

ПРИМЕНЕНИЕ ГРАФОВЫХ МОДЕЛЕЙ УЧЕБНЫХ ПЛАНОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТЯМ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Д. А. Ли¹ [0009-0001-0961-8021], **И. Г. Ольгина**² [0000-0002-9932-4552]

¹*Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия*

²*Омский филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы (РАНХиГС) при Президенте Российской Федерации, ООО «Неопоиск», г. Омск, Россия*

¹li@satorydigital.ru, ²inna_olgina@mail.ru

Аннотация

Проектирование учебных планов в условиях динамики образовательных стандартов смещается от статичного набора дисциплин к системному моделированию. Этот подход должен учитывать многоуровневые взаимосвязи и логику формирования сквозных компетенций. Целью исследования являются создание и апробация методического инструментария для анализа образовательных программ вузов на основе методов сетевого анализа. Учебный план формализован в виде неориентированного графа, где вершинами выступают дисциплины, а ребрами – связи через общие компетенции. В работе применен многоаспектный сетевой анализ, включающий расчет мер центральности: степени связности, посредничества, близости к другим узлам, степени влиятельности – и ключевых топологических метрик: плотности, модулярности, диаметра и коэффициента кластеризации. Эмпирическую базу составили данные учебных планов трех вузов города Омска. Проведенный анализ выявил существенные структурно-топологические различия в архитектуре образовательных программ, обусловленные их ведомственной принадлежностью и целевыми моделями подготовки. Сетевые метрики позволяют количественно оценить междисциплинарную связность и модульность программ, что недоступно для традиционных подходов. Полученные результаты подтверждают высокий диагностический потенциал сетевого анализа для обоснованной оптимизации

учебных планов и верификации соответствия профессиональным компетенциям.

Ключевые слова: *сетевой анализ, учебные дисциплины, граф, социальные сети.*

ВВЕДЕНИЕ

Ключевое предназначение образования заключается в том, чтобы побудить и обеспечить фундаментальные, содержательные и долговременные изменения в системе знаний обучающихся. В этой связи учебный план перестает восприниматься как статичный перечень дисциплин, а становится архитектурным решением, определяющим логику формирования образовательных траекторий, распределение учебных нагрузок и интеграцию теоретических, практических и исследовательских компонентов обучения.

При этом конструирование учебных планов все чаще рассматривается как задача системного моделирования, требующая учета многоуровневых связей между дисциплинами, профессиональными стандартами, требованиями работодателей и индивидуальными образовательными потребностями обучающихся. В научной литературе активно обсуждаются методологические основания обновления образовательных программ, однако сохраняется дефицит эмпирически обоснованных подходов к их динамической оптимизации, верификации соответствия актуальным компетенциям и оценке эффективности на основе образовательных данных [1–6].

ГРАФОВЫЕ МОДЕЛИ УЧЕБНОГО ПЛАНА

В работах [7–10] проведены исследования образовательных программ с точки зрения достижения заявленных образовательных результатов в виде набора компетенций, но не предложены методы анализа учебных программ на основе графовых моделей. Исследование [8] получило грантовую поддержку по проекту «Образование 2030», оно будет взято за основу дальнейших исследований в этой области. Авторы пришли к выводу, что графовая модель и подход к визуализации способствуют пониманию структуры учебного плана и поэтапности формирования образовательных результатов. Такая модель позво-

ляет осуществлять сравнительный анализ различных образовательных программ для повышения качества их проектирования.

Далее будут рассмотрены два способа представления графа сети учебного плана: в виде матрицы смежности и списка дуг. На их основе будут созданы инструменты для построения модели сети учебного плана. Первый способ является подходящим для вычисления мер центральности, а второй – для сбора сети. Хранение графа цитирования в виде списка дуг является удобным по ряду причин: компактность, удобство изменения структуры и возможность быстрого определения множества дуг, исходящих из одной вершины [11].

Граф учебного плана (УП) построен на основе сети учебных дисциплин как математической модели, которая наглядно отражает логическую структуру образовательного процесса, последовательность изучения дисциплин и их взаимосвязи.

Математическими моделями сетей учебных дисциплин являются неориентированные графы (рис. 1). Узлами сети являются учебные дисциплины, а связями – коммуникации между дисциплинами, которые формируют одинаковые компетенции у студентов. Опишем способы представления графов

Способ 1 – Представление графа сети в виде списка дуг. Граф сети учебного плана представлен в виде неориентированного графа $G = (V, E)$, где V – множество вершин графа, а E – множество его ребер. В графе G множество V состоит из вершин, которые соответствуют дисциплинам учебного плана, и содержит n занумерованных вершин. Граф будет представлен в виде списка ребер – неупорядоченных пар вершин $(v_i, v_j) \in E$, где v_i и v_j соединены ребром. В этом случае если $e_{ij} = (v_i, v_j)$ – ребро неориентированного графа, то v_i и v_j называют концевыми (или инцидентными) вершинами ребра e_{ij} .

