

УДК 539.3:534:532.5

05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМ ОБУЧЕНИЯ ТЕОРИИ ГРАФОВ И ПОДХОДОВ К ИХ РЕШЕНИЮ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Анищик Татьяна Алексеевна
старший преподаватель
РИНЦ SPIN-код: 7310-5179

Гилязова Луиза Маратовна
студентка факультета Прикладной информатики

Коблянский Владимир Сергеевич
студент факультета Прикладной информатики

Корабельников Дмитрий Русланович
студент факультета Прикладной информатики
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Современная экономика предполагает непрерывное повышение уровня знаний, умений и практических навыков выпускников вузов, соответствующих постоянно совершенствующимся технологиям, включающим знания из ряда областей теоретико-прикладных наук. В статье исследуются интеграционные связи дисциплин, содержание предметной области которых связано с изучением и применением теории графов. Выбор области исследования обусловлен высокой степенью применимости теории графов в решении сложных практико-ориентированных задач современности. В работе рассмотрен ряд проблемных ситуаций в обучении одному из основных разделов базового курса дискретной математики – теории графов будущих специалистов в области IT-сферы и предложены подходы к их решению, например, включение вводной части курса теории графов в школьную программу к обязательному изучению, а не факультативно; внедрение интегрированных занятий в учебный курс с целью наглядной демонстрации тематических связей, что будет способствовать формированию представлений о применимости теории графов, как в будущей профессиональной деятельности, так и в изучении взаимосвязанных предметов во время учебы в вузе. В результате применения G-критерия знаков к порядковым связным данным выявлены положительные и отрицательные сдвиги значений признаков, что позволило применить один из методов непараметрической статистики. На всех этапах исследования показатели качества обучения имеют заметную степень тесноты корреляционной связи и статисти-

UDC 539.3:534:532.5

05.13.18 – Mathematical modeling, numerical methods and software packages (technical sciences)

RESEARCH OF GRAPH THEORY TEACHING PROBLEMS AND APPROACHES TO THEIR SOLUTION USING NONPARAMETRIC METHODS

Anishchik Tatyana Alekseevna
senior lecturer
RSCI SPIN-code: 7310-5179

Gilyazova Louise Maratovna
student of the Faculty of Applied Informatics

Koblyanskij Vladimir Sergeyevich
student of the Faculty of Applied Informatics

Korabelnikov Dmitry Ruslanovich
student of the Faculty of Applied Informatics
Kuban state agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia

The choice of the research area is due to the high degree of applicability of graphs in solving the most complex practical problems of our time, which are to be solved by university graduates. The article discusses problematic situations in teaching one of the main sections of the basic course of discrete mathematics for future IT specialists - graph theory, the content of which is noticeably overloaded with terminology, which significantly complicates the learning process. The authors propose a number of approaches to solving some problems: familiarization with the basics of graph theory in mathematics lessons would free up part of the study time in classes at universities, therefore, the introductory part of the graph theory course should be included in school curricula for compulsory study, and not optional; the volume of the subject area and the importance of graph theory in the training of highly qualified specialists require the allocation of a much larger amount of study time at the university in the volume of the annual course; the introduction of integrated classes into the training course for the purpose of visual demonstration of thematic connections should contribute to the formation of ideas about the applicability of graph theory, both in future professional activity and in the study of interrelated subjects during university studies. The study examines the results of mastering disciplines, the subject area of which includes the application of graph theory in solving practical problems. As a result of applying the G-criterion of signs to ordinal connected data, the similarity of the values of signs was revealed. The study of the data by nonparametric statistics methods showed that at all stages, the indicators of learning quality have

чески значимы на уровне 95 %. Рассматриваемые дисциплины имеют интеграционные связи, которые способствуют реализации основных функций обучения, осуществляемых во взаимосвязи

a noticeable and high degree of correlation closeness and are statistically significant at the level of 95%. This means that the disciplines whose content is related to graph theory have an integration relationship

Ключевые слова: ОБУЧЕНИЕ, ТЕОРИЯ ГРАФОВ, ДИСКРЕТНАЯ МАТЕМАТИКА, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ, НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ, МЕТОД РАНГОВОЙ КОРРЕЛЯЦИИ СПИРМЕНА

Keywords: TEACHING, GRAPH THEORY, DISCRETE MATHEMATICS, INTERMEDIATE CERTIFICATION, NONPARAMETRIC CRITERIA, SPEARMAN'S RANK CORRELATION METHOD

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-177-001>

Введение

Современная экономика предполагает непрерывное повышение уровня знаний, умений и практических навыков выпускников вузов, соответствующих постоянно совершенствующимся технологиям, включающим знания из ряда областей теоретико-прикладных наук. Бурное развитие дискретной математики обусловлено прогрессом компьютерных технологий, необходимостью создания средств обработки и передачи информации, а также представления различных моделей на компьютерах, являющихся по своей природе конечными структурами. Большинство задач исследования операций (распределение ресурсов, сетевое планирование и управление, календарное планирование) описываются математическими моделями дискретного программирования [1]. В настоящем теория графов, являющаяся одним из основных разделов курса дискретной математики, интенсивно применяется в решении сложнейших практико-ориентированных задач современности, например, при проектировании и моделировании объектов робототехники, искусственного интеллекта и компьютерных сетей; создании новых материалов, обладающих заданными свойствами в нанотехнологиях; обработке больших данных, представлении нейронных сетей. Значительное прикладное значение теории графов основано, во-первых, на утверждении, что с помощью графов можно описать любую систему, предполагающую наличие дискретных состояний или наличие узлов (вер-

шин) и переходов между ними [7]; во-вторых, на эффективном применении алгоритмов теории графов к решению широкого класса задач.

