

DOI: 10.32517/0234-0453-2026-41-2-77-89



МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КОМПЕТЕНЦИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ УЧЕБНЫХ ПЛАНОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Т. В. Зыкова¹ ✉, Ю. В. Вайнштейн¹, М. В. Носков¹¹ Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

✉ zykovatv@mail.ru

Аннотация

В статье представлен подход к моделированию структуры компетенций на основе данных учебных планов образовательных программ высшего образования. Данный подход позволяет декомпозировать компетенцию как интегративный образовательный результат, формируемый в учебном плане набором дисциплин и их междисциплинарных связей. Апробация подхода проведена на примере анализа структуры общепрофессиональной компетенции в учебных планах направлений подготовки укрупненной группы 09.00.00.

Разработанный подход обеспечивает возможность последовательного анализа образовательных результатов: от выделенных групп компетенций в образовательной программе к визуализации траектории формирования конкретной компетенции и диаграмме составляющих ее дисциплин с оценкой их относительного вклада.

В основе подхода лежит представление структуры компетенции в виде взвешенного ориентированного графа, вершины которого представляют собой дисциплины, формирующие компетенции, а ребра — междисциплинарные связи, которые отражают преемственность освоения компетенций на протяжении всего срока обучения. Такой способ моделирования позволяет проследить поэтапную трансформацию образовательных результатов от начала до конца реализации образовательной программы. Построенная графовая модель позволяет наглядно визуализировать вклад отдельных дисциплин в формирование конкретных компетенций, выявить дисциплины — «ядра» компетенции и оценить равномерность их распределения по периодам обучения. Детальный анализ структуры на примере компетенции ОПК-1 демонстрирует возможность проследить логику ее формирования от фундаментальных математических и информационных дисциплин начальных курсов к профессиональным на старших курсах.

Инструментальная база исследования включает методы формализации и алгоритмизации, а также средства платформы Business Intelligence (Yandex DataLens) для интеграции данных учебных планов и программный пакет сетевого анализа Gephi для визуализации графовых моделей.

Разработанный подход открывает новые возможности для проектирования и обновления образовательных программ, а также для реализации гибких индивидуальных траекторий обучающихся.

Ключевые слова: компетентностный подход, графовая модель, структура компетенции, траектория формирования компетенции, учебный план, образовательная программа, мониторинг образовательных результатов, междисциплинарные связи, Yandex DataLens, Gephi.

Для цитирования:

Зыкова Т. В., Вайнштейн Ю. В., Носков М. В. Моделирование структуры компетенций на основе данных учебных планов образовательных программ высшего образования. *Информатика и образование*. 2026;41(2):77–89. DOI: 10.32517/0234-0453-2026-41-2-77-89.

MODELING THE STRUCTURE OF COMPETENCIES BASED ON DATA FROM THE CURRICULA OF HIGHER EDUCATION PROGRAMS

T. V. Zykova¹ ✉, Yu. V. Vainshtein¹, M. V. Noskov¹¹ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

✉ zykovatv@mail.ru

Abstract

The article presents an approach to modeling the structure of competencies based on data from curricula of higher education programs. This approach makes it possible to decompose a competency as an integrative educational outcome formed within the curriculum by a set of disciplines and their interdisciplinary connections. The approach was tested on the example of analyzing the structure of a general professional competency within the curricula of the enlarged field of study 09.00.00.

The developed approach enables a sequential analysis of educational outcomes: from identified groups of competencies within an educational program to visualizing the trajectory of a specific competency and a diagram of its constituent disciplines with an assessment of their relative contribution.

The approach is based on representing the structure of the competency as a weighted directed graph, where vertices correspond to the disciplines that form the competency, and edges represent interdisciplinary connections and reflect the continuity of competency development throughout the entire period of study. This modeling method allows one to trace the step-by-step transformation of knowledge, skills, and abilities from the beginning to the end of the educational program. The constructed graph model provides a clear visualization of the contribution of individual disciplines to the formation of a specific competency, identifies the “core” disciplines of the competency, and assesses the uniformity of their distribution across the training periods. A detailed analysis of the structure of the competency GPC-1 demonstrates the ability to trace the logic of its formation from fundamental mathematical and information disciplines in the initial courses to professional disciplines in the senior years.

The research’s instrumental framework includes methods of formalization and algorithmization, as well as Business Intelligence platform tools (Yandex DataLens) for integrating curriculum data, and the network analysis software package Gephi for visualizing graph models.

The developed approach may be of interest in the design and updating of educational programs, as well as in the construction of individual educational trajectories for students.

Keywords: competence-based approach, graph model, competency structure, competency formation trajectory, curriculum, educational program, monitoring of educational outcomes, interdisciplinary connections, Yandex DataLens, Gephi.

For citation:

Zykova T. V., Vainshtein Yu. V., Noskov M. V. Modeling the structure of competencies based on data from the curricula of higher education programs. *Informatics and Education*. 2026;41(2):77–89. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2026-41-2-77-89.

1. Введение

Цифровая трансформация системы образования, происходящая на протяжении последних десятилетий [1–3], сопровождается устойчивым смещением фокуса с содержания обучения на его результаты [4–7]. Развитие получил компетентностный подход, в центре которого находится способность применять знания, умения и личностные качества для эффективного решения профессиональных задач в разнообразных ситуациях [8–10]. Такой подход не отменяет традиционного подхода в обучении и важности фундаментальных знаний, но переводит их в разряд основы, на которой формируются умения будущего специалиста решать прикладные задачи, делая акцент на формировании способности самостоятельно применять полученные знания, умения и опыт [11–13].

В 2003 году Российская Федерация вошла в число стран-участниц Болонского процесса, что послужило мощным катализатором внедрения компетентностного подхода в практику отечественных вузов. Результатом стали государственные образовательные стандарты (ФГОС) третьего и последующих поколений, в которых компетенции являются единицами измерения достигнутых образовательных результатов в обучении [14–17]. В 2022 году Россия объявила о выходе из Болонского процесса, что вызвало естественные дискуссии о целесообразности компетентностной модели в отечественном образовании [18]. Однако, как справедливо отмечено в работах [19–22], несмотря на общие недостатки и недоработки компетентностной модели, выход Российской Федерации из Болонского процесса едва ли должен означать возврат к знаниевой парадигме в образовании. Напротив, актуализируется и усиливается потребность в отслеживании процесса трансформации знаний, умений, опыта и личностных качеств будущих специалистов в условиях необходимости повышения качества образования и изменения запросов рынка труда. Приоритетной задачей выступает не просто фиксация (достижение) заявленных образовательных результатов по итогу

освоения образовательной программы, а понимание динамики и логики поэтапного формирования компетенций — как именно освоение дисциплин и выполнение учебных практик вносит вклад в развитие комплексных интегративных способностей будущего специалиста [23, 24].

Анализ структуры учебного плана (УП) образовательной программы (ОП) показывает, что компетенции распределяются между дисциплинами и практиками (образовательными единицами) неравномерно, как правило, разработчики закладывают на одну дисциплину от одной до трех компетенций. Это порождает сложную систему междисциплинарных связей, которая часто остается латентной, не используется преподавателями и разработчиками ОП в полной мере. Кроме этого, она является скрытой от самих обучающихся и не всегда понятной для работодателей. Традиционный табличный способ представления УП не позволяет явно отследить «сквозной» характер формирования компетенции на протяжении всего срока обучения, понять, какие образовательные единицы внесли больший вклад в ее формирование и как осуществлялась преемственность между ними. Поэтому возникла необходимость создания инструментов, которые бы позволили анализировать и визуализировать процесс формирования трансформации компетенции, отслеживать ее динамическую структуру, влиять на качество ее освоения в процессе обучения [25, 26].

Целью представленного в данной статье исследования является построение графовой модели структуры компетенции на основе данных учебных планов образовательных программ, которая реализует принцип сквозного мониторинга, позволяющего последовательно декомпозировать структуру компетенции: от анализа укрупненных групп компетенций в образовательной программе к визуализации траектории конкретной компетенции и далее к диаграмме составляющих ее дисциплин. Такой подход обеспечивает прослеживаемость трансформации результатов обучения и повышает прозрачность управления качеством подготовки для всех участников образовательного процесса.

2. Материалы и методы

Для моделирования структуры компетенций на основе данных учебных планов образовательных программ был реализован комплексный аналитический подход. Работа авторов опиралась на предварительно разработанный алгоритм анализа учебных планов образовательных программ, подробно описанный в работе [27]. На следующем этапе полученный массив данных подвергся углубленному анализу и визуализации.

