

УДК 004.9:378:656

## Математическое моделирование и многокритериальная оптимизация структуры образовательных программ транспортного вуза в условиях перехода к национальной модели высшего образования

**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. Математическое моделирование и многокритериальная оптимизация структуры образовательных программ транспортного вуза в условиях перехода к национальной модели высшего образования // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2025. № 4 (44). С. 79–88. DOI: 10.20295/2413-2527-2025-444-79-88

**Аннотация.** *Цель:* устранение методологического разрыва между динамичными требованиями рынка труда в условиях цифровой трансформации транспорта и инерционностью процессов проектирования основных профессиональных образовательных программ (ОПОП). *Методы:* на основе системного анализа классифицированы существующие подходы к моделированию ОПОП. Для формализации структуры программы применен аппарат теории графов, для обработки требований работодателей — методы интеллектуального анализа данных. *Результаты:* выявлена ограниченность экспертных и онтологических подходов при работе с большими массивами данных рынка труда. Разработана новая математическая модель ОПОП в виде взвешенного ориентированного графа  $G = (V, E)$ , вершины которого интегрируют дисциплины, компетенции и требования работодателей (профстандарты, вакансии). Впервые введен интегральный показатель качества программы, рассчитываемый как аддитивная свертка критериев полноты покрытия компетенций и связности графа. *Практическая значимость:* предложенная модель и алгоритмы создают базис для автоматизированной системы поддержки принятия решений, позволяющей сократить сроки адаптации образовательных программ под запросы таких высокотехнологичных сфер, как беспилотный транспорт и цифровая логистика, обеспечивая переход к доказательному управлению образованием.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, образовательная программа, ориентированный граф, интеллектуальный анализ данных, цифровая трансформация транспорта, интегральный показатель качества, 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

Глобальная трансформация российской системы высшего образования, инициированная Указом Президента РФ [1], знаменует собой не просто смену номенклатуры направлений, а фундаментальный отказ от жесткой двухуровневой Болонской модели в пользу суверенной национальной системы. Переход к уровням «базового» (срок обучения 4–6 лет) и «специализированного» высшего образования ставит перед университетским сообществом задачу беспрецедентной методической и управленческой сложности. Если ранее в уравнении проектирования образовательных программ параметр времени  $T$  являлся константой (4 года для бакалавриата), то теперь он переходит в статус переменной, значение которой функционально зависит от сложности квалификационных требований и отраслевой специфики.

В новой архитектуре, как отмечается в стратегических материалах Министерства науки и высшего образования РФ, ключевым системообразующим элементом становится «единое фундаментальное ядро», обеспечивающее связность образовательного пространства страны [2]. Для технических университетов это создает нетривиальную оптимизационную коллизию: каким образом синтезировать структуру программы, которая при вариативности сроков обучения обеспечивала бы необходимый баланс между фундаментальностью и узкопрофильной специализацией? Интуитивные решения, опирающиеся на эмпирический опыт («давайте просто добавим один год обучения»), в текущих экономических условиях становятся неэффективными и методически рискованными.

Ситуация в транспортном образовании осложняется жестким детерминизмом со стороны стратегических партнеров. Утвержденная в конце 2024 года совместная Программа Минтранса России и ОАО «РЖД» по поддержке университетских комплексов до 2030 года задает вектор на подготовку кадров для эксплуатации высокоскоростных магистралей и беспилотных транспортных систем [3]. Фактически работодатель формирует жесткие «границные условия» для моделируемой системы, требуя ин-

теграции в учебные планы компетенций, которые ранее относились к разным уровням образования или вовсе отсутствовали в классических инженерных школах.