Основными задачами лабораторно-практического курса обучения являются получение умений и отработка навыков по осваиванию способов задания и представления графов в памяти ПК; определению инвариантов и метрических характеристик, обходу контуров графа с целью определения путей, маршрутов, цепей и циклов; установлению степеней связности и вычислению компонент связности с целью определения мостов, блоков и точек сочленения; изучению алгоритмов по установлению изоморфизма графов; выполнению операций над графами; идентификации Эйлеровых и Гамильтоновых графов [4-6]. Содержание теории графов в высшей степени перегружено терминологией, что значительно затрудняет процесс обучения. В результате успешного осваивания курса теории графов обучающиеся получают лишь знания на уровне базовых понятий и теорем; приобретают умения и навыки в решении типовых и некоторых практико-ориентированных задач, например, по применению взвешенных графов к решению задач об определении наибольшего потока в транспортной сети по алгоритму, предложенному Фордом и Фалкерсоном.

Решение важных практико-ориентированных задач связано с применением определенных классов графов, например, планарных (раскраска карты, проектирование электронных плат) и двудольных графов (моделирование динамических дискретных систем с помощью сетей Петри, применение графов Таннера в теории кодирования); с понятиями вершинной и реберной связности (определение надежности коммуникационных сетей). Таким образом, объемность и значимость теории графов в подготовке высококвалифицированных специалистов обуславливают выделение значительно большего объема учебного времени, как минимум, в объеме годового курса.

Параллельно с изучением курса дискретной математики первокурсники осваивают дисциплину «Технологии программирования», решение непростых задач которой связано с применением теории графов, например, задача визуализации графов, в особенности планарных с произвольным количеством вершин средствами языка программирования, изучение которого только начато в текущем семестре. Выходом из проблемной ситуации является самообразование обучающихся, что проблематично для первокурсников, не имеющих навыков самостоятельной работы.

Внедрение интегрированных занятий в учебный курс с целью наглядной демонстрации тематических межпредметных связей должно способствовать формированию представлений о применимости теории графов, как в будущей профессиональной деятельности, так и в изучении взаимосвязанных предметов во время учебы в вузе [17]. Например, в курсе «Технологии программирования» и «Алгоритмы и структуры данных» содержатся задачи по обработке динамических структур данных, представленных в виде деревьев, поэтому предполагается наличие знаний и навыков у обучающихся по выполнению операций обхода деревьев, вставке, удалению и поиску элементов. В курсе «Компьютерные системы» содержатся задачи, связанные с применением графов к моделированию компьютерных сетей на основе алгоритмов Дейкстры и Флойда, поэтому предполагается наличие знаний и навыков у обучающихся по представлению взвешенных графов в памяти ПК и вычислению кратчайших путей. Решение произвольной нетиповой задачи из межпредметной области основано на опыте решения серии типовых задач из внутрикурсовой и внутрипредметной областей, то есть на применении знаний, умений и воспроизведении полученного опыта из ранее рассмотренных типовых ситуаций [8, с.179]. К сожалению, только на старших курсах обучающимся становится понятно, что, во-первых, графы имеют большое практическое применение,

во-вторых, не хватает знаний базового курса дискретной математики и навыков их применения.

Курс дискретной математики является базовым для будущих специалистов в области информационных технологий и основывается на знаниях, умениях и навыках, полученных при изучении математики, как школьного курса, так и высшей математики; математических и логических основ информатики [4, с.74; 9]. Некоторые разделы теории графов, в лучшем случае, целенаправленно изучаются в школах при подготовке к олимпиадам по математике и информатике. Элективные курсы по теории графов считаются начальным этапом научно-исследовательской работы школьников [11]. Опрос учителей математики показал, что основной причиной редкого использования теории графов на уроках математики в основной школе является отсутствие эффективной методики обучения данной теме (45 %), отсутствие мотивации к обучению (25 %) и отсутствие времени на изучение (30 %) [3, с.195]. Процесс изучения элементов теории графов на уроках математики должен способствовать формированию и развитию абстрактного и логического мышления школьников, жизненно необходимого всем, а в первую очередь, будущим программистам. Вводную часть курса теории графов следует включить в школьные программы для обязательного изучения, а не факультативно, что может привести к освобождению части учебного времени в курсе дискретной математики. Это будет способствовать решению проблемы отбора оптимального объема теоретического материала для лекций и практических заданий для лабораторных работ [16].

Проблемы в освоении курса дискретной математики у обучающихся часто связаны с недостаточно осознанным выбором профессионального направления при поступлении в вуз, слабой математической подготовкой, особенно вследствие обучения в классах гуманитарной направленности [15, 18]. В результате в вуз приходят абитуриенты, сильно разли-

чающиеся по уровню математической подготовки, успешность обучения которых сложно прогнозируема [14]. Повышение качества проведения занятий сложно выполнимо без налаживания коммуникации между преподавателями и обучающимися [13], что потребует приложения мотивированных усилий с обеих сторон.