В работе применялись методы анализа функциональных возможностей существующего программного обеспечения для разработки и сопровождения ОП. В ходе исследования проводился корреляционный анализ между формируемыми компетенциями и образовательными компонентами учебного плана. При этом применение подхода, основанного на декомпозиции компетенций и учебных компонент, позволило осуществить детальное сопоставление содержательной части осваиваемого материала с запланированными образовательными результатами.

Инструментальная база исследования представлена методами формализации, алгоритмизации, а также средствами платформы Business Intelligence (Yandex DataLens), позволившей осуществить интеграцию данных учебных планов в единую модель. На основе сформированных выборок была реализована интерактивная визуализация структуры компетенций, обеспечивающая их многоуровневый анализ, целевые срезы компетентностной модели ОП. В частности, для выявления скрытых закономерностей и реконструкции сетевой архитектуры взаимосвязей компетенций использовался программный пакет сетевого анализа с открытым исходным кодом Gephi 0.10.1, реализованный на Java платформы NetBeans, с задействованием специализированных плагинов, позволивших построить графовую модель структуры компетенции [28, 29].

Тестирование разработанной конфигурации аналитической платформы проводилось на массиве учебных планов Института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета в рамках направлений подготовки студентов 09.00.00 «Информатика и вычислительная техника».

3. Результаты

3.1. Графовая модель компетенции

Инструментом моделирования процесса формирования образовательных результатов, запланированных на этапе проектирования УП, служит математическая модель смешанного графа. Если в работах [27, 30] акцент сделан на общей структуре УП ОП, то предлагаемый подход ориентирован на моделирование структуры компетенции, понимаемой как интегративный образовательный результат. При этом в основу модели положена структура данных, отражающая образовательные результаты обучающихся в разрезе осваиваемых дисциплин, временных характеристик и универсальных (УК),

общефессиональных (ОПК) и профессиональных компетенций (ПК). Отметим, что каждая дисциплина УП может давать вклад в формирование одной или нескольких компетенций. Соответствие между компетенциями и дисциплинами устанавливается разработчиками ОП на этапе проектирования УП ОП, что позволяет заложить временную последовательность освоения образовательных результатов и сформировать кластеры взаимосвязанных дисциплин.

Таким образом, освоение ОП по заложенному в нее УП обуславливает задачу планирования. Моделирование таких задач целесообразно осуществлять с применением смешанных графов, представляющих собой подобие дизъюнктивных графов, в котором ненаправленные ребра могут интерпретироваться как одновременно выполняемые задачи, а направленные — как задачи, разделенные некоторым временным интервалом. Кроме того, граф, определяющий УП, будет содержать независимые задачи [30].

Представим структуру компетенции в виде смешанного графа $G = (V, E, A)$, где V — множество вершин, определяемое дисциплинами, заложенными в УП, обеспечивающими формирование компетенции, $E \subset \{uv: u, v \in V\}$ — набор неориентированных ребер, $A \subset \{\overline{uv}: u, v \in V\}$ — набор направленных ребер (дуг), где u — хвост, а v — голова дуги. Каждой дисциплине — вершине графа v_k — будет соответствовать множество компетенций $\{K\}_{v_k}$, формируемых в данной дисциплине. Под ребром графа G будем понимать междисциплинарную связь, определяемую пересечением множеств $\{K\}_u$ и $\{K\}_v$, когда две дисциплины УП участвуют в формировании одной или нескольких одинаковых компетенций. Ребро существует, если $\{K\}_v \cap \{K\}_u \neq \emptyset$. Ребро графа uv будет являться неориентированным, если дисциплины УП (вершины графа) реализуются одновременно, т. е. в одном учебном семестре или курсе обучения. Ориентированным ребром \overline{uv} будем считать такое ребро, когда дисциплины имеют временные приоритеты, когда дисциплины должны быть реализованы в разные временные промежутки (семестры или курсы).

Поскольку в УП на реализацию различных дисциплин закладывается определенное количество часов и зачетных единиц (ЗЕ), то определим вес ребра w_{vu} [27]. Обозначим через ЗЕ_v количество зачетных единиц, отведенное дисциплине, соответствующее вершине графа v . Пусть $\sum \text{ЗЕ}$ — это общее количество зачетных единиц, отведенное на реализацию УП, тогда удельный вес зачетной единицы можно вычислить как $\text{УДВ}_{\text{ЗЕ}} = \frac{N}{\sum \text{ЗЕ}}$, если предположить равнозначность зачетных единиц. Таким образом, определим вес ориентированного или неориентированного ребра как

$$w_{uv}(\overline{uv}) = \frac{1}{2\text{УДВ}_{\text{ЗЕ}}} (\text{ЗЕ}_v + \text{ЗЕ}_u) \cdot |\{K\}_v \cap \{K\}_u|,$$

который определяется как среднее арифметическое зачетных единиц, соответствующих вершинам ребра, принимая во внимание $\text{УДВ}_{\text{ЗЕ}}$, а $|\{K\}_v \cap \{K\}_u|$ —

мощность множества пересечения множеств компетенций, заложенных в дисциплины, соответствующие вершинам графа v и u . Смешанный граф G УП будет представлять собой простой ациклический граф, в котором отсутствуют петли, кратные ребра и циклы, что согласуется с логикой процесса освоения образовательной программы.

3.2. Визуализация модели

Визуализация предлагаемой графовой модели была осуществлена с применением программного обеспечения сетевого анализа Gephi 0.10.1 (Java, платформа NetBeans) и реализована совокупностью этапов, позволяющих перейти от исходного неструктурированного графа к визуальному представлению, отражающему временную и содержательную структуру формирования компетенции.

Графовая модель УП в реальных условиях может содержать около 60 вершин, отражая количество дисциплин, заложенных в УП.

Рассмотрим на примере работу с подграфом смешанного графа УП, включающим 21 вершину, 84 ориентированных и неориентированных ребра и имеющих не связанную с другими вершину. Для визуализации была осуществлена следующая последовательность действий.

На первом этапе к исходному графу (рис. 1) применен плагин Force Atlas 3D. Визуализация в 3D-пространстве позволила точнее понимать закономерности и структуру исследуемых объектов и нивелировать эффекты наложения узлов. На рисунке 2 представлены результаты этого этапа. Работа плагина основана на применении алгоритма Force Atlas, в основе которого лежит модель отталкивания частиц (вершин), соединенных пружинами (ребрами). Применение этого алгоритма позволило нам визуализировать планарный граф, обладающий

некоторой симметрией. Такие алгоритмы, называемые *алгоритмами направленных сил*, моделируют граф как физическую систему, где под действием пружин вершины движутся к состоянию минимальной энергии. Они используют только внутреннюю структуру графа, создавая наглядные симметричные изображения без пересечений для плоских графов, что особенно полезно для безмасштабных сетей, сочетающих организованность и случайность.

На втором этапе производилась настройка визуального представления модели графа, включая ранжирование узлов графа по их степеням (количеству связей), рендеринг ребер с учетом их весов (более толстые ребра соответствуют более сильной связи), а также применение алгоритмов кластеризации для выявления модульной структуры графа и кластеризации. Результат преобразований представлен на рисунке 3. В программный комплекс Gephi входит удобное окно предварительного просмотра модели, позволяющее просмотреть конечный результат преобразования (рис. 4).

Третий этап реализован с применением плагина Network Splitter 3D, позволяющего разделить макет графа на отдельные слои, представляющие собой определенные кластеры по какой-либо переменной. Полученные кластеры предлагается использовать в процедурах ранжирования и/или сегментации. Отметим, что достоинством Network Splitter 3D выступает возможность вычисления и сегментации уровней по каким-либо значимым показателям на основе любых диапазонов значений. Результат сегментации по курсам обучения представлен на рисунке 5, на рисунке 6 показан окончательный результат визуализации смешанного графа.