Одновременно с этим происходит агрессивная цифровая трансформация отрасли. Опыт создания цифрового кластера на базе Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС) наглядно демонстрирует, что современные инженерные компетенции невозможны без глубокой IT-подготовки [4]. Возникает структурный конфликт: механическое добавление цифровых модулей (Data Science, BIM-технологии) в граф образовательной программы линейно увеличивает ее трудоемкость. При жестком ограничении общего срока обучения это неизбежно требует исключения либо компрессии других дисциплин. Решение этой задачи сугубо экспертными методами, опирающимися на «ощущения» методистов, ведет к ошибкам проектирования — разрыву логических связей между дисциплинами (пререквизитов) или критической перегрузке обучающихся.

Существующие подходы к математическому моделированию образовательных систем, описанные в работах отечественных и зарубежных авторов [5, 6], а также подробно проанализированные в предыдущем исследовании [7], фокусируются преимущественно на оценке качества уже созданных учебных планов или оптимизации расписаний, то есть решают задачи анализа статических систем. Однако в условиях текущей реформы требуется **структурный синтез** новых образовательных моделей. На данный момент наблюдается дефицит формализованных методов, позволяющих осуществить переход от набора разрозненных требований (ФГОС, Программа ОАО «РЖД», цифровые компетенции) к оптимальному графу образовательной программы с математически обоснованным сроком обучения.

В настоящей работе предлагается теоретический подход к решению данной проблемы методами системного анализа и математического

моделирования. **Целью исследования** является разработка формальной модели и алгоритма многокритериальной оптимизации структуры основной профессиональной образовательной программы, позволяющих найти баланс между фундаментальным ядром, специализированными требованиями работодателя и сроками подготовки. Работа закладывает теоретический и алгоритмический фундамент для создания интеллектуальной системы поддержки принятия решений, проектирование которой является следующим этапом исследования.

### Математическое моделирование и постановка задачи оптимизации

Формализация процесса проектирования основных профессиональных образовательных программ требует перехода от эвристических и экспертных оценок к строгим математическим методам, позволяющим оперировать количественными метриками качества и структурной связности. В современной научной литературе задача синтеза учебных планов рассматривается как многофакторная проблема, лежащая на стыке теории графов, системного анализа и интеллектуальной обработки данных.

Фундаментальные подходы к расчету параметров учебных планов с учетом логических зависимостей между дисциплинами были заложены в [8], где акцент делался на оптимизации распределения ресурсов времени. Однако в условиях цифровой трансформации экономики статические модели требуют расширения за счет внедрения адаптивных механизмов. Современные исследователи [9, 10] предлагают использовать методы интеллектуальной поддержки и нейросетевого анализа для динамической актуализации образовательного контента под требования рынка труда, что коррелирует с международными практиками автоматизированного извлечения навыков из вакансий [11].

Особую значимость в контексте построения архитектуры образовательных программ приобретают методы структурного анализа и теории графов, позволяющие визуализировать и верифицировать логику педагогического процесса [12]. При этом

проектирование не может ограничиваться только топологией учебного плана; критически важным становится содержательное наполнение программ цифровыми компетенциями. Опираясь на европейские рамки цифровых компетенций [13] и современные исследования в области оценки цифровых навыков [14], необходимо интегрировать в математическую модель не только временные и ресурсные ограничения, но и семантические параметры качества подготовки.

Разработка интеллектуальных систем поддержки принятия решений для управления учебными планами, рассматриваемая в работе планами [15], а также методология проектирования автоматизированных систем управления [16] создают базис для алгоритмизации процессов разработки ОПОП. Тем не менее специфика перехода к национальной модели высшего образования с вариативными сроками обучения требует создания специализированной параметрической модели, способной связать воедино требования фундаментальности образования и узкопрофильные запросы промышленных партнеров.

### Параметрическая графовая модель образовательной программы

Для решения задачи структурного синтеза ОПОП в условиях вариативности сроков обучения (от 4 до 6 лет) предлагается отойти от традиционного матричного представления учебного плана. В настоящем исследовании структура программы формализована как ориентированный ациклический граф (DAG)  $G_T = (V, E)$ , параметрически зависящий от нормативного срока обучения  $T$ .