Таким образом, вершина v_i соответствует дисциплине, формирующей как минимум одну общую компетенцию с вершиной v_j . Для дисциплин, находящихся в таком отношении, должно выполняться следующее условие: не существует дисциплины, которая ссылается на саму себя. Следовательно, должно выполняться неравенство $v_i \neq v_j$ (нет петель).

Способ 2 – Представление графа сети в виде матрицы смежности. Сеть учебных планов будет представлена в виде неориентированного графа

$G = (V, E)$ с матрицей смежности $A = \|a_{ij}\|$, составленной по следующему правилу: если дисциплина i формирует вместе с дисциплиной j как минимум одну общую компетенцию, то $a_{ij} = 1$, и $a_{ij} = 0$ в противном случае.

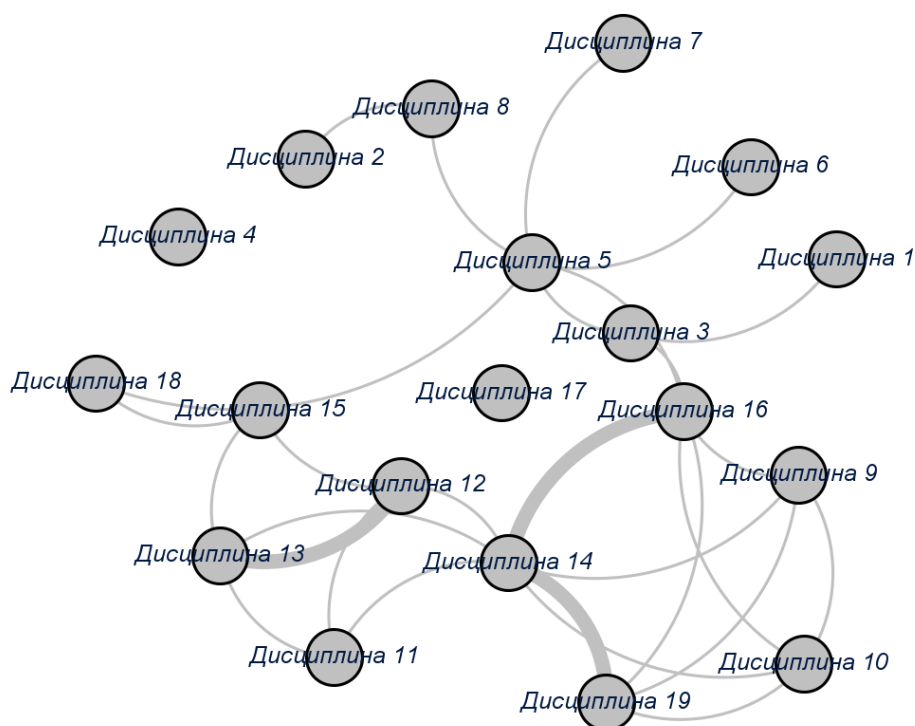


Рис. 1. Граф учебного плана.

ПРОВЕДЕНИЕ АНАЛИЗА УЧЕБНЫХ ПЛАНОВ

Этап 1. Сбор данных об учебных планах, создание графовых моделей.

Сбор данных является основной задачей для определения структурной информации о сети. На этом этапе данные собирались и обрабатывались вручную из открытых источников Интернета. В будущем планируется создать соответствующий модуль, в который будет заложен универсальный алгоритм сбора данных для построения сети учебных дисциплин.

На рис. 2–4 представлены графы сетей учебных дисциплин трех вузов города Омска: Омского государственного технического университета (ОмГТУ), Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета (СибАДИ) и Омского государственного университета им. Ф. М. Достоевского (ОмГУ). Данные были взяты из открытых источников Интернета. Рассмотрены



