

УДК 539.3:534:532.5

UDC 539.3:534:532.5

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

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

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМАТИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ КАК СРЕДСТВА РЕАЛИЗАЦИИ ПРИНЦИПА ПОЛИТЕХНИЗМА С ПРИМЕНЕНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ (ЧАСТЬ 1)**

**RESEARCH OF THEMATIC CONNECTIONS AS A WAY OF IMPLEMENTING THE PRINCIPLE OF POLYTECHNISM USING STATISTICAL METHODS (PART 1)**

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

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

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

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

В условиях рыночной экономики вузы обязаны готовить выпускников, обладающих современным научным уровнем знаний, научным мировоззрением, набором умений и навыков выхода из многократно повторяющихся ситуаций с возможной сменой или модификацией профессии. Одним из предлагаемых вариантов подготовки обучающихся к будущей профессиональной деятельности является проведение учебных занятий в соответствии с принципами политехнизма, межпредметности и профессиональной направленности. В настоящем появлении новых учебных курсов является следствием внедрения новых федеральных государственных стандартов обучения, предполагающих формирование знаний, умений и навыков общепрофессионального, профессионального и универсального характера, основанных, в том числе, на реализации педагогического принципа политехнизма, который предполагает выявление и изучение общей научной основы различных наук, технических дисциплин и технологий производства. Процессы дифференциации сверхобъемов оцифрованных учебных данных и обновления учебных курсов, обобщающих и систематизирующих новые знания, являются практически непрерывными, но по современным меркам, непозволительно длительными. В статье проводится исследование результатов осваивания разделов одного предмета (внутрипредметных) и разделов двух базовых математических дисциплин, относящихся к одному курсу (внутрикурсовых), в течение учебного года будущими специалистами в области IT-технологий с применением статистических методов. В результате построения графиков накопленных частот на основе построения вариационного ряда и применения статистического теста Харке-Бера установлена нормальность распределения однородных данных, что позволило исследовать сходства и различия связанных количественных данных с применением

This article examines the problematic situation of differentiation beyond the volumes of digitized educational knowledge and, as a result, the accumulation of academic subjects, which later leads to another education crisis. The process of updating training courses that generalize and systematize new knowledge is almost continuous, but by modern standards, it is unacceptably long. Nowadays the emergence of new training courses is a consequence of the introduction of new federal state standards of training, involving the formation of knowledge, skills and abilities of a general professional, professional and universal nature, but practically not focusing on interdisciplinary connections, especially thematic ones. The formation of universal competencies is based, first of all, on the implementation of the pedagogical principle of polytechnic, which involves the identification and study of the general scientific basis of various sciences, technical disciplines, Production Technologies, and leads to the formation of universal qualities, knowledge, skills and abilities. The article proposes to conduct a study of the results of mastering the sections of two basic mathematical disciplines related to one subject (intra-subject) and one course (intra-course) during the academic year by future specialists in the field of IT-technologies using statistical methods. As a result of the construction of graphs of accumulated frequencies based on the construction of a variation series and the application of the Jarque-Bera statistical test, the normality of the distribution of homogeneous data was established, which allowed us to investigate the similarities and differences of connected quantitative data using parametric Student's t-test and Fisher's F-test. The similarity of the values of the signs has been established, which means their statistical indistinguishability, which may indicate a high degree of closeness of the connection, requiring analysis and further research

параметрических t-критерия Стьюдента и F-критерия Фишера. В результате исследования выявлено сходство значений признаков, что означает их статистическую неразличимость, что потребует проведение анализа и дальнейшего исследования

Ключевые слова: ТЕМАТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ КРИЗИС, ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ЗНАНИЙ, ПРИНЦИП ПОЛИТЕХНИЗМА, ВНУТРИКУРСОВЫЕ СВЯЗИ, ВНУТРИПРЕДМЕТНЫЕ СВЯЗИ