Множество вершин графа  $V$  представляет собой дисциплины и модули, которые в контексте новой модели высшего образования декомпозируются на три непересекающихся подмножества (рис. 1):

$$V = V_{\text{core}} \cup V_{\text{spec}}(T) \cup V_{\text{dig}},$$

где  $V_{\text{core}}$  — **инвариантное ядро**, состав которого фиксирован для всей укрупненной группы специальностей (УГС) и не зависит от  $T$ . Это обеспечивает требование единого образовательного пространства;



Рис. 1. Иерархическая структура ОПОП

$V_{\text{spec}}(T)$  — **вариативная профессиональная часть**, мощность и состав которой являются функциями от времени  $T$ . Именно этот компонент подлежит оптимизации для удовлетворения требований отраслевого заказчика;

$V_{\text{dig}}$  — **цифровой кластер**, включающий модули ИТ-компетенций.

## Математическая модель требований работодателя

Критическим отличием предлагаемого подхода является отказ от равнозначности требований. В условиях реализации Программы поддержки университетских комплексов РЖД до 2030 года требования стратегического партнера приобретают приоритетный статус.

Вводится вектор внешних требований  $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ . Каждому требованию присваивается вес согласно функции приоритета (рис. 2):

$$w(r_k) = \begin{cases} \gamma, & \text{если } r_k \in R_{\text{RZD}}; \\ 1, & \text{если } r_k \in R_{\text{base}} / R_{\text{RZD}}, \end{cases}$$

где  $R_{\text{RZD}}$  — множество компетенций, детерминированных ОАО «РЖД» (например, эксплуатация высокоскоростных магистралей);

$R_{\text{base}}$  — базовые требования ФГОС;

$\gamma$  — коэффициент усиления ( $\gamma > 1$ ), определяемый экспертным путем на этапе стратегического планирования.

Показатель качества покрытия требований  $Q(P)$  для программы  $P$  рассчитывается как взвешенная сумма:

$$Q(P) = \sum_{k=1}^N w(r_k) \mu(P, r_k),$$

где  $\mu(P, r_k) \in [0, 1]$  — функция принадлежности, вычисляемая на основе семантического анализа содержания рабочих программ дисциплин методами NLP.

## Алгоритм интеграции цифрового кластера

Интеграция модулей цифрового кластера в инженерные программы не может быть механической. Для исключения «лоскутной» цифровизации требуется применение алгоритма минимизации семантического разрыва.

Задача состоит в поиске такого подмножества ребер  $E_{\text{new}}$ , связывающих вершины цифрового кластера  $V_{\text{dig}}$  с профессиональными вершинами  $V_{\text{spec}}$ , которое максимизирует связность графа. Критерий оптимальности встраивания цифрового модуля  $v_{\text{dig}}$  (например, «Python для анализа данных») перед профильным модулем  $v_{\text{spec}}$  (например, «Моделирование транспортных потоков»):

$$\max_{(v_{\text{dig}}, v_{\text{spec}}) \in E_{\text{new}}} \sum \text{sim}(\text{vector}(v_{\text{dig}}), \text{vector}(v_{\text{spec}})),$$

где  $\text{sim}$  — косинусное сходство векторов, полученных с помощью модели TF-IDF на корпусе текстов учебно-методической документации. Это гарантирует, что ИТ-инструментарий изучается именно тогда, когда он необходим для решения прикладных задач специальности (рис. 3).