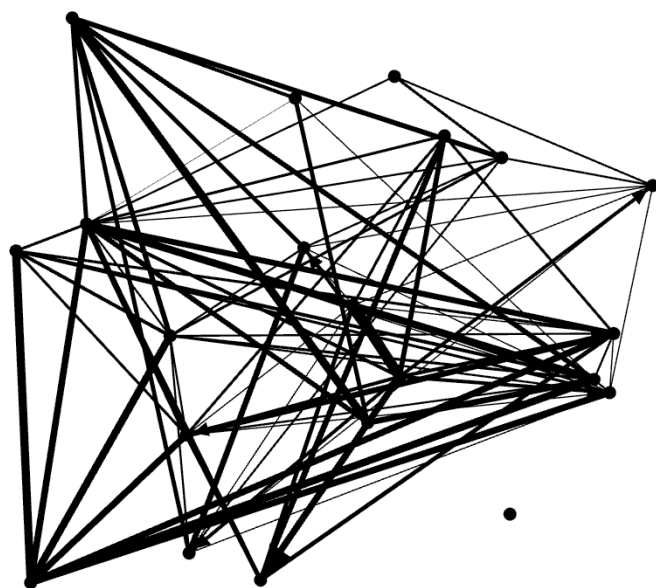


Рис. 1. Граф G до применения плагинов Gephi
Fig. 1. Graph G before applying Gephi plugins

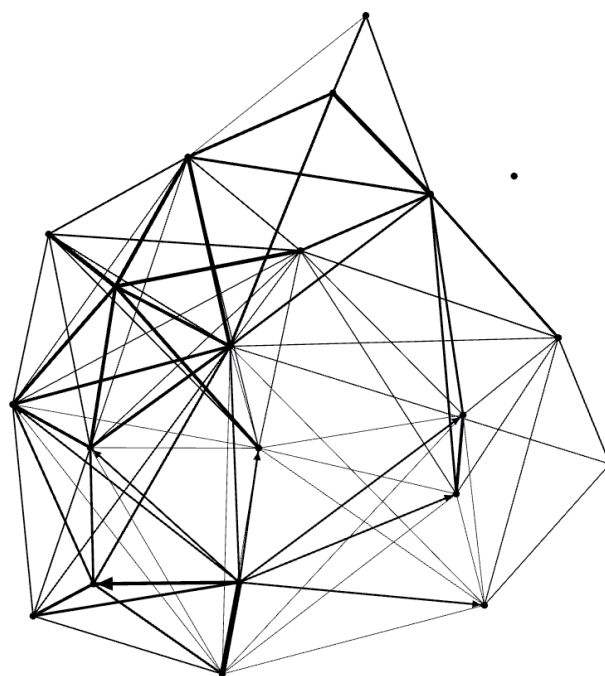


Рис. 2. Граф G после применения плагина Force Atlas 3D
Fig. 2. Graph G after applying the Force Atlas 3D plugin

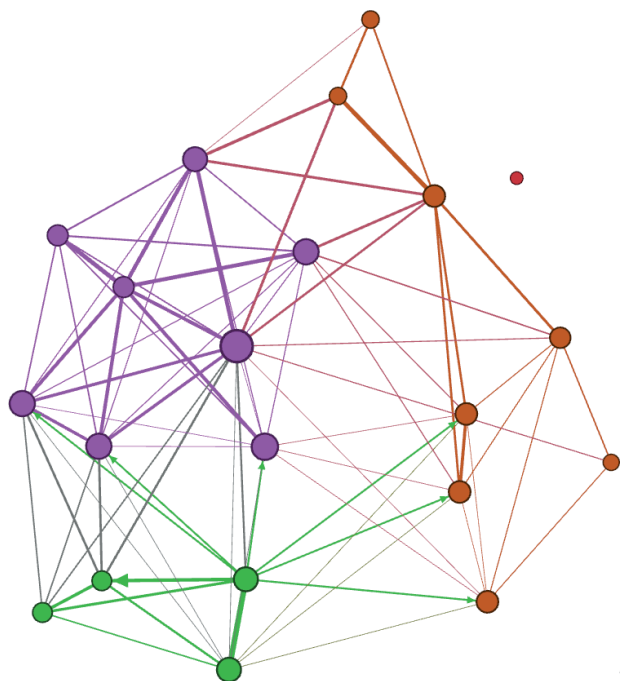


Рис. 3. Применение настройки к графовой модели
Fig. 3. Applying a setting to the graph model

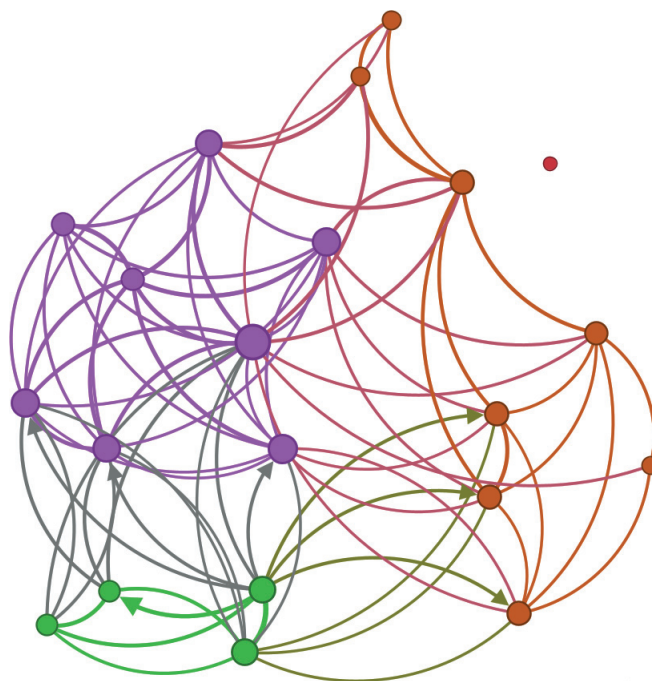


Рис. 4. Просмотр графа G после корректировки модели
Fig. 4. Viewing graph G after adjusting the model

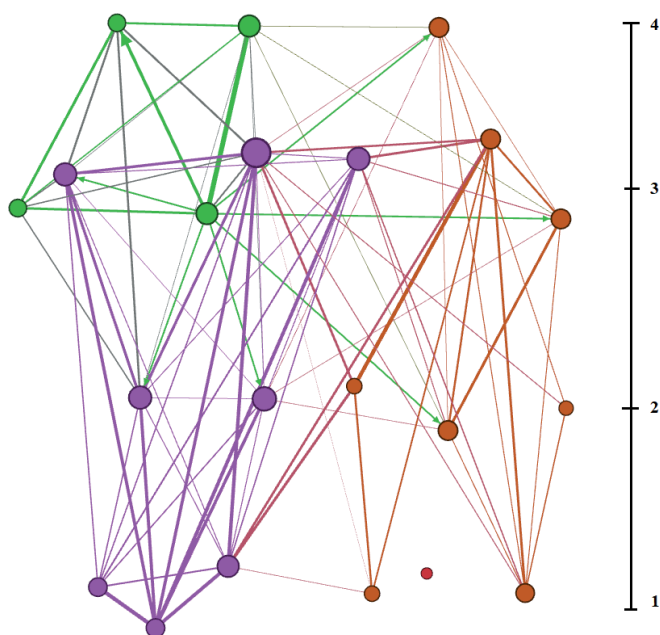


Рис. 5. Граф G после применения плагина Network Splitter 3D
Fig. 5. Graph G after applying the Network Splitter 3D plugin

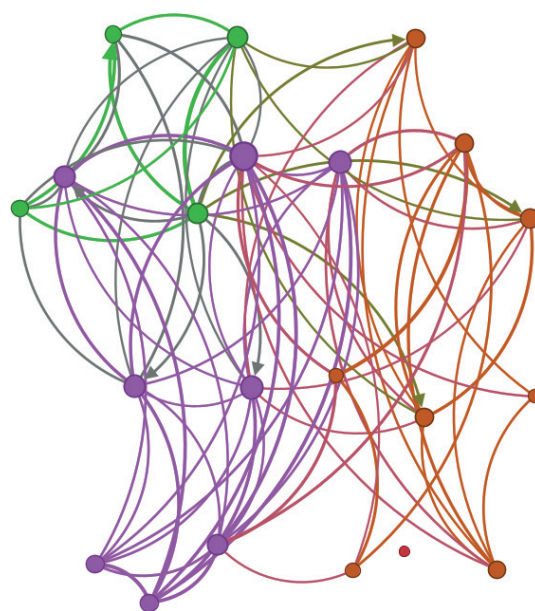


Рис. 6. Окончательный результат визуализации смешанного графа G
Fig. 6. Final result of visualizing the mixed graph G

3.3. Анализ структуры компетенций на примере ОПК-1

Для апробации предложенного подхода были использованы данные учебных планов Сибирского федерального университета по направлению подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии», профиль 09.03.02.31 «Разработка компьютерных игр и приложений». Предварительная обработка данных УП, включая приведение к единому формату

и определение относительного вклада каждой дисциплины в формирование компетенций, выполнялась с использованием программного алгоритма [27]. Алгоритм позволил рассчитать такие характеристики, как количество образовательных единиц ОП и их трудоемкость в зависимости от типа дисциплины (обязательные, формируемые участниками образовательных отношений, по выбору, факультативы), практики, ГИА. Проведена сравнительная оценка

основных расчетных показателей по нескольким учебным планам с применением специально разработанного программного модуля, позволяющего сформировать базу образовательных данных (БД УП), содержащую структурированную информацию о дисциплинах, их трудоемкости и закрепленных за ними компетенциях.