Актуальность исследования связана с попыткой обозначения проблем осваивания обучающимися теории графов в вузах и в применении статистических методов для проведения исследования интеграционных связей дисциплин, предметная область которых включает применение теории графов в решении практических задач.

В исследовании изучаются итоги осваивания дисциплин, Задачами исследования являются:

1. Провести подготовку исходных данных и распределить их по этапам исследования.
2. Выполнить анализ исходных данных, обосновать выбор методов и программных средств решения проблемы.
3. Оценить достоверность сдвига в значениях исследуемого признака с помощью статистического критерия.
4. Оценить значимость установления связи исследуемых данных с помощью методов корреляционного анализа.
5. Определить статистическую значимость параметров исследуемых данных.
6. Провести анализ результатов исследования.

1. Подготовка исходных данных

Объем генеральной совокупности составил данные трех групп обучающихся на факультете прикладной информатики очной формы обучения, направления 09.03.02 Информационные системы Кубанского государственного аграрного университета имени И. Т. Трубилина, обучающихся в 2019-2020 и 2020-2021 учебном году. Объектом исследования являются

оценки 75 обучающихся (n), полученные в результате проведения промежуточных аттестаций (экзаменов) по ряду дисциплин:

- *предмет 1*. Дискретная математика (1 семестр);
- *предмет 2*. Технологии программирования (2 семестр);
- *предмет 3*. Алгоритмы и структуры данных (3 семестр);
- *предмет 4*. Компьютерные системы (4 семестр).

Отбор результатов освоения дисциплин обусловлен временными параметрами (в течение первого и второго курса), тематической связью – содержание предметной области которых связано с теорией графов и вариантами сравнения данных (1 группа: этапы 1, 2 и 3; 2 группа: этапы 4, 5 и 6). В результате проведенного отбора данные распределились по группам и этапам исследования следующим образом:

- *группа 1*. Сравнение предмета 1 с предметами 2, 3 и 4:
 - *этап 1*. Итоги первой и второй промежуточных аттестаций по предметам 1 и 2;
 - *этап 2*. Итоги первой и третьей промежуточных аттестаций по предметам 1 и 3;
 - *этап 3*. Итоги первой и четвертой промежуточных аттестаций по предметам 1 и 4;
- *группа 2*. Сравнение предметов 2, 3 и 4 между собой:
 - *этап 4*. Итоги второй и третьей промежуточных аттестаций по предметам 2 и 3;
 - *этап 5*. Итоги второй и четвертой промежуточных аттестаций по предметам 2 и 4.
 - *этап 6*. Итоги третьей и четвертой промежуточных аттестаций по предметам 3 и 4.

Обозначим фактор X – результаты первой аттестации, отклик Y – итоги второй аттестации. Таким образом, потребуется проведение анализа

и установление характера связи n пар переменных $x_i \in X$ и $y_i \in Y$, $i = 1, \dots, n$, относящихся к одной и той же выборке в разные моменты времени.

2 Анализ исходных данных, обоснование выбора метода решения проблемы и выбора программного средства

Исследуемые данные относятся к порядковой количественной шкале, поэтому не требуется определение нормальности распределения данных; являются связанными и однородными, поскольку измерения произведены в одной и той же группе в разные моменты времени. Таким образом, потребуется применение одного из непараметрических критериев с целью анализа пар связанных данных, относящихся к порядковой количественной шкале.

Наиболее простым по выполнению расчетов и возможностью исследования порядковых количественных данных с объемом выборки от 5 до 300 элементов при условии, что их разность находится в интервале $[-3; 3]$ является непараметрический G -критерий знаков.

Выбор программной среды для выполнения расчетов – табличного процессора *MS Excel* обусловлен его основными преимуществами.

3 Оценка достоверности сдвига в значениях исследуемого признака

Сформулируем гипотезы:

H_0 : в состоянии изучаемого признака нет значимых различий при первичном и вторичном измерениях.

H_1 : законы распределения величин x и y различны, т. е. состояния изучаемого признака существенно различаются.

Рассмотрим выполнение вычислений по алгоритму G -критерия знаков:

1. Составляется таблица значений из двух выборок $x_i \in X$, $y_i \in Y$, $i = 1, \dots, n$.

2. Вычисляется разность значений: $y_i - x_i$, $i = 1, \dots, n$ для каждого этапа исследования.

3. Подсчитывается количество положительных, отрицательных и ненулевых сдвигов в строке. Сдвиг с наибольшим значением принимается за типичный сдвиг, а количество нетипичных сдвигов принимается в качестве эмпирического значения критерия ($G_{\text{эмп.}}$).

4. Определяются критическое значение $G_{\text{табл.1}}$ для уровня значимости $p \leq 0,05$ и $G_{\text{табл.2}}$ – для $p \leq 0,01$ по известной таблице критических значений G -критерия знаков.

5. Величина $G_{\text{эмп.}}$ сравнивается с критическими значениями, в результате чего с учетом уровня значимости принимается либо отвергается одна из выдвинутых гипотез. Если неравенство $G_{\text{эмп.}} \leq G_{\text{табл.1}}$ верно, то отвергается гипотеза H_0 и принимается гипотеза H_1 .