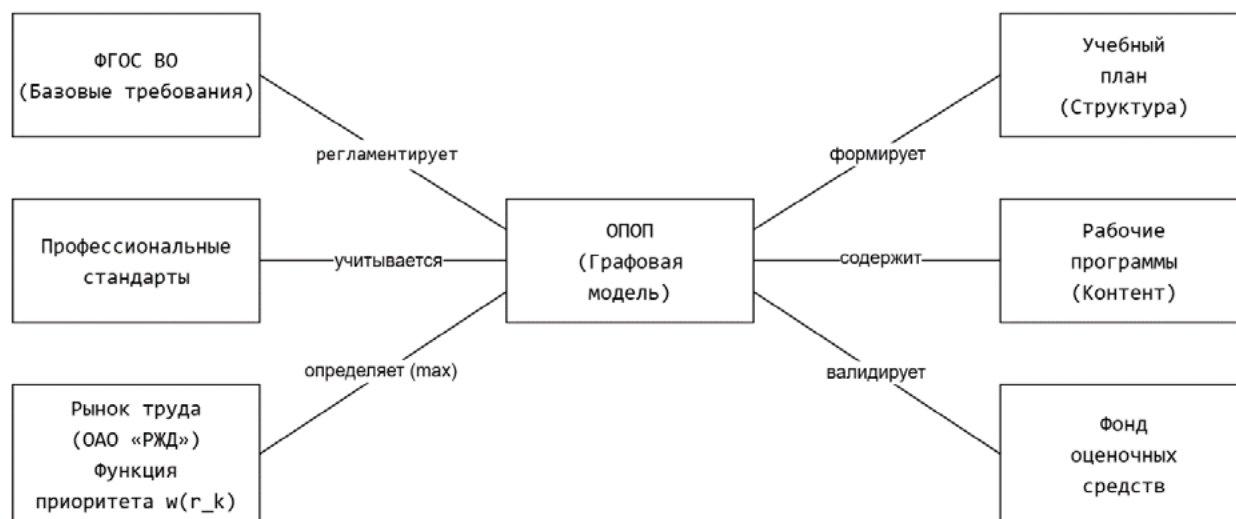


Рис. 2. Концептуальная модель влияния требований на структуру ОПОП

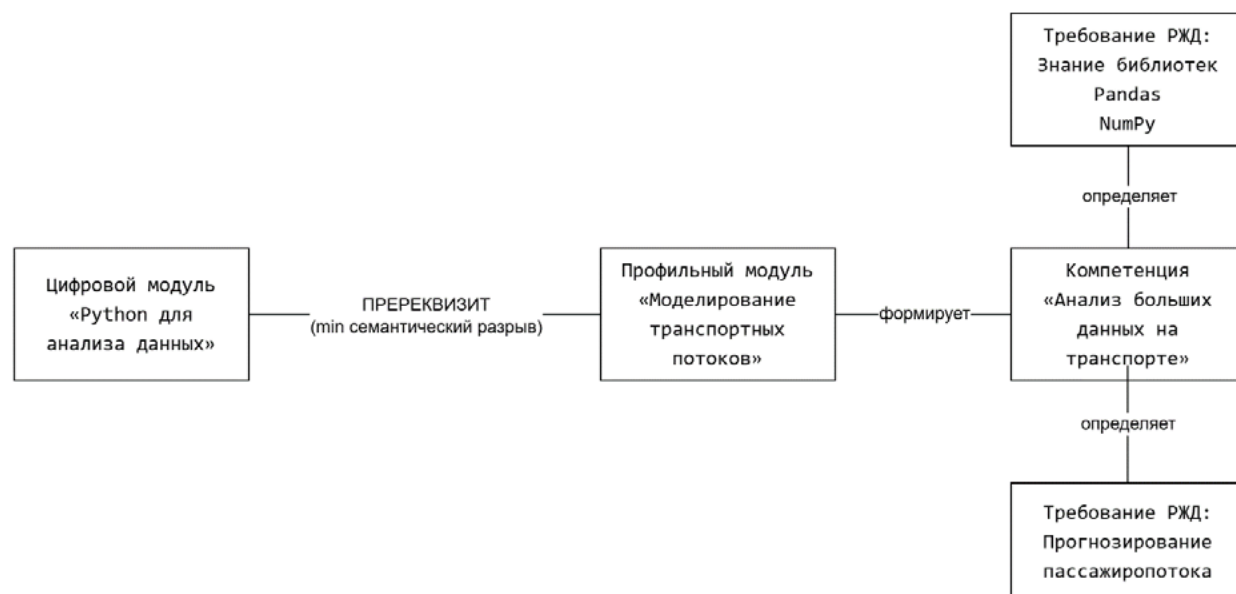


Рис. 3. Логика интеграции цифрового модуля в граф пререквизитов

### Постановка задачи многокритериальной оптимизации

Переход на новую систему образования трансформируется в задачу дискретной оптимизации. Необходимо найти вектор управляющих параметров  $X = (T, S)$ , где  $T \in \{4, 5, 6\}$  — срок обучения, а  $S \subseteq V_{\text{спец}}$  — набор специализированных модулей.

#### Целевая функция:

$$F(X) = \alpha_1 Q(P) - \alpha_2 C(T) \rightarrow \max,$$

где  $C(T)$  — функция экономических и временных затрат;

$\alpha_1, \alpha_2$  — коэффициенты, отражающие стратегию вуза (баланс между качеством подготовки и сроком выхода специалиста на рынок труда). Система ограничений:

1. Ограничение трудоемкости. Суммарная нагрузка в зачетных единицах (ZET) не должна превышать норматив  $Z_{\text{norm}}$  в год:

$$\sum_{v \in P} z(v) \leq T \cdot 60.$$

2. Условие целостности ядра:  $V_{\text{core}} \subset P$ .

3. Топологическая сортировка.



Граф  $G_T$  не должен содержать циклов, и для любой вершины  $v$  сумма весов входящих дуг (пререквизитов) должна быть достаточной для освоения материала.

Решение данной задачи позволяет получить Парето-оптимальное множество структур образовательных программ, из которых лицо, принимающее решение (ЛПР), выбирает итоговый вариант: базовое (4 года) или специализированное (5–6 лет) образование.

### Численный эксперимент и сценарный анализ структуры образовательных программ

Для проверки адекватности разработанной математической модели был проведен **вычислительный эксперимент по сценарному анализу** структуры образовательной программы. В качестве объекта моделирования выбрана специальность укрупненной группы 23.00.00 «Техника и технологии наземного транспорта». Входной вектор требований  $R$  был сформирован путем агрегации ФГОС ВО и квалификационных требований ОАО «РЖД» (Программа до 2030 года), включая новые компетенции в области высокоскоростного движения и беспилотных систем.