Для дальнейшего анализа БД УП была импортирована в облачную BI-систему Yandex DataLens, которая обеспечивает доступ к различным источникам, выполнение аналитических вычислений, визуализацию результатов в виде графиков и дашбордов, коллективный доступ к аналитике. DataLens внесена в реестр отечественного программного обеспечения и соответствует российским и международным стандартам безопасности и обработки чувствительных данных.

В Yandex DataLens были разработаны визуализации, которые позволяют отслеживать и анализировать ключевые показатели учебных планов как для отдельных программ, так и в целом по их совокупности. Данный инструмент обеспечивает возможность многоуровневого анализа компетентностной модели образовательной программы. На рисунке 7 дан пример визуализации БД УП, представляющий распределение трудоемкости, отведенное в УП на универсальные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции. Кроме этого, ОП также может включать общеуниверситетские компетенции (ОУК).

Разработанное решение позволяет также обозначить долю любой компетенции в указанных группах. Например, на рисунке 7 отдельно выделена доля ОПК-1 в структуре общепрофессиональной подготовки в каждом из рассмотренных учебных планов образовательных программ.

Ключевым результатом работы является возможность декомпозиции структуры отдельной компетенции.

Рассмотрим этот процесс на примере общепрофессиональной компетенции ОПК-1 (способен применять естественно-научные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности), заложенной в УП ОП 09.03.02.31 «Разработка компьютерных игр и приложений». В УП на нее отводится 32,75 ЗЕ, что составляет 14,89 % от общей трудоемкости плана (см. рис. 7). Появление долей в вычисляемом показателе обусловлено тем, что каждая дисциплина УП участвует в формировании, как правило, от одной до трех компетенций и при вычислении трудоемкости какой-либо из них делается предположение о равнозначности их вклада в дисциплину.

На рисунке 8 на древовидной диаграмме наглядно представлен полный перечень компетенций данного учебного плана с указанием их относительного веса (трудоемкости в ЗЕ). Видно, что компетенция ОПК-1 имеет наибольший вес (32,75 ЗЕ), что свидетельствует о ее фундаментальном характере и значительном объеме дисциплин, задействованных в ее формировании.

На кольцевой диаграмме (рис. 9) представлена детальная структура компетенции ОПК-1 в УП 09.03.02.31. Здесь приведены все дисциплины УП, вносящие вклад в формирование данной компетенции, а также указана трудоемкость в ЗЕ, приходящаяся на ОПК-1 в рамках каждой дисциплины. Дробные значения трудоемкости обусловлены принятым допущением о равномерном распределении

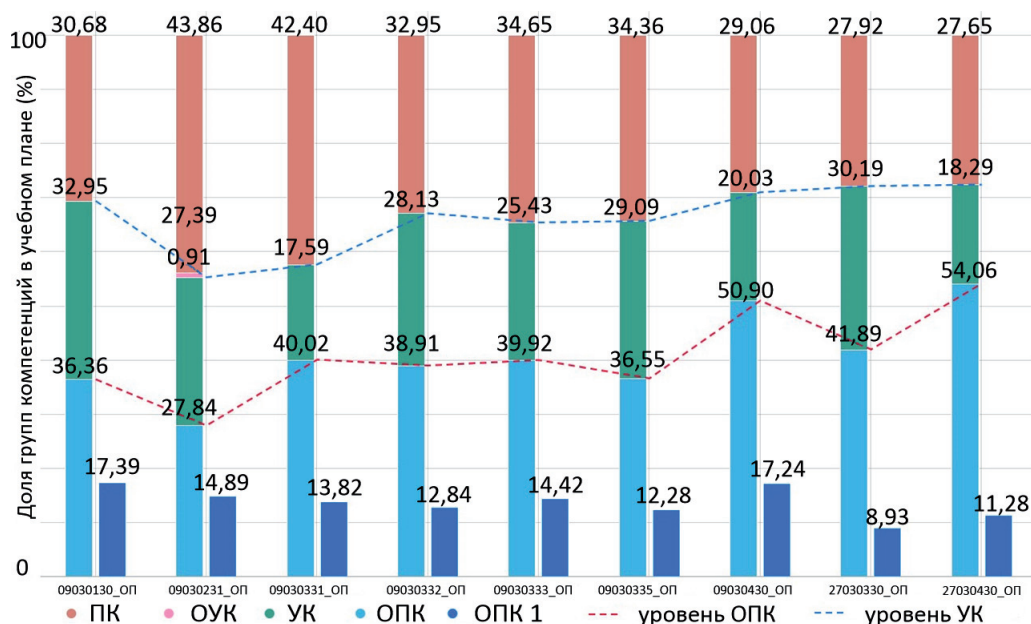


Рис. 7. Распределение трудоемкости между группами компетенций и доля ОПК-1 в структуре учебных планов образовательных программ

Fig. 7. Distribution of labor intensity between groups of competencies and the share of GPC-1 in the structure of curricula of educational programs

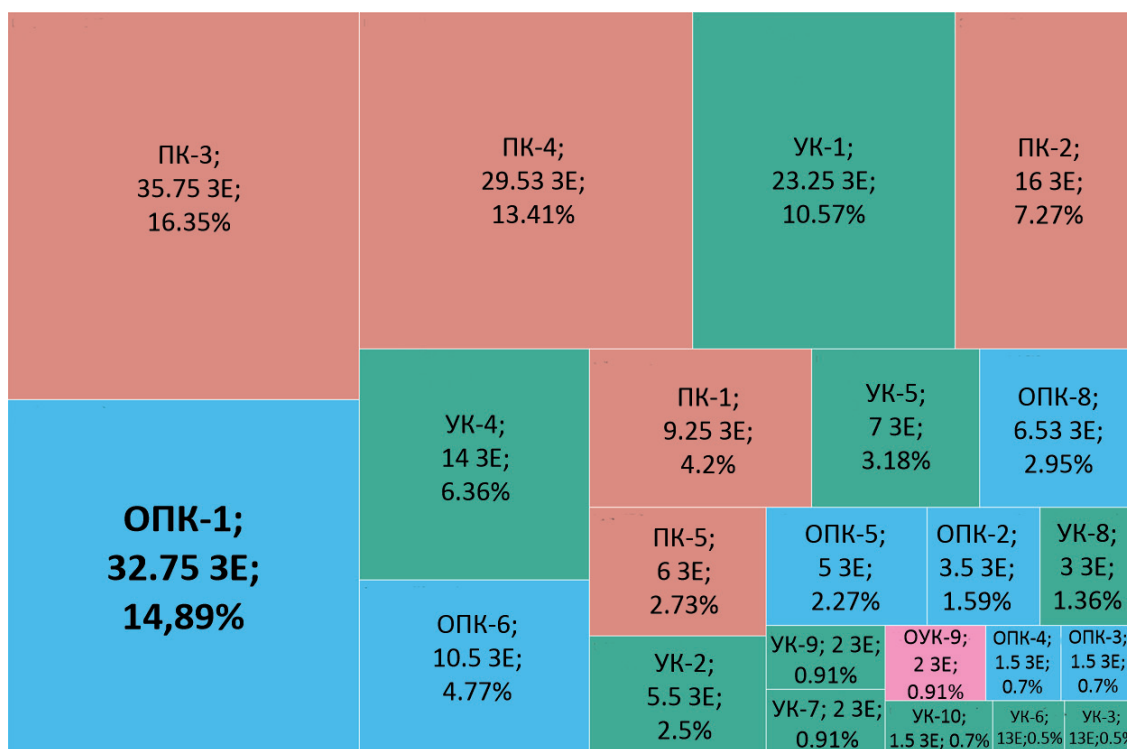


Рис. 8. Спектр компетенций и их относительный вес в УП 09.03.02.31 (выделена компетенция ОПК-1)

Fig. 8. Spectrum of competencies and their relative weight in curriculum 09.03.02.31 (competency GPC-1 is highlighted)

вклада дисциплины между всеми формируемыми ею компетенциями.