В результате анализа полученных данных таблицы 1 установлено, что величины сдвигов находятся в интервале $[-2; 2]$, что означает выполнение одного из условий применимости G -критерия знаков.

В данном исследовании типичными считаются сдвиги с отрицательной разностью оценок, нетипичными – с положительной. Итоги вычислений с применением G -критерия знаков занесены в таблицу 2.

На всех этапах исследования количество ненулевых сдвигов превышает значение 5, а величины типичного и нетипичного сдвигов не совпадают. Таким образом, соблюдены все ограничения G -критерия знаков. Следовательно, G -критерий знаков применим ко всем этапам обработки данных.

Таблица 1 – Результаты расчета сдвигов¹

Элементы выборки	Группа 1			Группа 2		
	Этап 1	Этап 2	Этап 3	Этап 4	Этап 5	Этап 6
1	0	0	1	0	1	1
2	0	1	0	1	0	-1
3	0	1	0	1	0	-1
4	-1	0	0	1	1	0
5	-1	-1	-1	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	-1	0	0	1	1	0
8	0	-1	-1	-1	-1	0
9	0	0	0	0	0	0
10	-1	-1	-1	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0
12	-1	0	-1	1	0	-1
13	-1	-1	-2	0	-1	-1
14	-1	-1	-1	0	0	0
15	-2	0	-2	2	0	-2
16	-1	0	-1	1	0	-1
17	0	0	-1	0	-1	-1
18	-1	-1	-1	0	0	0
19	1	0	-1	-1	-2	-1
20	0	0	0	0	0	0
21	1	1	0	0	-1	-1
22	0	0	0	0	0	0
23	1	0	1	-1	0	1
24	0	0	0	0	0	0
25	1	0	0	-1	-1	0
26	0	0	0	0	0	0
27	-1	0	-1	1	0	-1
28	1	1	0	0	-1	-1
29	0	1	0	1	0	-1
30	1	1	1	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0
32	-1	0	-1	1	0	-1
33	1	0	1	-1	0	1
34	1	0	0	-1	-1	0
35	-1	-1	-1	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0
37	1	1	0	0	-1	-1
38	-1	0	0	1	1	0
39	-1	0	-1	1	0	-1
40	0	0	0	0	0	0
41	-1	0	0	1	1	0
42	0	0	-1	0	-1	-1
43	1	1	1	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0
45	1	1	0	0	-1	-1
46	0	0	0	0	0	0
47	0	-1	0	-1	0	1
48	0	0	0	0	0	0
49	1	0	0	-1	-1	0
50	0	1	1	1	1	0
51	0	-1	0	-1	0	1
52	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0
54	1	1	1	0	0	0
55	-1	-1	-1	0	0	0
56	0	1	0	1	0	-1
57	0	0	0	0	0	0
58	0	1	1	1	0	0
59	0	1	0	1	0	-1
60	0	-1	0	-1	0	1
61	1	1	1	0	0	0
62	0	1	1	1	1	0
63	-1	-1	-1	0	0	0
64	0	1	-1	1	-1	-2
65	0	0	0	0	0	0
66	1	1	1	0	0	0
67	0	0	1	0	1	1
68	0	-1	0	-1	0	1
69	-1	0	-1	1	0	-1
70	-1	0	-1	1	0	-1
71	-1	-1	0	0	1	1
72	0	1	1	1	1	0
73	0	0	0	0	0	0
74	0	-1	0	-1	0	1
75	0	0	0	0	0	0

Таблица 2 – Результаты расчета параметров этапов исследования

Параметры	Группа 1			Группа 2		
	Этап 1	Этап 2	Этап 3	Этап 4	Этап 5	Этап 6
Сдвиги:						
- положительные	15	19	13	22	11	10
- отрицательные	21	15	21	12	13	22
- ненулевые	36	34	34	34	24	32
- нулевые	39	41	41	41	51	43
Показатели:						
- $G_{Эмп.}$	15	15	13	12	11	10
- $G_{Табл.1}$	12	11	11	11	7	10
- $G_{Табл.2}$	10	9	9	9	5	8
Направление типичного сдвига	-	+	-	+	-	-

Анализ значений параметров таблицы 2 выявил:

¹ Таблицу следует просматривать в увеличенном масштабе

– на всех этапах: количество нулевых сдвигов превышает ненулевые, что свидетельствует о стабильности результатов освоения дисциплин большинством обучающихся;

– на этапах 1, 3, 5 и 6: типичный сдвиг с отрицательным направлением и $G_{\text{эмп.}} \geq G_{\text{табл.1}}$. Количество нетипичных сдвигов мало, преобладание типичного сдвига является неслучайным. Следовательно, типичный сдвиг является статистически достоверным. На уровне значимости $p = 0,05$ отвергается гипотеза H_1 и принимается H_0 об отсутствии различий при первичном и вторичном измерениях. Сдвиг с отрицательным направлением означает ухудшение показателей успеваемости на этих этапах у меньшинства обучающихся;

– на этапах 2 и 4: типичный сдвиг с положительным направлением и $G_{\text{эмп.}} > G_{\text{табл.1}}$, что свидетельствует о большом количестве нетипичных сдвигов, преобладание типичного сдвига является случайным. Следовательно, типичный сдвиг не является статистически достоверным. На уровне значимости $p = 0,05$ отвергается гипотеза H_0 и принимается H_1 о наличии различий при первичном и вторичном измерениях. Сдвиг с положительным направлением означает улучшение состояния знаний у меньшинства обучающихся после проведения предыдущей аттестации, но оно существенно не изменилось;

Применение статистического G -критерия знаков позволило достаточно качественно проследить динамику изменения успеваемости. Наличие положительных и отрицательных сдвигов данных является основанием для применения в исследовании одного из методов корреляции.

