального онтологического моделирования и реализации функций системной инженерии на основе принципа достаточного разнообразия структурных связей / В. В. Антонов, А. П. Бельтюков, Г. Г. Куликов, Л. Е. Родионова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2019. Т. 19, № 4. С. 13–26. DOI: 10.14529/ctcr190402.
8. Яруллин Д. В. Интеллектуальная система управления подготовкой ИТ-специалистов на основе денотативной аналитики // Прикладная математика и вопросы управления. 2022. № 3. С. 141–164. DOI: 10.15593/2499-9873/2022.3.08.
9. Спиридонов Р. С. Архитектура приложения для поддержки различных типов алгоритмических задач и их автоматизированной проверки в системах электронного обучения // Известия ЮФУ. Технические науки. 2016. № 3 (176). С. 87–96.
10. Колыбенко Е. Н. Разграничение понятий «структурно-функционально-параметрическая модель» и «параметрическая модель» информационных объектов знаний // Вестник Донского государственного технического университета. 2020. Т. 20, № 1. С. 106–111. DOI: 10.23947/1992-5980-2020-20-1-106-111.
11. Телегина М. В., Янников И. М. Программная оболочка для создания экспертных систем GrafExpert // Известия ЮФУ. Технические науки. 2014. № 6 (155). С. 67–73.
12. Штагер Е. В., Бережнова Е. И. Принципы конструирования дидактического обеспечения базовых вузовских дисциплин // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 8. С. 235–239. DOI: 10.17513/snt.38810.
13. Преображенский А. П., Маренков Н. М. Оценка степени обученности математике и информатике // CONTINUUM. Математика. Информатика. Образование. 2024. № 3 (35). С. 60–68. DOI: 10.24888/2500-1957-2024-3-60-68.

Дата поступления: 18.08.2025

Решение о публикации: 21.08.2025

Mathematical Approaches to Modelling Basic Professional Education Programmes for Personnel Support of Transport Digital Transformation

Daria V. Sergeeva

— Assistant of the Information and Computing Systems Department. Research interests: mathematical modelling, numerical methods and software suites. E-mail: dsergeeva@pgups.ru

Dmitry I. Batalov

— PhD in Engineering, Associate Professor of the Information and Computing Systems Department. Research interests: information systems, big data processing, software robots, neural networks. Email: d.i.batalov@yandex.ru

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky ave., Saint Petersburg, 190031, Russia

For citation: Sergeeva D. V., Batalov D. I. Mathematical Approaches to Modelling Basic Professional Education Programmes for Personnel Support of Transport Digital Transformation. *Intellectual Technologies on Transport*, 2025, No. 3 (43), Pp. 68–76. DOI: 10.20295/2413-2527-2025-343-68-76. (In Russian)

Abstract. Purpose: to identify methodological limitations of the existing approaches to designing Basic Professional Education Programmes (BPEP) and to develop a conceptual framework for a new mathematical approach aimed at addressing personnel needs for the digital transformation of the transport sector. **Methods:** systematic and comparative analysis of existing approaches to modelling Basic Professional Education Programmes. The proposed solution employs graph theory and data mining techniques as conceptual tools. **Results:** a BPEP classification of design approaches was carried out, revealing their insufficient adaptability to the dynamic demands of high-tech industries. A conceptual mathematical model of Basic Professional Education Programme was proposed, systematically integrating the programme internal structure (disciplines, prerequisites) with external requirements derived from professional standards and current labour market data in the transport sector. The model is based on representing BPEP as a weighted directed graph and introducing an integral quality metric. **Practical significance:** the study provides a scientific and methodological foundation for transitioning from intuitive, expert-based practices to a research-based, data-driven BPEP design. Implementing the proposed approach will enhance the relevance of educational programmes, reduce adaptation time, and address personnel shortages in areas such as autonomous transport systems, intelligent transport management, and digital logistics.

Keywords: mathematical modelling, degree programme, graph theory, data mining, transport digital transformation, personnel support, decision support system

REFERENCES

1. Halabieh H., Hawkins S., Bernstein A. E., et al. The Future of Higher Education: Identifying Current Educational Problems and Proposed Solutions, *Education Sciences*, 2022, Vol. 12, Iss. 12, Art. No. 888, 19 p. DOI: 10.3390/educsci12120888.
2. Vorobyeva N. A., Noskov S. I. Raschet osnovnykh parametrov uchebnogo plana s uchetom mezhdistsiplinarnykh svyazey [University Curriculum Parameters Calculation with Logical Dependences Between Courses], *Fundamentalnye issledovaniya [Fundamental Research]*, 2012, No. 9, Pp. 894–898. (In Russian)
3. Yurchishina M. V., Bushmeleva K. I. Ekspertnaya otsenka grupp svyazannykh distsiplin uchebnogo plana dlya bakalavriata po napravleniyu “Informatika i vychislitel'naya tekhnika” [Expert Assessment of Groups of Related Subjects of the Curriculum for the Bachelor Studies in the Direction “Computer science and engineering”], *Innovatsionnye*,

informatsionnye i kommunikatsionnye tekhnologii (INFO–2023): sbornik trudov XX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Innovative, Information and Communication Technologies (INFO-2023): Collection of Works of the XX International Scientific and Practical Conference], Makhachkala, Russia, October 01–10, 2023. Moscow, Association of Graduates and Employees of AFEA named after prof. N. E. Zhukovsky, 2023, Pp. 174–178. (In Russian)