На рисунке 10 представлена точечная диаграмма формирования компетенции ОПК-1, которая отражает не только перечень дисциплин, участвующих в ее формировании с указанием трудоемкости, но

и их распределение по годам обучения (курсам). Таким образом, дисциплины выстраиваются в «лестницу компетенций», которую необходимо пройти обучающемуся для формирования компетенции. Также на данной визуализации можно определить дисциплины — «ядра», которые формируют базис

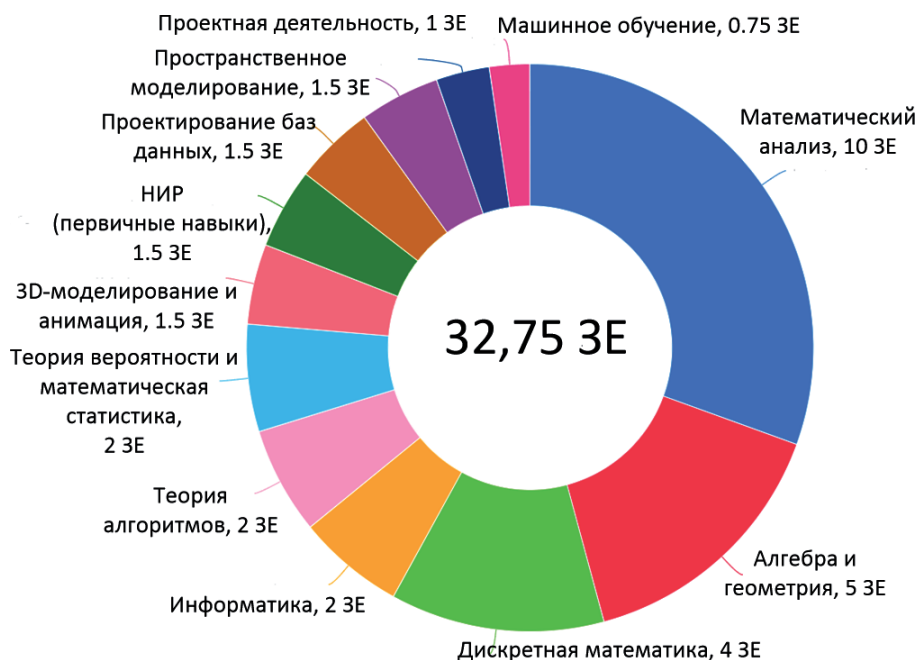


Рис. 9. Распределение ЗЕ по дисциплинам на формирование ОПК-1 в УП 09.03.02.31

Fig. 9. Distribution of CU by disciplines for the formation of GPC-1 in the curriculum 09.03.02.31

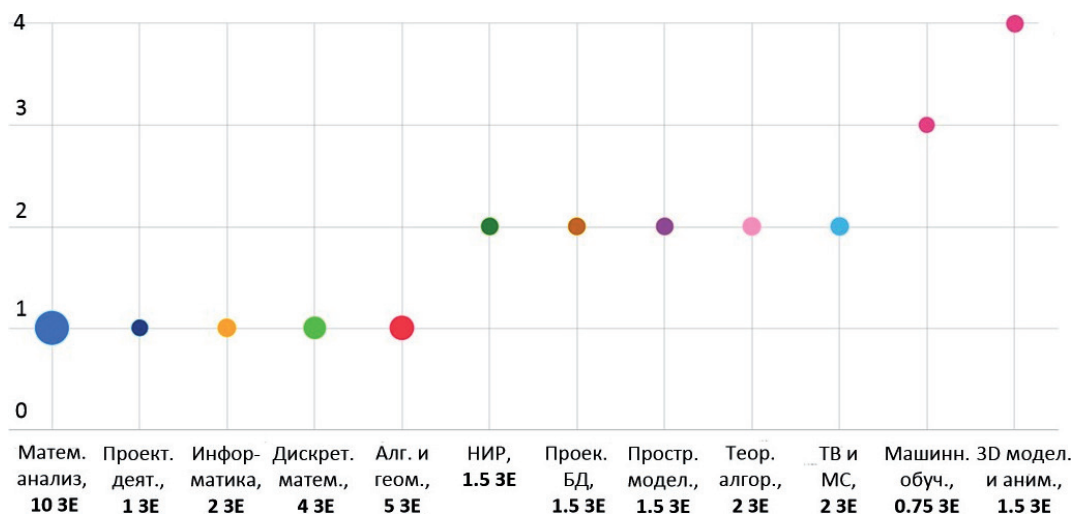


Рис. 10. Точечная диаграмма лестницы компетенции ОПК-1 в УП 09.03.02.31

Fig. 10. Scatter diagram of the ladder of competency of the GPC-1 in the curriculum 09.03.02.31

компетенции ОПК-1 на разных курсах. Например, для первого курса к таким дисциплинам относятся математический анализ, алгебра и геометрия, дискретная математика.

На рисунке 11 представлен сводный дашборд, позволяющий рассмотреть структуру компетенции в рамках учебных планов ОП.

Наиболее наглядным представлением процесса формирования компетенции является графовая модель. Выделим из общего графа УП компоненту связности G, соответствующую компетенции ОПК-1 [31]. Эта компонента включает все вершины-дисциплины, участвующие в формировании ОПК-1, и все ребра между ними, отражающие междисциплинарные

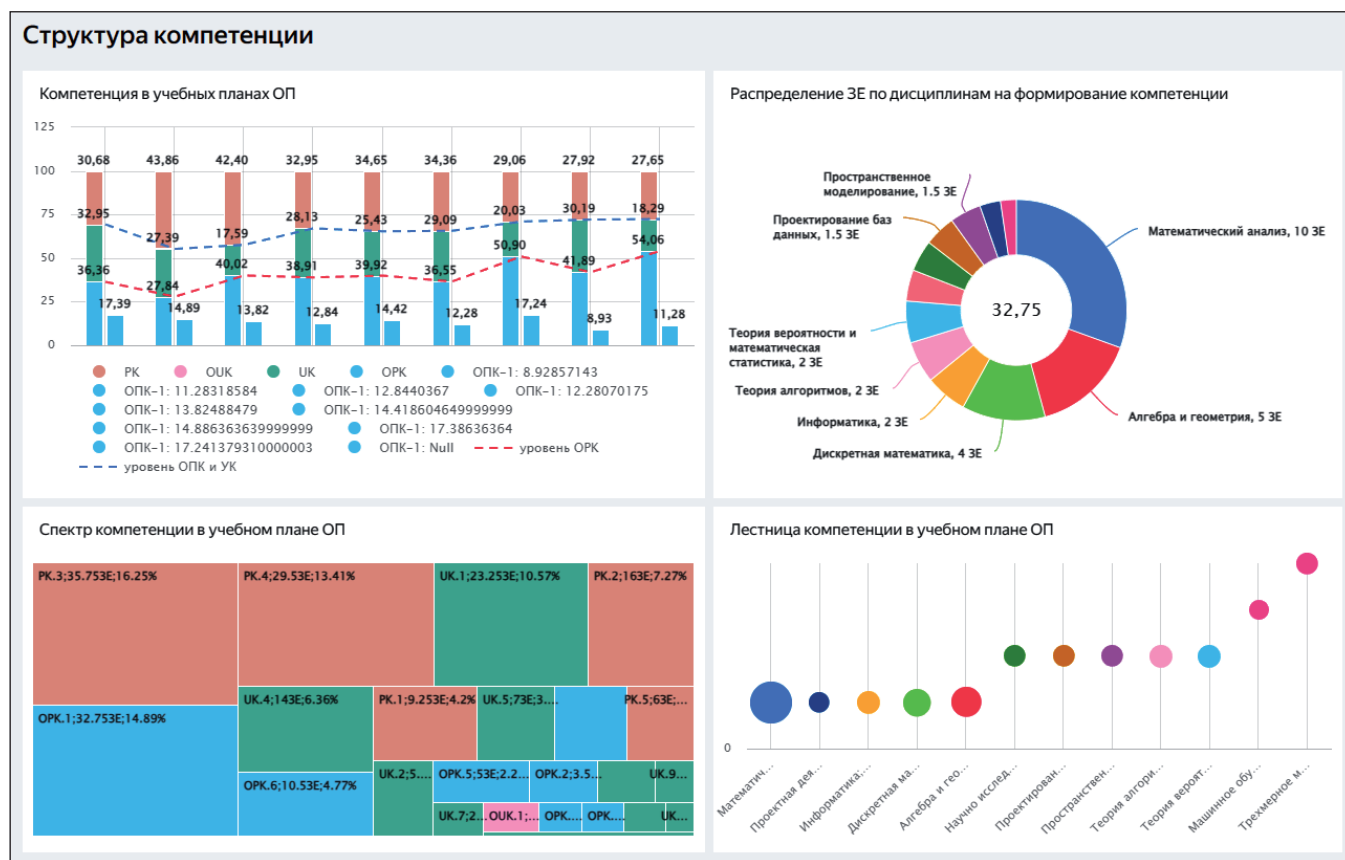


Рис. 11. Дашборд структуры компетенции в учебном плане ОП

Fig. 11. Dashboard of the competence structure in the curriculum of the educational program

связи (как через общие компетенции, так и через временную последовательность). На рисунке 12 представлена визуализация данной компоненты связности, полученная в Gephi 0.10.1 с применением описанных выше плагинов. Каждая вершина снабжена подписью, в которой перечислены все ком-