4 Оценка значимости установления связи исследуемых данных с помощью методов корреляционного анализа

В качестве метода корреляционного анализа выбран непараметрический метод ранговой корреляции Спирмена, ограничениями в применении которого считаются: принадлежность данных к количественной шкале, для

2-х и более переменных с размерностью выборки, превышающей 10 элементов. Метод основан на выполнении процедуры ранжирования, предусматривающей определение порядка элементов в выборке по их значению (рангу). Выбор непараметрических методов статистики обусловлен их существенными преимуществами [2].

Рассмотрим алгоритм метода ранговой корреляции Спирмена:

1. Заполняется таблица значений выборок: $x_i \in X, y_i \in Y, i = 1, \dots, n$.
2. Выполняется процедура ранжирования выборочных данных.
3. Вычисляется значение коэффициента корреляции рангов Спирмена ρ по формуле:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)},$$

где d_i – разность рангов;

n – размерность выборки.

Результат выполнения процедуры ранжирования данных (матрица рангов) представлен в таблице 3.

Анализ данных таблицы 3 выявил совпадающие значения рангов, поэтому необходимо рассчитать истинный ранг (поправочный коэффициент), вычисляемый по формуле:

$$(n + 1 - \text{РАНГ(ячейка; диапазон; 0)} - \text{РАНГ(ячейка; диапазон; 1)})/2,$$

где n – размерность выборки.

Правильность заполнения матрицы рангов проверяется путем сравнения сумм значений истинных рангов по столбцам и контрольной суммы:

$$\sum x_i = \frac{(n+1)n}{2} = \frac{(75+1)75}{2} = 2850,$$

где n – размерность выборки,

x_i – значение истинного ранга, $i = 1, \dots, n$.

Таблица 3 – Матрица рангов²

Но- мер	Предмет 1		Предмет 2		Предмет 3		Предмет 4	
	Ранг	Истинный ранг	Ранг	Истинный ранг	Ранг	Истинный ранг	Ранг	Истинный ранг
1	12	28,5	11	32	8	26,5	52	63,5
2	12	28,5	11	32	46	60,5	15	33
3	1	6	1	5,5	8	26,5	1	7,5
4	46	60,5	11	32	46	60,5	52	63,5
5	12	28,5	1	5,5	1	4	1	7,5
6	46	60,5	54	64,5	46	60,5	52	63,5
7	46	60,5	11	32	46	60,5	52	63,5
8	46	60,5	54	64,5	8	26,5	15	33
9	12	28,5	11	32	8	26,5	15	33
10	46	60,5	11	32	8	26,5	15	33
11	46	60,5	54	64,5	46	60,5	52	63,5
12	12	28,5	1	5,5	8	26,5	1	7,5
13	46	60,5	11	32	8	26,5	1	7,5
14	46	60,5	11	32	8	26,5	15	33
15	46	60,5	1	5,5	46	60,5	1	7,5
16	46	60,5	11	32	46	60,5	15	33
17	12	28,5	11	32	8	26,5	1	7,5
18	46	60,5	11	32	8	26,5	15	33
19	12	28,5	54	64,5	8	26,5	1	7,5
20	46	60,5	54	64,5	46	60,5	52	63,5
21	12	28,5	54	64,5	46	60,5	15	33
22	12	28,5	11	32	8	26,5	15	33
23	1	6	11	32	1	4	15	33
24	46	60,5	54	64,5	46	60,5	52	63,5
25	12	28,5	54	64,5	8	26,5	15	33
26	46	60,5	54	64,5	46	60,5	52	63,5
27	46	60,5	11	32	46	60,5	15	33
28	1	6	11	32	8	26,5	1	7,5
29	12	28,5	11	32	46	60,5	15	33
30	1	6	11	32	8	26,5	15	33
31	46	60,5	54	64,5	46	60,5	52	63,5
32	46	60,5	11	32	46	60,5	15	33
33	12	28,5	54	64,5	8	26,5	52	63,5
34	1	6	11	32	1	4	1	7,5
35	46	60,5	11	32	8	26,5	15	33
36	46	60,5	54	64,5	46	60,5	52	63,5
37	1	6	11	32	8	26,5	1	7,5
38	12	28,5	1	5,5	8	26,5	15	33
39	46	60,5	11	32	46	60,5	15	33
40	46	60,5	54	64,5	46	60,5	52	63,5
41	12	28,5	1	5,5	8	26,5	15	33
42	12	28,5	11	32	8	26,5	1	7,5
43	1	6	11	32	8	26,5	15	33
44	12	28,5	11	32	8	26,5	15	33
45	12	28,5	54	64,5	46	60,5	15	33
46	46	60,5	54	64,5	46	60,5	52	63,5
47	12	28,5	11	32	1	4	15	33
48	46	60,5	54	64,5	46	60,5	52	63,5
49	12	28,5	54	64,5	8	26,5	15	33
50	12	28,5	11	32	46	60,5	52	63,5
51	12	28,5	11	32	1	4	15	33
52	12	28,5	11	32	8	26,5	15	33
53	12	28,5	11	32	8	26,5	15	33
54	12	28,5	54	64,5	46	60,5	52	63,5
55	46	60,5	11	32	8	26,5	15	33
56	12	28,5	11	32	46	60,5	15	33
57	12	28,5	11	32	8	26,5	15	33
58	12	28,5	11	32	46	60,5	52	63,5
59	1	6	1	5,5	8	26,5	1	7,5
60	46	60,5	54	64,5	8	26,5	52	63,5
61	12	28,5	54	64,5	46	60,5	52	63,5
62	1	6	1	5,5	8	26,5	15	33
63	46	60,5	11	32	8	26,5	15	33
64	12	28,5	11	32	46	60,5	15	33
65	46	60,5	54	64,5	46	60,5	52	63,5
66	1	6	11	32	8	26,5	15	33
67	12	28,5	11	32	8	26,5	52	63,5
68	12	28,5	11	32	1	4	15	33
69	46	60,5	11	32	46	60,5	15	33
70	12	28,5	1	5,5	8	26,5	1	7,5
71	46	60,5	11	32	8	26,5	52	63,5
72	12	28,5	11	32	46	60,5	52	63,5
73	1	6	1	5,5	1	4	1	7,5
74	46	60,5	54	64,5	8	26,5	52	63,5
75	12	28,5	11	32	8	26,5	15	33
Σ		2850		2850		2850		2850