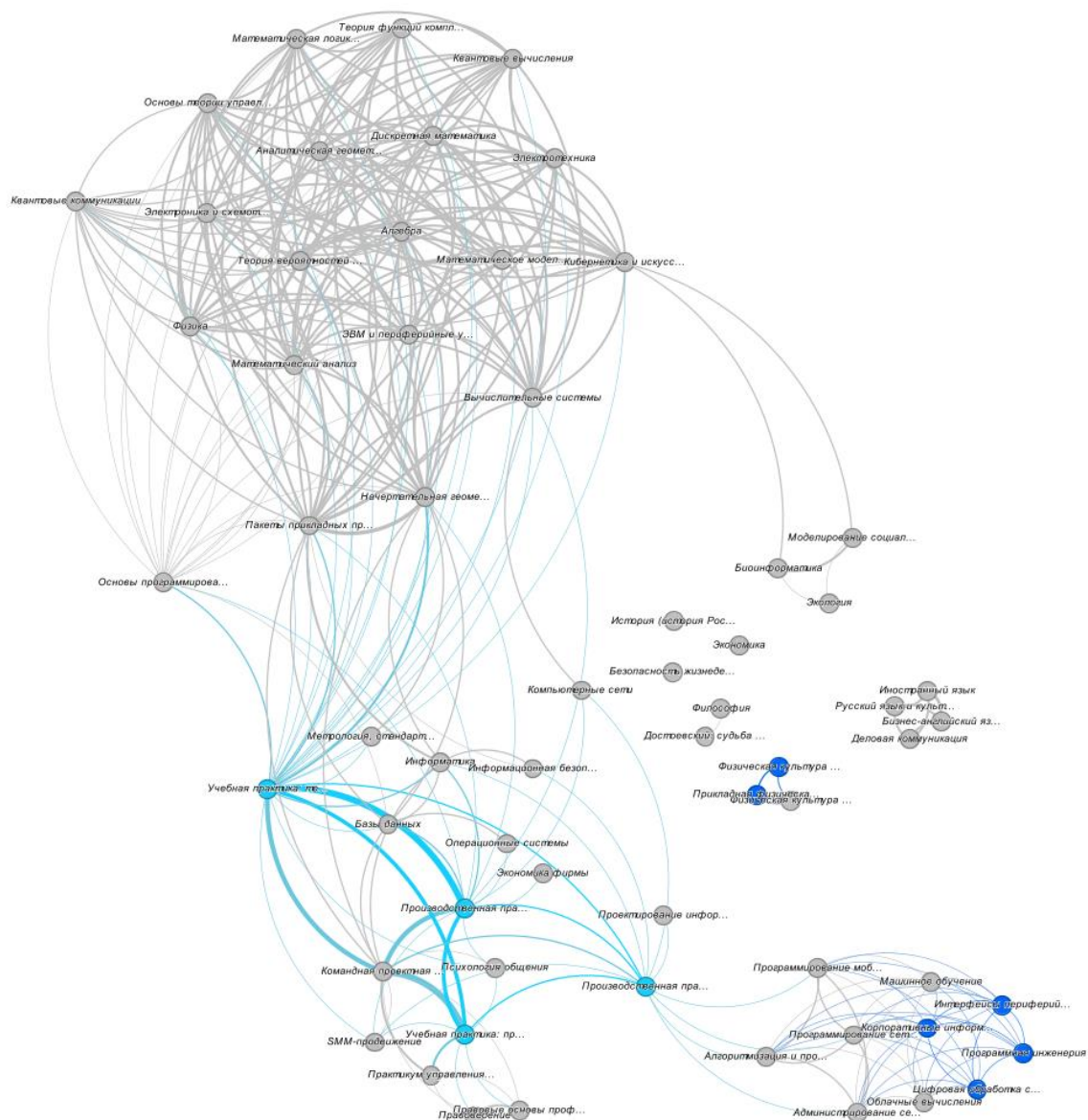


Рис. 4. Модель сети учебного плана ОмГУ.

На рис. 2–4 четко выделяются кластеры, которые образуют между собой узлы по количеству формируемых ими компетенций. Имеются также одиночные дисциплины, которые ни с чем не связаны, потому что в настоящем исследовании не учитывалась «Государственная итоговая аттестация». Для наглядности, чтобы отделить элективные дисциплины и практики от основных дисциплин, они были выделены различными цветами: бирюзовым – практики (учебные, производственные, преддипломные), синим/черным – элективные дисциплины. Отметим что от веса ребра зависит его толщина. Вес ребра увеличи-

вается, если дисциплина участвует в формировании компетенций несколько раз.

Укладка графов была произведена с помощью алгоритма Force Atlas 2, который уже имплементирован в программный продукт. Подборка параметров производилась вручную.

Этап 2. Формирование множества показателей для анализа сетей учебных дисциплин

В ходе исследования было установлено что для определения значимой роли узлов сети учебных дисциплин одного показателя – меры центральности – недостаточно. Универсальной меры для решения таких задач еще не существует. Стоит также отметить значительный вклад ученых в определение мер центральности узлов сети [12–15].

Для исследования узлов сети учебных дисциплин были отобраны следующие значимые меры центральности [16–21]:

- центральность по степени связности (degree centrality);
- центральность по близости к другим узлам (closeness centrality);
- центральность по посредничеству (betweenness centrality);
- центральность по степени влияния (eigenvector centrality).

Центральность по степени связности показывает, как дисциплины, связанные через общие компетенции: чем показатель больше, тем больше формирует дисциплина общих компетенций с другими. Можно предположить, что именно дисциплины, имеющие максимальные значения этого показателя, будут являться профильными и составлять ядро учебной программы.

Центральность по близости измеряет среднее расстояние от дисциплины до всех прочих дисциплин в сети и отражает эффективность взаимодействия дисциплины с остальной частью учебного плана. Высокий показатель свидетельствует о том, что данная дисциплина является центральной и обеспечивает кратчайшие пути доступа ко всему массиву знаний программы.