петенции, заложенные в соответствующую дисциплину, включая УК, ОПК и ПК. Из подписей видно, что дисциплины, формирующие ОПК-1, также участвуют в формировании и других компетенций, однако эти компетенции не являются общими для связанных дисциплин в G (иначе они породили бы

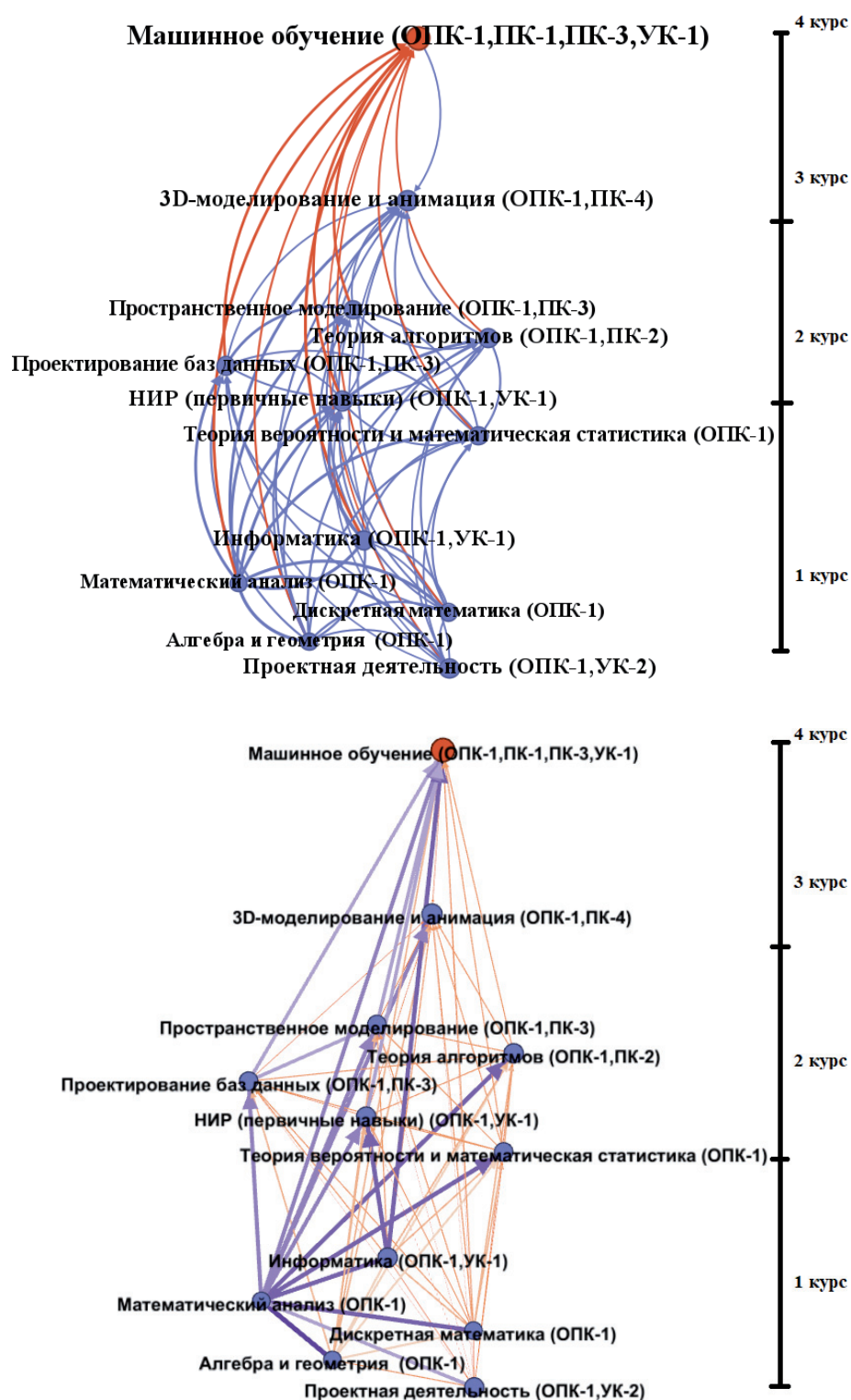


Рис. 12. Компонента связности графа G, демонстрирующая процесс формирования ОПК-1 для УП 09.03.02.31
Fig. 12. The connected component of graph G, demonstrating the process of forming GPC-1 for curriculum 09.03.02.31

дополнительные ребра, которых на рисунке нет). Вес ребра (визуализируется толщиной линии и цветовой интенсивностью) вычисляется на основе трудоемкости дисциплин. Такая визуализация позволяет выделить кластеры наиболее тесно связанных дисциплин внутри ОПК-1.

Анализ полученной графовой модели и визуализаций, разработанных в Yandex DataLens, позволяет сделать следующие **выводы о структуре компетенции ОПК-1 в рассматриваемом учебном плане**:

- *выявление дисциплин-«ядер»*: вершины с наибольшей степенью и количеством междисциплинарных связей (например, «Математический анализ», «Дискретная математика») играют ключевую роль, имея наибольшее количество связей с другими дисциплинами и формируя базис компетенции;
- *оценка равномерности распределения*: дисциплины, формирующие ОПК-1, распределены по всем курсам обучения, что свидетельствует о поступательном, «сквозном» характере формирования компетенции;
- *анализ преемственности*: ориентация ребер и их группировка по слоям (курсам) позволяют проследить логику освоения компетенции: от фундаментальных дисциплин начальных курсов к дисциплинам, участвующим в формировании профессиональных компетенций на старших курсах;
- *выявление кластеров*: внутри компоненты связности можно выделить кластеры дисциплин, наиболее тесно связанных между собой, что может соответствовать определенным содержательным модулям или этапам формирования компетенции.

Таким образом, предложенная графовая модель и методика ее визуализации позволяют перейти от формального перечня компетенций в учебном плане к наглядному представлению процесса формирования компетенции как динамической структуры, проследить ее трансформацию на протяжении всего процесса обучения. Это дает возможность разработчикам образовательных программ проводить содержательный анализ педагогического дизайна, оценивать сбалансированность распределения компетенции по дисциплинам и периодам обучения, а также выявлять потенциальные «разрывы» в логике ее формирования. Для обучающихся такое представление может служить основой для построения индивидуальной образовательной траектории и способствовать более глубокому пониманию структуры собственной профессиональной подготовки.

4. Обсуждение

Представленный в работе подход к моделированию структуры компетенции на основе графового представления данных учебного плана открывает новые возможности для анализа и совершенствования образовательных программ в условиях переос-

мысления компетентностной модели в российском высшем образовании. Как отмечалось в современных дискуссиях, выход России из Болонского процесса не должен означать возврата к знаниевой парадигме в образовании, однако требует пересмотра механизмов реализации компетентностного подхода с учетом национальных интересов и запросов рынка труда [18]. Сложившаяся практика проектирования и актуализации образовательных программ часто сводится к формальному распределению компетенций между дисциплинами, при котором сквозной характер их формирования остается скрытым для всех участников образовательного процесса. Возникает противоречие между заявляемой ориентацией на достижение образовательных результатов (компетенций) и отсутствием инструментов, которые бы позволяли наглядно отследить в динамике их достижение. Предложенная графовая модель компетенции позволяет разрешить данное противоречие за счет реализации принципа сквозного мониторинга. А возможность последовательной декомпозиции структуры компетенции от групп до конкретных дисциплин и их вклада в формирование образовательных результатов позволяет предоставить разработчикам образовательных программ инструмент для содержательной оценки педагогического дизайна образовательной программы. Визуализация междисциплинарных связей, означающих формирование дисциплинами одинаковых компетенций, помогает выявить дисциплины («ядра» компетенций), оценить равномерность их распределения по периодам обучения и своевременно скорректировать структуру учебного плана. Проведенный в работе анализ компоненты связности графа, соответствующей компетенции ОПК-1, наглядно продемонстрировал, как фундаментальные дисциплины первого курса создают основу для последующего освоения профессиональных дисциплин, формирующих данную компетенцию на старших курсах.

Применение платформы Business Intelligence (Yandex DataLens) для интеграции данных учебных планов образовательных программ и создание интерактивных дашбордов переводят анализ компетенций из разряда разовых исследовательских задач в область оперативного управления образовательным процессом на основе данных. Возможность осуществления параметрических выборок и построения целевых срезов компетентностей модели делает разработанные инструменты доступными для всех участников образовательного процесса. Для обучающихся наглядное визуальное представление модели образовательных результатов может служить основой для выстраивания индивидуальных образовательных траекторий и осознанного выбора дисциплин, понимания важности их освоения. Например, анализ графовой модели ОПК-1 позволяет студенту увидеть «сквозную» линию развития данной компетенции и осознанно подойти к изучению каждой дисциплины, входящей в ее структуру.