**Численный анализ ограничений модели.** В рамках задачи многокритериальной оптимизации была исследована зависимость целевой функции качества  $Q(P)$  от переменной срока обучения  $T$  при жестком ограничении на годовую трудоемкость ( $z_{\text{year}} \leq 60 \text{ ZET}$ ).

**Сценарий А** ( $T = 4$  года, «Базовое высшее»). При попытке уложить в граф  $G_{T=4}$  инвариантное ядро  $V_{\text{core}}$  и полный набор профильных компетенций  $V_{\text{spec}}$ , требуемых работодателем, модель фиксирует **нарушение связности графа**. Либо суммарная трудоемкость превышает норматив ( $\sum z > 240$ ), что ведет к перегрузке, либо приходится исключать критически важные модули цифрового кластера  $V_{\text{dig}}$ . Значение целевой функции  $Q(P)$  в этом сценарии оказывается ниже допустимого порога, что интерпретируется как риск подготовки «недоученного» специалиста.

**Сценарий Б** ( $T = 5 \dots 5,5$  лет, «Специализированное высшее»). Увеличение параметра  $T$

расширяет допустимую область решений. Моделирование показало, что интеграция цифровых модулей (как пререквизитов) и специализированных дисциплин РЖД становится возможной без нарушения санитарных норм нагрузки. Функция  $Q(P)$  достигает максимума в диапазоне 5,5 лет.

**Интеграция цифрового кластера.** Формальный анализ графа пререквизитов подтвердил гипотезу о том, что IT-модули (например, «Анализ больших данных на транспорте») не могут быть добавлены в программу произвольно. Алгоритм минимизации семантического разрыва определил их оптимальное положение на 2-м и 3-м курсах, до начала изучения специальных дисциплин по организации движения, что математически обосновывает необходимость фундаментальной цифровой подготовки перед профилизацией.