Матрица рангов составлена верно, поскольку выявлено совпадение сумм истинных рангов и контрольной суммы. Итоги выполнения расчета коэффициентов Спирмена занесены в таблицу 4.

5 Определение статистической значимости параметров исследуемых данных

Для проверки значимости коэффициента ранговой корреляции Спирмена на уровне значимости $p = 0,05$ формулируют две гипотезы:

² Таблицу следует просматривать в увеличенном масштабе.

H_0 : об отсутствии связи между факторным и результативным признаками, то есть $\rho = 0$.

H_1 : о наличии связи между факторным и результативным признаками, то есть $\rho \neq 0$.

Для проверки гипотез вычисляется расчетное значение критерия Стьюдента T_p по формуле:

$$T_p = \rho \frac{\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-\rho^2}},$$

где n – объем выборки.

Считается, что если $T_p > T_{табл.}$, то отвергается H_0 : об отсутствии связи между факторным и результативным признаками на уровне $p = 0,05$ (таблица 4).

Таблица 4 – Расчетная таблица

Показатели, обозначения	Группа 1			Группа 2		
	Этап 1	Этап 2	Этап 3	Этап 4	Этап 5	Этап 6
Коэффициент Спирмена, ρ	0,5244	0,5757	0,5541	0,538	0,6858	0,6096
Расчетное значение, T_p .	5,2618	6,0151	5,6872	5,4524	8,05	6,5707

По таблице критических значений t -критерия Стьюдента определяется значение: $t(0,95; 73) = 1,993$.

В результате анализа расчетных данных таблицы 4 выявлено:

– на всех этапах $T_p > T_{табл.}$. Следовательно, гипотеза H_0 отвергается и принимается H_1 : о наличии связи между факторным и результативным признаками. Это означает, что между качественными признаками существует статистически значимая ранговая корреляционная связь и коэффициент Спирмена статистически значим;

– на этапах 5 и 6 группы 2 величина коэффициента Спирмена заметно выше, что означает более высокую степень корреляционной связи предметов 2, 3 и 4.

6 Анализ результатов исследования

В работе исследовались итоги промежуточных аттестаций дисциплин, содержание предметной области которых связано с изучением и применением теории графов в течение четырех учебных семестров.

На всех этапах исследования:

– в результате применения G -критерия знаков выявило, что количество нулевых сдвигов превышает ненулевые, что свидетельствует о стабильности результатов освоения дисциплин большинством обучающихся;

– в результате применения метода ранговой корреляции выявлено, что значение коэффициента Спирмена находится в интервале (0,5; 0,7) поэтому характер тесноты связи данных по таблице Чеддока определен как «заметный». Это означает, что оценка знаний обучаемых по итогам промежуточных аттестаций различается, но несущественно;

– выявлены положительные значения коэффициентов ранговой корреляции Спирмена, что означает: при возрастании значения одной из переменных другая имеет тенденцию в среднем возрастать [12], между данными – связь прямая.

Выводы

Исследование выборочных данных методами непараметрической статистики показало, что на всех этапах показатели качества обучения имеют заметную степень тесноты корреляционной связи и статистически значимы на уровне 95 %. Это подтверждает вывод о том, что у дисциплин, содержание предметной области которых связано с теорией графов, выявлена интеграционная связь, которая способствует реализации основных функций обучения, осуществляемых во взаимосвязи.