4. Botov D. S. Intellektualnaya podderzhka formirovaniya obrazovatelnykh programm na osnove neyrosetevykh modely yazyka s uchetom trebovaniy rynka truda [Intelligent Support Development of Educational Programs Based on the Neural Language Models Taking into Account of the Labor Market Requirements], *Vestnik Yuzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya “Kompyuternye tekhnologii, upravlenie, radioelektronika” [Bulletin of the South Ural State University. Series “Computer Technology, Automatic Control, Radio Electronics”]*, 2019, Vol. 19, No. 1, Pp. 5–19. DOI: 10.14529/ctcr190101. (In Russian)

5. Zykova T. V., Kytmanov A. A., Noskov M. V., Khalturin E. A. Primenenie silovogo algoritma vizualizatsii grafov dlya analiza uchebnykh planov obrazovatelnykh programm vysshego obrazovaniya [Application of a Force-Directed Graph Drawing Algorithm for the Analysis of Curricula of Educational Programs of Higher Education], *Sovremennye informatsionnye tekhnologii i IT-obrazovanie [Modern Information Technologies and IT-Education]*, 2023, Vol. 19, No. 1, Pp. 104–116. DOI: 10.25559/SITITO.019.202301.104-116. (In Russian)

6. Lobashev V. D. Funktsii, algoritmy i argumenty modeli protsessa otsenivaniya [Functions, Algorithms and Arguments of Evaluation Process Model], *Integratsiya obrazovaniya [Integration of Education]*, 2015, Vol. 19, No. 1, Pp. 82–92. DOI: 10.15507/Inted.078.019.201501.082. (In Russian)

7. Antonov V. V., Beltyukov A. P., Kulikov G. G., Rodionova L. E. Metod formalnogo ontologicheskogo modelirovaniya i realizatsii funktsiy sistemnoy inzhenerii na osnove printsipa dostatochnogo raznoobraziya strukturnykh svyazey [Formal Representation of the Model of Realization of the Functions of System Engineering Based on the Principle of the Enough Diversity of Structural Connections], *Vestnik Yuzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya “Kompyuternye tekhnologii, upravlenie, radioelektronika” [Bulletin of the South Ural State University. Series “Computer Technology, Automatic Control, Radio Electronics”]*, 2019, Vol. 19, No. 4, Pp. 13–26. DOI: 10.14529/ctcr190402. (In Russian)

8. Yarullin D. V. Intellektualnaya sistema upravleniya podgotovkoy IT-spetsialistov na osnove denotativnoy analitiki [Intelligent Control System for IT Specialists Training Based on Denotative Analytics], *Prikladnaya matematika i voprosy upravleniya [Applied Mathematics and Control Sciences]*, 2022, No. 3, Pp. 141–164. DOI: 10.15593/2499-9873/2022.3.08. (In Russian)

9. Spiridonov R. S. Arkhitektura prilozheniya dlya podderzhki razlichnykh tipov algoritmicheskikh zadach i ikh avtomatizirovannoy proverki v sistemakh elektronnoho obucheniya [Application Architecture for Support of Multiple Question Types and Their Automated Grading in e-Learning Systems], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences]*, 2016, No. 3 (176), Pp. 87–96. (In Russian)

10. Kolybenko E. N. Distinction Between Concepts of “Structural-Functional-Parametric Model” and “Parametric Model” of Information Knowledge Objects, *Vestnik of Don State Technical University*, 2020, Vol. 20, No. 1, Pp. 106–111. DOI: 10.23947/1992-5980-2020-20-1-106-111.

11. Telegina M. V., Yannikov I. M. Программная оболочка для создания экспертных систем GrafExpert [Modeling Environment for Creation of Expert Systems GrafExpert], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences]*, 2014, No. 6 (155), Pp. 67–73. (In Russian)

12. Shtager E. V., Berezhnova E. I. Printsipy konstruirovaniya didakticheskogo obespecheniya bazovykh vuzovskikh distsiplin [Design’s Principles of Didactic Provision of Basic University Disciplines], *Sovremennye naukoemkie tekhnologii [Modern High Technologies]*, 2021, No. 8, Pp. 235–239. DOI: 10.17513/snt.38810. (In Russian)

13. Preobrazhenski A. P., Marenkov N. M. Otsenka stepeni obuchennosti matematike i informatike [Assessment of the Degree of Learning in Mathematics and Computer Science], *CONTINUUM. Matematika. Informatika. Obrazovanie [CONTINUUM. Mathematics. Computer science. Education]*, 2024, No. 3 (35), Pp. 60–68. DOI: 10.24888/2500-1957-2024-3-60-68. (In Russian)

Received: 18.08.2025

Accepted: 21.08.2025