Центральность по посредничеству показывает, насколько часто дисциплина выступает в роли обязательного переходного звена при движении от одной группы дисциплин к другой. Такие дисциплины выступают в роли ключевых структурных мостов, обеспечивающих связность между различными моду-

лями учебного плана. Нарушение этих связей ведет к изоляции частей учебного плана друг от друга.

Центральность по степени влиятельности является показателем влиятельности дисциплины в сети. В отличие от простой центральности по степени, этот показатель учитывает не только количество прямых связей дисциплины, но и статус ее «соседей»: чем более значимы связанные с ней дисциплины, тем выше ее собственный показатель. Таким образом, дисциплина получает высокое значение не за большое число любых связей, а за связи с ключевыми, центральными элементами сети.

Для исследования графов учебных планов были применены следующие основные метрики [22–24].

1. Средняя степень связности – среднее арифметическое количества связей (входящих и исходящих) всех вершин графа. Характеризует среднее количество междисциплинарных связей на одну дисциплину.

2. Диаметр графа – максимальная длина кратчайшего пути между любой парой вершин в связном графе. Отражает максимальную дистанцию между двумя наиболее удаленными дисциплинами.

3. Плотность графа – отношение фактического количества дуг к максимально возможному в графе с данным числом вершин. Характеризует степень насыщенности учебного плана междисциплинарными связями.

4. Связные компоненты – количество максимальных подграфов, в которых любые две вершины соединены путем. Отражает структурную целостность учебного плана.

5. Модулярность – мера силы разделения сети на кластеры, оценивающая плотность связей внутри групп относительно связей между группами.

6. Средний коэффициент кластеризации – среднее значение локальной плотности связей соседей каждой вершины. Отражает склонность дисциплин к формированию тематических групп.

7. Средняя длина пути – среднее арифметическое длин кратчайших путей между всеми парами вершин. Характеризует среднюю дистанцию между дисциплинами программы.

Этап 3. Анализ графов учебных планов

Проведенный анализ метрик сетевой структуры позволил выявить существенные различия в архитектуре образовательных программ рассматриваемых вузов.

В табл. 1 приведены значения основных метрик графа учебных планов, которые были рассчитаны с помощью встроенных инструментов Gephi.

Табл. 1. Характеристики графов учебных планов.

Метрика	ОмГУ	ОмГТУ	СиБАДИ
Средняя степень связности	10.571	8.237	15.915
Диаметр графа	6	8	5
Плотность графа	0.171	0.142	0.227
Связные компоненты	7	2	4
Модулярность	0.371	0.601	0.49
Средний коэффициент кластеризации	0.886	0.796	0.82
Средняя длина пути	2.388	3.112	2.04

Программа ОмГУ демонстрирует наиболее фрагментированную структуру сети. Ключевым индикатором здесь выступает количество связных компонент, которое является максимальным (7). Это означает, что учебный план не представляет собой единого связного графа, а состоит из нескольких разрозненных подграфов, что может указывать на слабую взаимосвязь между определенными группами дисциплин и наличие изолированных учебных циклов. Несмотря на средние показатели плотности (0.171) и диаметра (6), низкая модулярность (0.371) в сочетании с высокой фрагментацией свидетельствует о низком уровне междисциплинарности, что может затруднить формирование целостной профессиональной картины у обучающихся.

Программа же ОмГТУ отличается принципиально иной организацией, что отражается в показателе модулярности, имеющем наибольшее значение среди рассматриваемых вузов (0.601). Высокая модулярность свидетельствует о четкой кластеризации дисциплин, соответствующих отдельным профессиональным модулям или специализациям. Это подтверждается и тем, что граф имеет

наибольшую среднюю длину пути (3.112) и максимальный диаметр (8). Такая структура предполагает, что учебный план разделен на обособленные тематические блоки, переход между которыми требует прохождения через ряд промежуточных дисциплин. При этом низкое количество связанных компонент (2) говорит о том, что программа в целом едина, но внутренне строго сегментирована.

В свою очередь, СибАДИ демонстрирует показатели, свидетельствующие о высокой степени интеграции учебного процесса. Граф данной программы характеризуется максимальной плотностью связей (0.228) и наименьшим диаметром (4), что указывает на компактность структуры и отсутствие изолированных блоков дисциплин. Высокое значение средней степени узла (15.045) подтверждает, что каждая дисциплина тесно связана с большим количеством других предметов. Такая топология создает условия для глубокой междисциплинарной интеграции компетенций, где знания из одной области быстро транслируются и применяются в смежных курсах, обеспечивая целостное восприятие профессионального профиля и формирования системного мышления.

Однако стоит дополнить приведенные выше выводы с учетом классификаций вузов в Российской Федерации (классический и технический университеты, институт).

Фрагментированная структура для ОмГУ является типовой архитектурой с упором на разнообразие дисциплинарных областей, что позволяет формировать у обучающихся широкий научный кругозор и критическое мышление. Но тем не менее такая структура все же может затруднять формирование сквозных дисциплин.