Полученные результаты согласуются с выводами исследований, подчеркивающих необходимость

перехода от формальной фиксации компетенций к управлению процессом их формирования на основе данных об обучении [18, 32]. Однако следует отметить, что предложенный подход не исчерпывает всех аспектов оценки качества образовательных программ. Важным направлением в дальнейших исследованиях является интеграция в модель данных о текущей успеваемости обучающихся, информации об актуальных компетенциях на основе анализа рынка труда, а также разработка рекомендательных сервисов на основе анализа графовой модели структуры компетенции. Частично данное направление рассмотрено авторами в работе [31].

5. Выводы

В ходе выполнения исследования разработана и апробирована графовая модель структуры компетенции, позволяющая осуществлять сквозной мониторинг формирования (трансформации) образовательных результатов на основе данных учебных планов образовательных программ высшего образования. Предложен подход к моделированию структуры компетенции, обеспечивающий переход от анализа укрупненной группы компетенций к визуальной траектории конкретной компетенции и диаграмме составляющих ее дисциплин с оценкой их относительного вклада. Возможности подхода продемонстрированы на примере анализа структуры компетенции ОПК-1, для которой были выявлены «ядра» и прослежена логика ее формирования по курсам обучения. Реализована программная конфигурация на базе платформы Yandex DataLens и пакета сетевого анализа Gephi, позволяющая интегрировать данные учебных планов, выполнять параметрические выборки и строить наглядные визуализации компетентностной модели образовательной программы.

Практическая значимость работы заключается в создании инструмента, который может быть использован для анализа сбалансированности учебных планов, мониторинга качества реализации компетентностной модели, понимания последовательности знаниевой преемственности с точки зрения формирования образовательных результатов, осознанного планирования индивидуальных образовательных траекторий. Предложенная модель, в частности, позволяет разработчику образовательной программы оценить, насколько равномерно и логично распределена каждая компетенция по дисциплинам и курсам, и при необходимости скорректировать учебный план для повышения качества ее освоения.

Список источников / References

1. Уваров А. Ю., Гейбл Э., Дворецкая И. В., Заславский И. М., Карлов И. А., Мерцалова Т. А., Сергоманов П. А., Фрумин И. Д. Трудности и перспективы цифровой трансформации образования. М.: Высшая школа экономики; 2019. 343 с. DOI: 10.17323/978-5-7598-1990-5. EDN: ANYGHO.

[Uvarov A. Yu., Gable E., Dvoretzskaya I. V., Zaslavsky I. M., Karlov I. A., Mertsalova T. A., Sergomanov P. A., Frumin I. D.

Challenges and prospects of the digital transformation of education. Moscow, HSE; 2019. 343 p. (In Russian.) DOI: 10.17323/978-5-7598-1990-5. EDN: ANYGHO.]

2. Левицкий М. Л., Гриншкун В. В., Заславская О. Ю. Тенденции и особенности современного этапа информатизации высшей школы. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования.* 2022;19(4):285–299. DOI: 10.22363/2312-8631-2022-19-4-285-299. EDN: WYGLCZ.

[Levitsky M. L., Grinshkun V. V., Zaslavskaya O. Yu. Trends and features of the informatization of higher education modern stage. *RUDN Journal of Informatization of Education.* 2022;19(4):285–299. (In Russian.) DOI: 10.22363/2312-8631-2022-19-4-285-299. EDN: WYGLCZ.]

3. Каракозов С. Д., Уваров А. Ю. Успешная информатизация = трансформация учебного процесса в цифровой образовательной среде. *Проблемы современного образования.* 2016;(2):7–19. EDN: VVEYBN.

[Karakozov S. D., Uvarov A. Yu. Successful informatization = transformation of the educational process in the digital educational environment. *Problems of Modern Education.* 2016;(2):7–19. (In Russian.) EDN: VVEYBN.]

4. Malhotra R., Massoudi M., Jindal R. Shifting from traditional engineering education towards competency-based approach: The most recommended approach-review. *Education and Information Technologies.* 2023;28:9081–9111. DOI: 10.1007/s10639-022-11568-6.

5. Morcke A. M., Dornan T., Eika B. Outcome (competency) based education: An exploration of its origins, theoretical basis, and empirical evidence. *Advances in Health Sciences Education.* 2013;18(4):851–863. DOI: 10.1007/s10459-012-9405-9.

6. Piyasena K. G. C. C., Lubna A. M., Dhanapala R. M. Challenges and recommendations for the implementation of outcome-based education: A systematic review. *International Journal of Emerging Issues in Social Science, Arts and Humanities.* 2023;2(1):20–30. DOI: 10.60072/ijeissah.2023.v2i01.003.

7. Zamir M. Z., Abid M. I., Fazal M. R., Qazi M. A. A. R., Kamran M. Switching to outcome-based education (OBE) system, a paradigm shift in engineering education. *IEEE Transactions on Education.* 2022;65(4):695–702. DOI: 10.1109/TE.2022.3169184.

8. Хуторской А. В. Ключевые компетенции как компонент личностно-ориентированной парадигмы образования. *Народное образование.* 2003;(2(1325)):58–64. EDN: SGUKTL.

[Khutorskoy A. V. Key competencies as a component of the personality-oriented paradigm of education. *Public Education.* 2003;(2(1325)):58–64. (In Russian.) EDN: SGUKTL.]

9. Зимняя И. А. Ключевые компетенции — новая парадигма результата образования. *Высшее образование сегодня.* 2003;(5):34–42. EDN: SMMBFV.

[Zimnyaya I. A. Key competencies — a new paradigm of educational outcomes. *Higher Education Today.* 2003;(5):32–42. (In Russian.) EDN: SMMBFV.]

10. Зеер Э., Сыманюк Э. Компетентностный подход к модернизации профессионального образования. *Высшее образование в России.* 2005;(4):23–30. EDN: IBLFYP.

[Zeer E., Symanyuk E. Competence-based approach to modernization of vocational education. *Higher Education in Russia.* 2005;(4):23–30. (In Russian.) EDN: IBLFYP.]

11. Божко Е. М., Ильнер А. О. Компетентностный подход в России и за рубежом: исторические и теоретические аспекты. *Мир науки. Педагогика и психология.* 2019;7(1):26. EDN: BABNQT.

[Bozhko E. M., Illner A. O. Competence-based approach in Russia and abroad: Historical and theoretical aspects. *World of Science. Pedagogy and Psychology.* 2019;7(1):26. (In Russian.) EDN: BABNQT.]

12. Hsiu-Lien Lu, Hsiao-Fang Lin. A concept model of competency tasks in competency-based education. *Technol-*

ogy, Pedagogy and Education. 2025;34(4):463–481. DOI: 10.1080/1475939X.2025.2461101.

13. Ortiz E. J. M. An integrated competency-based framework for employability and the sustainability of higher education. *Sustainability*. 2025;17(22):10340. DOI: 10.3390/su172210340.

14. Тучкова А. С. Основные методологические подходы к формированию универсальных компетенций студентов технических университетов. *Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Психолого-педагогические науки*. 2022;19(4):31–46. DOI: 10.17673/vsgtu-pps.2022.4.3. EDN: GGVSDQ.

[Tuchkova A. S. The main methodological approaches to the formation of universal competencies of students of technical universities. *Vestnik of Samara State Technical University. Series Psychological and Pedagogical Sciences*. 2022;19(4):31–46. (In Russian.) DOI: 10.17673/vsgtu-pps.2022.4.3. EDN: GGVSDQ.]

15. Хачатурова К. Р., Павлова Е. В., Хаустова Е. В., Касимова Э. М. Компетентностный подход в образовании. *Рефлексия*. 2024;(5):44–47. EDN: RHQGPR.

[Khachaturova K. R., Pavlova E. V., Khaustova E. V., Kasimova E. M. Competency-based approach in education. *Refleksiya*. 2024;(5):44–47. (In Russian.) EDN: RHQGPR.]

16. Мишин И. Н. Критическая оценка формирования перечня компетенций в ФГОС ВО 3++. *Высшее образование в России*. 2018;27(4):66–75. EDN: YWRMFL.

[Mishin I. N. Problems of the formation of universal and professional competences in the FSES HE 3++ and the ways of their solutions. *Higher Education in Russia*. 2018;27(4):66–75. (In Russian.) EDN: YWRMFL.]