Литература

1. Андреев И. В. Применение дискретной математики в программировании // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 3-1. URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=18195> (дата обращения: 20.09.2021).
2. Андреева В. А., Будлянская А. В., Елфимова М. О., Кошевой О. С. Общая характеристика непараметрических методов оценки статистической связи // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2013. №3 (7). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obschaya-harakteristika-neparametricheskih-metodov-otsenki-statisticheskoy-svyazi> (дата обращения: 10.09.2021).
3. Аскандарова, З. Н. О проблеме использования элементов теории графов в школьном курсе математики / З. Н. Аскандарова // Молодой ученый. – 2019. – № 6 (244). – С. 195-197. – URL: <https://moluch.ru/archive/244/56329/> (дата обращения: 07.10.2021).
4. Анищик, Т. А. Дискретная математика: множества и графы : Учебное пособие / Т. А. Анищик. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – 96 с. – ISBN 978-5-907247-68-0.
5. Анищик, Т. А. Дискретная математика. Элементы теории графов : практикум / Т. А. Анищик. – Краснодар : КубГАУ, 2020. – 79 с. DOI: 10.13140/RG.2.2.18828.13447.
6. Анищик, Т. А. Дискретная математика. Классы графов : практикум / Т. А. Анищик. – Краснодар : КубГАУ, 2020. – 65 с. DOI: 10.13140/RG.2.2.20594.43207.
7. Анищик, Т. А. Практикум по дискретной математике : Учебно-методическое пособие / Т. А. Анищик, Г. А. Аршинов. – Краснодар : КубГАУ, 2007. – 70 с.
8. Анищик, Т. А. Основные этапы обучения программированию в вузе / Т. А. Анищик // Современные информационные технологии в образовании: матер. XXIX междунар. конф. – М. : ПЦ Московского издательско-полиграфического колледжа им. И. Федорова, 2018. – С. 178–180.
9. Анищик, Т. А. Информатика : Учебно-методическое пособие / Т. А. Анищик. – Краснодар : КубГАУ, 2008. – 145 с.
10. Григорьевский Л. Б., Фрейберг С. А., Полкова А. В. Интеграционный подход в преподавании дисциплин инженерно-графического цикла // Вестник ЮУрГПУ. 2010. №8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/integratsionnyu-podhod-v-prepodavanii-distsiplin-inzhenerno-graficheskogo-tsikla> (дата обращения: 11.10.2021).
11. Жмурова, И. Ю. Элективный курс «Эйлеровы графы» как средство реализации интеграционных связей математики / И. Ю. Жмурова, Л. А. Коршунова // Молодой ученый. – 2013. – № 5 (52). – С. 689-691. – URL: <https://moluch.ru/archive/52/6906/> (дата обращения: 12.01.2022).
12. Кондратенко, Л. Н. Математика и математическая статистика : Учебное пособие / Л. Н. Кондратенко, Н. А. Соловьева. – Краснодар : КубГАУ, 2021. – ISBN 978-5-907430-06-8.
13. Лукьяненко, Т. В. Информатизация вуза как средство коммуникации между преподавателями и обучающимися / Т. В. Лукьяненко // Высшее образование в аграрном вузе: проблемы и перспективы : сб. статей по матер. учеб.-метод. конф., Краснодар, 05 апреля 2018 года / Отв. за вып. Д. С. Лилякова. – Краснодар : КубГАУ, 2018. – С. 243-246.
14. Лукьяненко, Т. В. Прогнозирование результатов обучения / Т. В. Лукьяненко // Итоги научно-исследовательской работы за 2017 год : сб. статей по матер. 73-й науч.-практ. конф. преподавателей, Краснодар, 14 марта 2018 года. – Краснодар : КубГАУ, 2018. – С. 405-406.
15. Соловьева, Н. А. О проблемах трудоустройства молодых специалистов и путях их решений / Н. А. Соловьева, О. В. Панферова // Теория и практика современной аграрной науки : Сб. IV национальной (всероссийской) научной конф. с международ-

ным участием, Новосибирск, 26 февраля 2021 года / Новосибирский государственный аграрный университет. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2021. – С. 1335-1338.

16. Сухан, И. В. Элементы теории графов в курсе дискретной математики / И. В. Сухан, О. В. Иванисова, Г. Г. Кравченко // Педагогика высшей школы. – 2016. – № 3 (6). – С. 44-47. – URL: <https://moluch.ru/th/3/archive/43/1176/> (дата обращения: 05.01.2022).

17. Анищик, Т. А. Исследование тематических связей как средства реализации принципа политехнизма с применением статистических методов (часть 1) / Т. А. Анищик, Д. Р. Корабельников // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 175. – С. 1-21. – DOI 10.21515/1990-4665-175-001.

18. Шарикова Т. Г., Макушева Г. Н., Шавандина О. А., Харинова О. В. Исследование проблем обучения в техническом вузе посредством непараметрических методов корреляции // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – № 3. ;URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=28915> (дата обращения: 10.11.2021).

References

1. Andreev I. V. Primenenie diskretnoj matematiki v programmirovanii // Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik. – 2018. – № 3-1. URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=18195> (data obrashhenija: 20.09.2021).

2. Andreeva V. A., Budljanskaja A. V., Elfimova M. O., Koshevoj O. S. Obshhaja harakteristika neparametricheskikh metodov ocenki statisticheskoy svyazi // Modeli, sistemy, seti v jekonomike, tehnikе, prirode i obshhestve. 2013. №3 (7). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obschaya-harakteristika-neparametricheskikh-metodov-otsenki-statisticheskoy-svyazi> (data obrashhenija: 10.09.2021).