### Заключение

В ходе исследования была решена актуальная научная задача формализации процессов проектирования ОПОП. Проведенный анализ показал, что традиционные эвристические подходы не обеспечивают необходимой адаптивности в условиях цифровой экономики.

Основным научным результатом исследования является **разработка комплексной математической модели**, представляющей образовательную программу как взвешенный ориентированный граф. В отличие от существующих подходов, данная модель впервые системно интегрирует внутреннюю структуру обучения (пререквизиты) с динамичными внешними требованиями рынка труда, формализованными методами интеллектуального анализа данных. Введение интегрального показателя качества позволяет перейти от субъективных экспертных оценок к **численной оптимизации** структуры ОПОП.

Практическая значимость работы заключается в создании инструментария для **доказательного проектирования**. Внедрение модели позволит вузам транспортной отрасли, таким как ПГУПС, минимизировать структурные ошибки в учебных планах и синхронизировать подготовку кадров

с реальными потребностями индустрии (в частности, в сферах беспилотных технологий).

Дальнейшие исследования будут направлены на разработку численных методов оптимизации

предложенной графовой модели и их программную реализацию в виде системы поддержки принятия решений «ОПОП-Аналитик».

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. О некоторых вопросах совершенствования системы высшего образования: Указ Президента Российской Федерации от 12 мая 2023 г. № 343 (ред. от 26 июня 2023 года № 474).
2. Фальков В. Н. Новая модель высшего образования: нормативные подходы и сущностные элементы. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 2025. 17 с. URL: [http://fgosvo.ru/uploadfiles/presentations/Present\\_new\\_model\\_high\\_education.pdf](http://fgosvo.ru/uploadfiles/presentations/Present_new_model_high_education.pdf) (дата обращения: 20.11.2025).
3. Минтранс и РЖД утвердили совместную программу поддержки железнодорожных вузов // Министерство транспорта Российской Федерации: официальный сайт. 2025. 19 ноября. URL: <http://mintrans.gov.ru/press-center/news/12278> (дата обращения: 20.11.2025).
4. ПГУПС развивает цифровой кластер // Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I. 2025. 17 ноября. URL: [http://www.pgups.ru/news/science\\_and\\_innovation/pgups-razvivaet-sifrovoy-klaster/](http://www.pgups.ru/news/science_and_innovation/pgups-razvivaet-sifrovoy-klaster/) (дата обращения: 20.11.2025).
5. Кузьмина Т. М., Ветрова О. А. Визуализация графов при разработке программы проверки знаний по теории графов // Научная визуализация. 2022. Т. 14, № 1. С. 41–49. DOI: 10.26583/sv.14.1.04.
6. 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.
7. 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.
8. Воробьева Н. А., Носков С. И. Расчет основных параметров учебного плана с учетом междисциплинарных связей // Фундаментальные исследования. 2012. № 9. С. 894–898.
9. 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.
10. 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.
11. Escudero V., Liepmann H., Podjanin A. Using Online Vacancy and Job Applicants' Data to Study Skills Dynamics // Big Data Applications in Labor Economics, Part B. Research in Labor Economics. 2024. Vol. 52B. Pp. 35–99. DOI: 10.1108/S0147-91212024000052B023.
12. Бурсиан Е. Ю., Минеева Д. Д., Ушакова Т. И. Структурный принцип при осуществлении мониторинга преподавания дисциплин гуманитарного направления // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2025. № 2 (42). С. 50–57. DOI: 10.20295/2413-2527-2025-242-50-57.
13. Caena F., Redecker C. Aligning Teacher Competence Frameworks to 21st Century Challenges: The Case for the European Digital Competence Framework for Educators (DigCompEdu) // European Journal of Education. 2019. Vol. 54, Iss. 3. Pp. 356–369. DOI: 10.1111/ejed.12345.
14. Hervás-Torres M., Bellido-González M., Soto-Solier P. M. Digital Competences of University Students After Face-to-Face and Remote Teaching: Video-Animations Digital Create Content // Heliyon. 2024. Vol. 10, Iss. 11. Art. No. e32589. 11 p. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e32589.