Топология ОмГТУ и СибАДИ отражает инженерно-отраслевую модель подготовки. Различие заключается лишь в том, что в первом случае структура образовательной программы является каскадной и обучающимся придется пройти через ряд промежуточных дисциплин, в то время как во втором случае структура оптимальна для подготовки кадров, которые могут сразу включиться в производственные процессы без дополнительного обучения.

Этап 4. Анализ учебных дисциплин с помощью сетевых метрик

В табл. 2–5 представлены сравнительные данные по дисциплинам, которые имеются в каждом учебном плане исследуемых вузов, по определенным выше мерам центральности. Такие дисциплины, как учебная/производственная практика и итоговая аттестация, не включены в обзор из соображений целесообразности и полноты эксперимента, так как они будут иметь наибольшие значения большинства показателей в силу их связи с большим числом дисциплин. Были также исключены классические дисциплины, чтобы рассмотреть именно роль профессиональных дисциплин в учебном плане.

Табл. 2. Сравнение дисциплин по степени связности узлов.

Дисциплины	Степень связности		
	ОмГУ	ОмГТУ	СиБАДИ
Базы данных	0.136	0.172	0.246
Операционные системы	0.034	0.155	0.246
Экономика фирмы	0.017	0.172	0.246
Электротехника	0.339	0.138	0.246

Табл. 3. Сравнение дисциплин по близости к другим узлам.

Дисциплины	Близости к другим узлам		
	ОмГУ	ОмГТУ	СиБАДИ
Базы данных	0.001	0.005	0.0
Операционные системы	0.0	0.008	0.0
Экономика фирмы	0.0	0.025	0.042
Электротехника	0.0	0.0	0.009

Табл. 4. Сравнение дисциплин по посредничеству.

Дисциплины	Посредничество		
	ОмГУ	ОмГТУ	СиБАДИ
Базы данных	0.375	0.294	0.397
Операционные системы	0.296	0.286	0.397
Экономика фирмы	0.294	0.356	0.419
Электротехника	0.411	0.392	0.397

Табл. 5. Сравнение дисциплин по степени влиятельности.

Дисциплины	Степень влиятельности		
	ОмГУ	ОмГТУ	СиБАДИ
Базы данных	0.026	0.056	0.001
Операционные системы	0.002	0.048	0.001
Экономика фирмы	0.001	0.076	0.001
Электротехника	0.228	0.07	0.001

Сетевой анализ учебных планов по четырем метрикам центральности выделяет структурные шаблоны, которые традиционные методы могут пропустить. Центральность по степени связности разделяет дисциплины по числу прямых междисциплинарных связей: в ОмГУ максимум у «Электротехники» – 0.339, тогда как в СиБАДИ прикладные дисциплины выровнены на уровне 0.246, что говорит о сбалансированной плотности связей. Центральность по посредничеству устанавливает дисциплины-мосты: «Экономика фирмы» в СиБАДИ (0.042) и ОмГТУ (0.025) связывает тематические кластеры, а в ОмГУ метрика нулевая, следовательно, она не является связующей. Центральность по близости в СиБАДИ лежит в узком диапазоне 0.397–0.419 для всех дисциплин, что характеризует граф как компактную структуру с минимальными дистанциями между узлами, тогда как ОмГУ и ОмГТУ показывают разброс значений, отражающий неоднородную топологию. Центральность по степени влиятельности подтверждает иерархию в ОмГУ, где «Электротехника» (0.228) формирует доминирующее ядро, связанное с другими влиятельными узлами, а в СиБАДИ

метрика минимальна и одинакова (0.001), что свидетельствует о плоской структуре без доминирующих дисциплин.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что многоаспектный сетевой анализ в качестве диагностического инструмента дает эмпирическую основу для оптимизации архитектуры образовательных программ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Были смоделированы графовые модели учебных планов трех вузов г. Омск (ОмГТУ, СибАДИ, ОмГУ) и выполнен их сравнительный анализ с использованием комплекса сетевых метрик и мер центральности (степени связности, посредничества, близости к другим узлам, степени влияния).

Анализ выявил существенные различия в архитектуре образовательных программ, которые коррелируют с ведомственной принадлежностью и моделью подготовки специалистов:

- классический университет (ОмГУ) характеризуется фрагментированной структурой с несколькими слабосвязанными компонентами, что типично для фундаментальной подготовки с широким научным кругозором;
- технический вуз (ОмГТУ) демонстрирует каскадную структуру с высокой модулярностью, где переход между тематическими блоками дисциплин требует прохождения через специализированные «мостовые» курсы;
- отраслевой институт (СибАДИ) обладает наиболее интегрированной и компактной структурой, оптимизированной для быстрой трансляции знаний и формирования системного мышления, необходимого для немедленного включения в производственные процессы.

Применение многоаспектного сетевого анализа подтвердило высокий диагностический потенциал данного подхода. Он позволяет не только количественно оценить междисциплинарную связность, модульность и целостность учебного плана, но и выявить ключевые дисциплины – ядра программы и структурные мосты, критически важные для ее функционирования.