17. Кузнецова Е. М. Компетентностно-ориентированные образовательные стандарты: проблемы реализации. *Высшее образование в России*. 2016;(5):150–155. EDN: VXJHTF.

[Kuznetsova E. M. Competency-based standards of education: Problems of implementation. *Higher Education in Russia*. 2016;(5):150–155. (In Russian.) EDN: VXJHTF.]

18. Дружиловская Т. Ю., Дружиловская Э. С. Сохранится ли компетентностный подход к обучению в условиях изменений в организации высшего образования в России? *Высшее образование в России*. 2025;34(10):78–102. DOI: 10.31992/0869-3617-2025-34-10-78-102. EDN: OKWANK.

[Druzhilovskaya T. U., Druzhilovskaya E. S. Will the competency-based approach to education be preserved in the context of changes in the organization of higher education in Russia? *Higher Education in Russia*. 2025;34(10):78–102. (In Russian.) DOI: 10.31992/0869-3617-2025-34-10-78-102. EDN: OKWANK.]

19. Орехов В. Д., Панфилова Е. А., Причина О. С., Кухаренко О. Г. Негативные факторы влияния Болонского процесса на российскую систему высшего образования. *Проблемы экономики и юридической практики*. 2022;18(4):200–213. EDN: IGHLEC.

[Orekhov V. D., Panfilova E. A., Pricina O. S., Kukharenko O. G. Negative factors of Bologna process influence on Russian higher education system. *Economic Problems and Legal Practice*. 2022;18(4):200–213. (In Russian.) EDN: IGHLEC.]

20. Чернышов П. С. Недостатки компетентностного подхода в высшем образовании. *Современное педагогическое образование*. 2019;(7):28–29. EDN: KMLHAU.

[Chernyshov P. S. Disadvantages of the competency-based approach in higher education. *Sovremennoye pedagogicheskoye obrazovanie*. 2019;(7):28–29. (In Russian.) EDN: KMLHAU.]

21. Лукьяненко В. П. Компетентностный подход: оценка эффективности с позиций методологического анализа. *Народное образование*. 2016;(1(1454)):18–27. EDN: UDLWKG.

[Lukyanenko V. P. Competency-based approach: Performance assessment from the standpoint of methodological

analysis. *Public Education*. 2016;(1(1454)):18–27. (In Russian.) EDN: UDLWKG.]

22. Сенашенко В. С., Стручкова Е. П. Особенности сопряжения высшего образования и сферы труда в условиях структурных преобразований отечественной системы высшего образования. *Высшее образование в России*. 2025;34(3):31–51. DOI: 10.31992/0869-3617-2025-34-3-31-51. EDN: OBSGTD.

[Senashenko V. S., Struchkova E. P. Features of the conjugation of higher education and the labor sphere in the context of structural transformations of the domestic higher education system. *Higher Education in Russia*. 2025;34(3):31–51. (In Russian.) DOI: 10.31992/0869-3617-2025-34-3-31-51. EDN: OBSGTD.]

23. Hsiao-Fang Lin, Hsiu-Lien Lu, Mei-Jiun Lin. The stability and acceptance of the “system of competency-based curriculum design” framework: Perspectives of teachers. *The Curriculum Journal*. 2025;36(1):91–109. DOI: 10.1002/curj.265.

24. Elliott A. P., Croom T., Watts B. V., Horstman M. J., Godwin K. M. Curriculum mapping: Visualizing curricular alignment in a competency-based interprofessional fellowship program. *Medical Teacher*. 2025;47(8):1394–1398. DOI: 10.1080/0142159X.2025.2497892.

25. Ouared A., May M., Piau-Toffolon C., Dugué N. TracePath: Modeling and analyzing competency trajectories with graph-based learning analytics over a hybrid polystore. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*. 2025;38(1):e70508. DOI: 10.1002/cpe.70508.

26. Ferrer R., Cimpan S., Yokoyama H. Competency centered curricula mapping support: The Forested visualization tool. *IADIS International Journal on Computer Science and Information Systems*. 2025;20(2):68–81. Available at: <https://hal.science/hal-05455855v1>

27. Зыкова Т. В., Кытманов А. А., Халтурин Е. А., Вайнштейн Ю. В., Носков М. В. Алгоритм анализа и оценки учебных планов образовательных программ. *Информатика и образование*. 2024;39(1):52–64. DOI: 10.32517/0234-0453-2024-39-1-52-64. EDN: UNSWGX.

[Zykova T. V., Kytmanov A. A., Khalturin E. A., Vaynshteyn Yu. V., Noskov M. V. The algorithm for analysis and evaluation of educational programs curricula. *Informatika and Education*. 2024;39(1):52–64. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2024-39-1-52-64. EDN: UNSWGX.]

28. Bokhare A., Methkewar P. Visualization and interpretation of Gephi and Tableau: A comparative study. *In: Sengodan T., Murugappan M., Misra S. (eds) Advances in Electrical and Computer Technologies. ICAECT 2020. Lecture Notes in Electrical Engineering*. Singapore, Springer; 2020;711:11–23. DOI: 10.1007/978-981-15-9019-1_2.

29. Jing Yang, Changxiu Cheng, Shi Shen, Shanli Yang. Comparison of complex network analysis software: Citespace, SCI² and Gephi. *Proc. 2017 IEEE 2nd Int. Conf. on Big Data Analysis (ICBDA)*. 2017. DOI: 10.1109/ICBDA.2017.8078800.

30. Зыкова Т. В., Цибульский Г. М. Применение графовой модели учебного плана образовательной программы в задачах анализа образовательных данных (в задачах анализа уровня сформированности компетенций). В кн.: Вайнштейн Ю. В., Гриншкун В. В., Носков М. В. (ред.) Избранные вопросы цифровой трансформации образования. М.: Научно-издательский центр Инфра-М; 2025;2:197–212. EDN: HVRADR.

[Zykova T. V., Tsibul'sky G. M. Application of the graph model of the curriculum of an educational program in the tasks of analyzing educational data (in the tasks of analyzing the level of competence formation). *In: Vainstein Yu. V., Grinshkun V. V., Noskov M. V. (eds) Selected Issues of Digital Transformation of Education*. Moscow, Scientific Publishing Center Infra-M; 2025;2:197–212. (In Russian.) EDN: HVRADR.]

31. Zykova T. V., Vainshtein Yu. V., Noskov M. V. A technology for analyzing the transformation process of university students' learning outcomes based on Bloom's taxonomy. *Cybernetics and Information Technologies*. 2026;26(1):18–36. DOI: 10.2478/cait-2026-0002.

32. Тишкина К. О., Елисеева О. В., Багаутдинова А. Ш., Шилова К. С., Ефремова А. А. Подход к управлению качеством образовательных программ на основе данных. *Университетское управление: практика и анализ*. 2022;26(3):112–119. DOI: 10.15826/umpa.2022.03.025. EDN: OZNLFD.

[Tishkina K. O., Eliseeva O. V., Bagautdinova A. Sh., Shilova K. S., Efremova A. A. Data-based approach to educational programs quality management. *University Management: Practice and Analysis*. 2022;26(3):112–119. (In Russian.) DOI: 10.15826/umpa.2022.03.025. EDN: OZNLFD.]

Информация об авторах

Зыкова Татьяна Викторовна, канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент кафедры прикладной математики и анализа данных, Институт космических и информационных технологий, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-7332-2372>; *e-mail*: zykovatv@mail.ru

Вайнштейн Юлия Владимировна, доктор пед. наук, профессор, профессор кафедры прикладной математики и анализа данных, Институт космических и информационных технологий, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-8370-7970>; *e-mail*: yweinstein@sfu-kras.ru

Носков Михаил Валерианович, доктор физ.-мат. наук, профессор, профессор кафедры прикладной математики и анализа данных, Институт космических и информационных технологий, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0001-8966-3633>; *e-mail*: mvnoskov@yandex.ru

Information about the authors

Tatyana V. Zykova, Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Docent, Associate Professor at the Department of Applied Mathematics and Data Analysis, School of Space and Information Technology, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-7332-2372>; *e-mail*: zykovatv@mail.ru

Yuliya V. Vainshtein, Doctor of Sciences (Education), Professor, Professor at the Department of Applied Mathematics and Data Analysis, School of Space and Information Technology, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-8370-7970>; *e-mail*: yweinstein@sfu-kras.ru

Mikhail V. Noskov, Doctor of Sciences (Physics and Mathematics), Professor, Professor at the Department of Applied Mathematics and Data Analysis, School of Space and Information Technology, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0001-8966-3633>; *e-mail*: mvnoskov@yandex.ru

Поступила в редакцию / Received: 09.03.26.

Поступила после рецензирования / Revised: 30.03.26.

Принята к печати / Accepted: 31.03.26.