15. Latif S., XianWen F., Wang L. Intelligent Decision Support System Approach for Predicting the Performance of Students Based on Three-Level Machine Learning Technique // Journal of Intelligent Systems. 2021. Vol. 30, No. 1. Pp. 739–749. DOI: 10.1515/jisys-2020-0065.

16. Баев А. В., Самонов А. В., Сафонов В. М. Методика проектирования автоматизированных систем управления специальными организационно-техническими системами // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2021. Т. 9, № 4 (35). 14 с. DOI: 10.26102/2310-6018/2021.35.4.019.

Дата поступления: 23.11.2025

Решение о публикации: 26.11.2025

## Mathematical Modelling and Multi-Criteria Optimization of the Educational Programme Structure in the Transport University in the Context of Transitioning to the National Higher Education Model

**Daria V. Sergeeva**

— Teaching 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. E-mail: 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 Modelling and Multi-Criteria Optimization of the Educational Programme Structure in the Transport University in the Context of Transitioning to the National Higher Education Model. *Intellectual Technologies on Transport*, 2025, No. 4 (44), Pp. 79–88. DOI: 10.20295/2413-2527-2025-444-79-88. (In Russian)

**Abstract. Purpose:** to eliminate the methodological gap between the evolving needs of the labour market particularly in light of the digital transformation in transportation and the slow-moving processes associated with the development of major professional educational programmes (MPEP). **Methods:** various existing approaches to modelling MPEP have been systematically analyzed and classified. The structure of the programme has been formalized through graph theory, while intelligent data analysis techniques have been applied to assess and process the demands of employers. **Results:** the study reveals the limitations associated with both expert and ontological approaches when dealing with large arrays of labor market data. A novel mathematical model of the MPEP has been formulated as a weighted directed graph  $G = (V, E)$ , where the vertices integrate various disciplines, competencies, and employer requirements, including professional standard and job vacancies. Furthermore, an innovative integral indicator for programme quality is introduced, derived from an additive convolution of criteria assessing the completeness of competency coverage and the graph connectivity. **Practical significance:** the proposed model and algorithms establish a foundation for an automated decision support system. This system aims to minimize the adaptation time of educational programmes to the demands of high-tech sectors, such as unmanned transportation and digital logistics, thereby facilitating a shift towards evidence-based management of education.

**Keywords:** mathematical modelling, educational programme, oriented graph, data mining, digital transformation of transport, integral quality indicator, decision support system