Таким образом, предложенный подход к исследованию УП на основе методов сетевого анализа доказал свою эффективность как средство объективной оценки и обоснованной оптимизации архитектуры образовательных программ,

а также верификации их соответствия заявленным профессиональным компетенциям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубовский В.Н. Теоретико–методологические основы опережающего профессионального образования: сущность, функции и условия реализации // Психолого–педагогические исследования. 2025. Т. 17. № 4. С. 232–243.

2. Муканова С.Д. Интеграция предметных и педагогических компетенций непрерывного профессионального развития в структуре профессиональной компетентности: методологические основания // Bulletin of the Karaganda University Pedagogy series. 2023. Т. 112. № 4. С. 22–34.

3. Ярычев Н.У. Методологические основания разработки компетентностного подхода в современной педагогике // Мир науки, культуры, образования. 2025. № 1 (110). С. 76–77.

4. Частикова В.А., Псеуш А.Г. Интеллектуальный анализ данных при построении индивидуальных образовательных траекторий // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2021. № 2 (281). С. 66–71.

5. Мальтекбасов М.Ж., Прокофьева М.А., Ескендилов Б.Н., Нурбосынова Г.С. Особенности применения теории графов при проектировании образовательной траектории в вузе // Международный журнал экспериментального образования. 2014. № 1–1. С. 102–105.

6. Гафиятуллина А.Р., Торкунова Ю.В. Проблемы и методы построения индивидуальной образовательной траектории выпускника вуза в условиях индустрии 4.0 // Вестник РМАТ. 2023. № 1. С. 37–41.

7. Зыкова Т.В., Кытманов А.А., Носков М.В., Халтурин Е.А. Применение силового алгоритма визуализации графов для анализа учебных планов образовательных программ высшего образования // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2023. Т. 19, № 1. С. 104–116.

<https://doi.org/10.25559/SITITO.019.202301.104–116>. EDN KZHOWJ.

8. Зыкова Т.В., Вайнштейн Ю.В., Носков М.В. О графовой модели учебного плана образовательной программы // Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании: Матери-

алы VIII Международной научной конференции: в трех частях. Том Часть 1, Красноярск, 24–27 сентября 2024 года. Красноярск: Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, 2024. С. 109–113.

9. *Зыкова Т.В., Вайнштейн Ю.В., Носков М.В.* Моделирование и визуализация данных учебных планов образовательных программ. 2024.

10. *Халтурин Е.А. и др.* Программные методы обработки, анализа и визуализации учебных планов // *Russian Technological Journal*. 2026. Т. 14. № 2. С. 42–56.

11. *Ольгина И.Г.* Система поддержки принятия решений при выборе источников информации в сетях цитирования // *Электронные библиотеки*. 2025. Т. 28. № 1. С. 76–96.

12. *Bonacich P., Lloyd P.* Eigenvector-like measures of centrality for asymmetric relations // *Social Networks*. 2001. Vol. 23, No. 3. P. 191–201.
[https://doi.org/10.1016/s0378-8733\(01\)00038-7](https://doi.org/10.1016/s0378-8733(01)00038-7)

13. *Katz L.* A new status index derived from sociometric analysis // *Psychometrika*. 1953. Vol. 18, No. 1. P. 39–43. <https://doi.org/10.1007/bf02289026>

14. *Freeman L.C.* A Set of Measures of Centrality Based on Betweenness // *Sociometry*. 1977. Vol. 40, No. 1. P. 35–41. <https://doi.org/10.2307/3033543>

15. *Kleinberg J.M.* Authoritative sources in a hyperlinked environment // *Journal of the AC*. 1999. Vol. 46, No. 5. P. 604–632.
<https://doi.org/10.1145/324133.324140>

16. *Durand G., Belacel N., LaPlante F.* Graph theory based model for learning path recommendation // *Information Sciences*. 2013. P. 10–21.

17. *Landherr A., Friedl B., Heidemann A.* A Critical review of centrality measures in social networks // *Business and Information Systems Engineering*. 2010. Vol. 2, No. 6. P. 371–385. <https://doi.org/10.1007/s12599-010-0127-3>

18. *Das K., Samanta S., Pal M.* Study on centrality measures in social networks: a survey // *Social Network Analysis and Mining*. 2018. Vol. 8. Article number 13. 122. <https://doi.org/10.1007/s13278-018-0493-2>

19. *Дегтерев Д.А.* Сетевой анализ международных отношений // *Вестник С.-Петерб. ун-та. Сер. 6, Политология. Междунар. отношения*. 2015. № 4. С. 119–138.

20. *Bonacich P., Lloyd P.* Eigenvector-like measures of centrality for asymmetric relations // *Social Networks*. 2001. Vol. 23, No. 3. P. 191–201.