3. Askandarova, Z. N. O probleme ispol'zovanija jelementov teorii grafov v shkol'nom kurse matematiki / Z. N. Askandarova // Molodoj uchenyj. – 2019. – № 6 (244). – S. 195-197. – URL: <https://moluch.ru/archive/244/56329/> (data obrashhenija: 07.10.2021).

4. Anishhik, T. A. Diskretnaja matematika: mnozhestva i grafy : Uchebnoe posobie / T. A. Anishhik. – Krasnodar : KubGAU, 2019. – 96 s. – ISBN 978-5-907247-68-0.

5. Anishhik, T. A. Diskretnaja matematika. Jelementy teorii grafov : praktikum / T. A. Anishhik. – Krasnodar : KubGAU, 2020. – 79 s. DOI: 10.13140/RG.2.2.18828.13447.

6. Anishhik, T. A. Diskretnaja matematika. Klassy grafov : praktikum / T. A. Anishhik. – Krasnodar : KubGAU, 2020. – 65 s. DOI: 10.13140/RG.2.2.20594.43207.

7. Anishhik, T. A. Praktikum po diskretnoj matematike : Uchebno-metodicheskoe posobie / T. A. Anishhik, G. A. Arshinov. – Krasnodar : KubGAU, 2007. – 70 s.

8. Anishhik, T. A. Osnovnye jetapy obuchenija programmirovaniju v vuze / T. A. Anishhik // Sovremennye informacionnye tehnologii v obrazovanii: mater. XXIX mezhdunar. konf. – M. : PC Moskovskogo izdatel'sko-poligraficheskogo kolledzha im. I. Fedorova, 2018. – S. 178–180.

9. Anishhik, T. A. Informatika : Uchebno-metodicheskoe posobie / T. A. Anishhik. – Krasnodar : KubGAU, 2008. – 145 s.

10. Grigorevskij L. B., Frejberg S. A., Polkova A. V. Integracionnyj podhod v prepodavanii disciplin inzhenerno-graficheskogo cikla // Vestnik JuUrGGPU. 2010. №8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/integratsionnyy-podhod-v-prepodavanii-distsiplin-inzhenerno-graficheskogo-tsikla> (data obrashhenija: 11.10.2021).

11. Zhmurova, I. Ju. Jelektivnyj kurs «Jejlerovy grafy» kak sredstvo realizacii integracionnyh svyazej matematiki / I. Ju. Zhmurova, L. A. Korshunova // Molodoj uchenyj. –

2013. – № 5 (52). – S. 689-691. – URL: <https://moluch.ru/archive/52/6906/> (data obrashhenija: 12.01.2022).

12. Kondratenko, L. N. Matematika i matematicheskaja statistika : Uchebnoe po-sobie / L. N. Kondratenko, N. A. Solov'eva. – Krasnodar : KubGAU, 2021. – ISBN 978-5-907430-06-8.

13. Luk'janenko, T. V. Informatizacija vuza kak sredstvo kommunikacii mezhdru prepodavateljami i obuchajushhimisja / T. V. Luk'janenko // Vysshee obrazovanie v agrarnom vuze: problemy i perspektivy : sb. statej po mater. ucheb.-metod. konf., Krasnodar, 05 aprelja 2018 goda / Otv. za vyp. D. S. Liljakova. – Krasnodar: KubGAU, 2018. – S. 243-246.

14. Luk'janenko, T. V. Prognozirovanie rezultatov obuchenija / T. V. Luk'janenko // Itogi nauchno-issledovatel'skoj raboty za 2017 god : sb. statej po mater. 73-j nauch.-prakt. konf. prepodavatelej, Krasnodar, 14 marta 2018 goda. – Krasnodar: KubGAU, 2018. – S. 405-406.

15. Solov'eva, N. A. O problemah trudoustrojstva molodyh specialistov i pu-tjah ih reshenij / N. A. Solov'eva, O. V. Panferova // Teorija i praktika sovremennoj agrarnoj nauki : Sb. IV nacional'noj (vserossijskoj) nauchnoj konf. s mezhdunarodnym uchastiem, Novosibirsk, 26 fevralja 2021 goda / Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. – Novosibirsk: IC NGAU «Zolotoj kolos», 2021. – S. 1335-1338.

16. Suhan, I. V. Jelementy teorii grafov v kurse diskretnoj matematiki / I. V. Suhan, O. V. Ivanisova, G. G. Kravchenko // Pedagogika vysshej shkoly. – 2016. – № 3 (6). – S. 44-47. – URL: <https://moluch.ru/th/3/archive/43/1176/> (data obrashhenija: 05.01.2022).

17. Anishhik, T. A. Issledovanie tematiceskikh svjazej kak sredstva realizacii principa politehnizma s primeneniem statisticheskikh metodov (chast' 1) / T. A. Anishhik, D. R. Korabel'nikov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – № 175. – S. 1-21. – DOI 10.21515/1990-4665-175-001.

18. Sharikova T. G., Makusheva G. N., Shavandina O. A., Harinova O. V. Issledovanie problem obuchenija v tehničeskom vuze posredstvom neparametricheskikh metodov korrelyacii // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. – 2019. – № 3. ;URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=28915> (data obrashhenija: 10.11.2021).