## REFERENCES

1. O nekotorykh voprosakh sovershenstvovaniya sistemy vysshego obrazovaniya [On Certain Issues of Improving the Higher Education System]: Decree of the President of the Russian Federation No. 343 dated May 12, 2023 (as amended on June 26, 2023 No. 474). (In Russian)
2. Falkov V. N. Novaya model vysshego obrazovaniya: normativnye podkhody i sushchnostnye elementy [New Model of Higher Education: Regulatory Approaches and Essential Elements]. Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, 2025, 17 p. Available at: [http://fgosvo.ru/uploadfiles/presentations/Present\\_new\\_model\\_high\\_education.pdf](http://fgosvo.ru/uploadfiles/presentations/Present_new_model_high_education.pdf) (accessed: November 20, 2025). (In Russian)
3. Mintrans i RZhD utverdili sovmestnuyu programmu podderzhki zheleznodorozhnykh vuzov [The Ministry of Transport and Russian Railways approved a joint program to support railway universities], *Ministerstvo transporta Rossiyskoy Federatsii: ofitsialnyy sayt* [Ministry of Transport of the Russian Federation: Official Internet Resource]. Published online at November 19, 2025. Available at: <http://mintrans.gov.ru/press-center/news/12278> (accessed: November 20, 2025). (In Russian)
4. PGUPS razvivaet tsifrovoy klaster [PGUPS is developing a digital cluster], *Peterburgskiy gosudarstvennyy universitet putey soobshcheniya Imperatora Aleksandra I* [Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University]. Published online at November 17, 2025. Available at: [http://www.pgups.ru/news/science\\_and\\_innovation/pgups-razvivaet-tsifrovoy-klaster/](http://www.pgups.ru/news/science_and_innovation/pgups-razvivaet-tsifrovoy-klaster/) (accessed: November 20, 2025). (In Russian)
5. Kuzmina T. M., Vetrova O. A. Graph Visualization in the Development of the Knowledge Testing Program on Graph Theory, *Scientific Visualization*, 2022, Vol. 14, No. 1, Pp. 41–49, DOI: 10.26583/sv.14.1.04
6. 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)
7. Sergeeva D. V., Batalov D. I. Analiz matematicheskikh podkhodov k modelirovaniyu OPOP dlya kadrovogo obespecheniya tsifrovoy transformatsii transporta [Mathematical Approaches to Modelling Basic Professional Education Programmes for Personnel Support of Transport Digital Transformation], *Intellektualnye tekhnologii na transporte* [Intellectual Technologies on Transport], 2025, No. 3 (43), Pp. 68–76. DOI: 10.20295/2413-2527-2025-343-68-76. (In Russian)
8. 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)
9. Botov D. S. Intellektualnaya podderzhka formirovaniya obrazovatelnykh programm na osnove neyrosetevykh modeley 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)
10. 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)
11. Escudero V., Liepmann H., Podjanin A. Using Online Vacancy and Job Applicants' Data to Study Skills Dynamics, *Big Data Applications in Labor Economics, Part B. Research in Labor Economics*, 2024, Vol. 52B, Pp. 35–99. DOI: 10.1108/S0147-91212024000052B023.
12. Bursian E. Yu., Mineeva D. D., Ushakova T. I. Strukturnyy printsip pri osushchestvlenii monitoringa prepodavaniya distsiplin gumanitarnogo napravleniya [The Structural Principle for Monitoring the Teaching of Humanities Disciplines],

*Intellektualnye tekhnologii na transporte [Intellectual Technologies on Transport]*, 2025, No. 2 (42), Pp. 50–57. DOI: 10.20295/2413-2527-2025-242-50-57. (In Russian)

13. Caena F., Redecker C. Aligning Teacher Competence Frameworks to 21st Century Challenges: The Case for the European Digital Competence Framework for Educators (DigCompEdu), *European Journal of Education*, 2019, Vol. 54, Iss. 3, Pp. 356–369. DOI: 10.1111/ejed.12345.

14. Hervás-Torres M., Bellido-González M., Soto-Solier P. M. Digital Competences of University Students After Face-to-Face and Remote Teaching: Video-Animations Digital Create Content, *Heliyon*, 2024, Vol. 10, Iss. 11, Art. No. e32589, 11 p. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e32589.

15. Latif S., XianWen F., Wang L. Intelligent Decision Support System Approach for Predicting the Performance of Students Based on Three-Level Machine Learning Technique, *Journal of Intelligent Systems*, 2021, Vol. 30, No. 1, Pp. 739–749. DOI: 10.1515/jisys-2020-0065.

16. Baev A. V., Samonov A. V., Safonov V. M. Metodika proektirovaniya avtomatizirovannykh sistem upravleniya spetsialnymi organizatsionno-tekhnicheskimi sistemami [Methodology of Designing Automated Control System for Special Organization and Technical Systems], *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii [Modeling, Optimization and Information Technology]*, 2021, Vol. 9, No. 4 (35), 14 p. DOI: 10.26102/2310-6018/2021.35.4.019. (In Russian)

Received: 23.11.2025

Accepted: 26.11.2025