[https://doi.org/0.1016/S0378-8733\(01\)00038-7](https://doi.org/0.1016/S0378-8733(01)00038-7)

21. *Frąszczak D.* Identifying Network Propagation Sources Using Advanced Centrality Measures // *Entropy*. 2025. Vol. 27. No. 9. P. 948.

22. *Newman M.E.J., Girvan M.* Finding and Evaluating Community Structure in Networks // *Phys. Rev. E*. 2004. Vol. 69, No. 2. P. 026113 (15 pp.).

<https://doi.org/10.1103/PhysRevE.69.026113>

23. *Lancichinetti A., Fortunato S.* Limits of Modularity Maximization in Community Detection // *Phys. Rev. E*. 2011. V. 84. № 6. P. 066122 (8 pp.).

<https://doi.org/10.1103/PhysRevE.84.066122>

24. *Miasnikov P., Prokhorenkova L., Shestopaloff A.Y., Raigorodskii A.* A Statistical Test of Heterogeneous Subgraph Densities to Assess Clusterability // *Learning and Intelligent Optimization (13th Int. Conf. LION'13. Chania, Crete, Greece. May 27–31, 2019. Revised Selected Papers)*. *Lect. Notes Comput. Sci.* V. 11968. Cham: Springer, 2000. P. 17–29. https://doi.org/10.1007/978-3-030-38629-0_2

THE USE OF GRAPH MODELS OF CURRICULA FOR THE ANALYSIS OF EDUCATIONAL PROGRAMS IN HIGHER EDUCATION SPECIALTIES

D. A. Li¹ [0009-0001-0961-8021], I. G. Olgina² [0000-0002-9932-4552]

¹*Omsk State Technical University, Omsk, Russia*

²*Omsk Branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration Limited Liability Company «Neopoisk», Omsk, Russia*

¹li@satorydigital.ru, ²inna_olgina@mail.ru

Abstract

The design of curricula in the context of the dynamics of educational standards is shifting from a static set of disciplines to system modeling. This approach should take into account multilevel relationships and the logic of forming cross-cutting competencies. The purpose of the research is to create and test methodological tools for the analysis of educational programs of universities based on net-

work analysis methods. The curriculum is formalized in the form of an undirected graph, where the vertices are disciplines, and the edges are connections through common competencies. The work uses a multidimensional network analysis, including the calculation of centrality measures (degree, betweenness, closeness, eigenvector) and key topological metrics: density, modularity, diameter, and clustering coefficient. The empirical base was made up of data from the curricula of three universities in Omsk. The analysis revealed significant structural and topological differences in the architecture of educational programs due to their departmental affiliation and target training models. Network metrics make it possible to quantify the interdisciplinary connectivity and modularity of programs, which is not available for traditional approaches. The results obtained confirm the high diagnostic potential of network analysis for sound optimization of curricula and verification of compliance with professional competencies.

Keywords: *network analysis, academic disciplines, graph, social networks.*

REFERENCES

1. Golubovsky V.N. Theoretical and methodological foundations of advanced professional education: essence, functions and conditions of implementation // Psychological and pedagogical research. 2025. Vol. 17. No. 4. P. 232–243.
2. Mukanova S.D. Integration of subject and pedagogical competencies of continuous professional development in the structure of professional competence: methodological foundations // Bulletin of the Karaganda University Pedagogy series. 2023. Vol. 112. No. 4. P. 22–34.
3. Yarychev N.U. Methodological foundations of the development of a competence approach in modern pedagogy // The world of science, culture, education. 2025. № 1 (110). P. 76–77.
4. Chastikova V.A., Pseush A.G. Data mining in the construction of individual educational trajectories // Bulletin of the Adygea State University. Series 4: Natural, mathematical and technical sciences. 2021. № 2 (281). P. 66–71.
5. Maltekbasov M.J., Prokofieva M.A., Eskendirov B.N., Nurbosynova G.S. Features of graph theory application in the design of educational trajectory in higher education // International Journal of Experimental Education. 2014. No. 1–1. P. 102–105.

6. *Gafiyatullina A.R., Torkunova Yu.V.* Problems and methods of constructing an individual educational trajectory of a university graduate in the context of industry 4.0 // *Bulletin of the RMAT*. 2023. № 1. P. 37–41.

7. *Zykova T.V., Kytmanov A.A., Noskov M.V., Khalturin E.A.* Application of a power graph visualization algorithm for analyzing curricula of educational programs of higher education // *Modern information technologies and IT education*. 2023. Vol. 19, No. 1. P. 104–116. <https://doi.org/10.25559/SITITO.019.202301.104–116>. EDN KZHOWJ.

8. *Zykova T.V., Weinstein Yu.V., Noskov M.V.* On the graph model of the curriculum of an educational program // *Informatization of education and e-learning methods: digital technologies in education: Proceedings of the VIII International Scientific Conference: in three parts. Volume Part 1, Krasnoyarsk, September 24–27, 2024*. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafiev, 2024. P. 109–113.

9. *Zykova T.V., Vainshtein Yu.V., Noskov M.V.* Modeling and visualization of curriculum data for educational programs. 2024.

10. *Khalturin E.A. and others.* Software methods for processing, analyzing and visualizing curricula // *Russian Technological Journal*. 2026. Vol. 14. No. 2. P. 42–56.

11. *Holgina I.G.* Decision support system when choosing information sources in citation networks // *Electronic libraries*. 2025. Vol. 28. No. 1. P. 76–96.

12. *Bonacich P., Lloyd P.* Eigenvector-like measures of centrality for asymmetric relations // *Social Networks*. 2001. Vol. 23, No. 3. P. 191–201. [https://doi.org/10.1016/s0378-8733\(01\)00038-7](https://doi.org/10.1016/s0378-8733(01)00038-7)

13. *Katz L.* A new status index derived from sociometric analysis // *Psychometrika*. 1953. Vol. 18, No. 1. P. 39–43. <https://doi.org/10.1007/bf02289026>

14. *Freeman L.C.* A Set of Measures of Centrality Based on Betweenness // *Sociometry*. 1977. Vol. 40, No. 1. P. 35–41. <https://doi.org/10.2307/3033543>

15. *Kleinberg J.M.* Authoritative sources in a hyperlinked environment // *Journal of the AC*. 1999. Vol. 46, No. 5. P. 604–632. <https://doi.org/10.1145/324133.324140>

16. *Durand G., Belacel N., LaPlante F.* Graph theory based model for learning path recommendation // *Information Sciences*. 2013. P. 10–21.

17. Landherr A., Friedl B., Heidemann A. A Critical review of centrality measures in social networks // *Business and Information Systems Engineering*. 2010. Vol. 2, No. 6. P. 371–385. <https://doi.org/10.1007/s12599-010-0127-3>
18. Das K., Samanta S., Pal M. Study on centrality measures in social networks: a survey // *Social Network Analysis and Mining*. 2018. Vol. 8. Article number 13. 122. <https://doi.org/10.1007/s13278-018-0493-2>
19. Degterev D.A. Network analysis of international relations / D.A. Degterev // *Bulletin of St. Petersburg University, Series 6, Political Science. International relationships*. 2015. No. 4. P. 119–138.
20. Bonacich P., Lloyd P. Eigenvector-like measures of centrality for asymmetric relations // *Social Networks*. 2001. Vol. 23, No. 3. P. 191–201. [https://doi.org/10.1016/S0378-8733\(01\)00038-7](https://doi.org/10.1016/S0378-8733(01)00038-7)
21. Frąszczak D. Identifying Network Propagation Sources Using Advanced Centrality Measures // *Entropy*. 2025. Vol. 27. No. 9. P. 948.
22. Newman M.E.J., Girvan M. Finding and Evaluating Community Structure in Networks // *Phys. Rev. E*. 2004. Vol. 69, No. 2. P. 026113 (15 pp.). <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.69.026113>
23. Lancichinetti A., Fortunato S. Limits of Modularity Maximization in Community Detection // *Phys. Rev. E*. 2011. V. 84. № 6. P. 066122 (8 pp.). <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.84.066122>
24. Miasnikof P., Prokhorenkova L., Shestopaloff A.Y., Raigorodskii A. A Statistical Test of Heterogeneous Subgraph Densities to Assess Clusterability // *Learning and Intelligent Optimization (13th Int. Conf. LION'13. Chania, Crete, Greece. May 27–31, 2019. Revised Selected Papers)*. *Lect. Notes Comput. Sci.* V. 11968. Cham: Springer, 2000. P. 17–29. https://doi.org/10.1007/978-3-030-38629-0_2

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



ЛИ Данил Александрович – ассистент кафедры «Математические методы и информационные технологии в экономике» Омского государственного технического университета. Область научных интересов: сетевой анализ, теория графов, моделирование. Число научных публикаций – 3.

Danil Aleksandrovich LI – assistant at the Department of Mathematical Methods and Information Technologies in Economics at Omsk State Technical University. Research interests: network analysis, graph theory, modeling. The number of publications – 3.

email: li@satorydigital.ru

ORCID: 0009-0001-0961-8021



ОЛЬГИНА Инна Геннадьевна – канд. техн. наук, региональный директор по развитию ООО «Неопоиск», доцент кафедры экономики и управления Омского филиала Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации. Область научных интересов: теория графов, применение методов системного анализа для исследования сетей цитирования, цифровые технологии в работе библиотек. Число научных публикаций – 27.

Inna Gennadevna OLGINA – Regional Director for Development Limited Liability Company «Neopoisk», associate professor of the Department of Economics and Management Omsk Branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration. Research interests: graph theory, application of systems analysis methods for the citation networks research, digital technologies in the work of libraries. The number of publications – 27.

email: inna_olgina@mail.ru

ORCID: 0000-0002-9932-4552

Материал поступил в редакцию 2 июня 2026 года