Keywords: THEMATIC LINKS, EDUCATIONAL CRISIS, DIFFERENTIATION OF KNOWLEDGE, THE PRINCIPLE OF POLYTECHNIC, INTRA-COURSE CONNECTIONS, INTRA-SUBJECT CONNECTIONS

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-175-001>

Процесс общественного развития, в концепции К. Маркса являющийся следствием разрешения противоречий между производительными силами и производственными отношениями [14], сопровождаются не менее важными противоречиями, приводящими, в том числе к информационным и образовательным кризисам. Стремительное нарастание сверхобъемов оцифрованных учебных данных, накопленных человечеством, в будущем приводит к информационному кризису, основанному на противоречии, суть которого заключается в том, что информационный поток превосходит ограниченные возможности человека по восприятию и переработке информации, что неизбежно приводит к появлению избыточной информации, затрудняющей восприятие полезной для него информации [18].

Одной из предпосылок возникновения образовательных кризисов являются процессы дифференциации новых знаний, в будущем приводящие к накоплению учебных предметов. Например, увеличение количества учебных предметов в начале XIX в. привело к перегрузке образовательных программ. К.Д. Ушинский отмечал, что одной из причин перегрузки является отсутствие взаимосвязи содержания учебных предметов. Он впервые дал психолого-педагогическое обоснование межпредметным связям, утверждая, что знания и идеи, сообщаемые какими бы то ни было науками, должны органически строиться в светлый и, по возможности, обширный взгляд на мир и его жизнь [21, т.3, с.178].

<http://ej.kubagro.ru/2022/01/pdf/01.pdf>

Развитие общества в определенные периоды может сопровождаться несколькими кризисами одновременно: информационным, образовательным, экономическим, политическим и социальным. Например, подобная ситуация в России произошла в конце XX в. Глобальные изменения в жизнедеятельности общества неизменно приводят к его социокультурной модификации, в том числе и в области образования. В настоящем происходит процесс перехода от одной образовательной действительности к другой, требующей ее осмысления, анализа и систематизации [8, с.2]. По мнению Т. Н. Гнитецкой [10], инерционность систем образования приводит к разрыву между образованием и меняющимися условиями жизни общества, что и составляет суть мирового кризиса образования.

Процесс обновления и появления новых учебных курсов, обобщающих и систематизирующих новые знания, является практически непрерывным, но по современным меркам, непозволительно длительным. Например, появившееся в конце 2000-х годов понятие, так называемых больших данных, характеризующихся огромными физическими объемами; высокой скоростью их прироста и обработки; и возможностью одновременной обработки разнотипных данных, только сравнительно недавно привело к появлению новой дисциплины «Большие данные» в новом федеральном образовательном стандарте будущих ИТ-специалистов.

В настоящем появление новых учебных курсов является следствием внедрения новых федеральных государственных стандартов обучения, предполагающих формирование знаний, умений и навыков общепрофессионального, профессионального и универсального характера. К универсальным компетенциям будущего специалиста в области ИТ-технологий, в том числе, относится категория «системное и критическое мышление», проявляющаяся в способности осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, в применении системного подхода для решения по-

ставленных задач<sup>1</sup>. Формирование подобной компетенции основано, в том числе, на реализации педагогического принципа политехнизма, который предполагает выявление и изучение общей научной основы различных наук, технических дисциплин, технологий производства. Это позволит будущим ИТ-специалистам, самообразовываясь в течение всей профессиональной деятельности, в том числе, осваивая новые и создавая свои программные продукты и технологии, профессионально расти и переносить полученные знания из одной области знаний на другую [7].

Стало очевидным, что профессиональное образование должно ориентироваться не только на подготовку специалистов, обладающих высоким уровнем профессионализма и компетентности, но и на формирование личности, обладающей не только социальной активностью, но и современным научным уровнем знаний, научным мировоззрением и диалектическим мышлением [16]. Одним из предлагаемых вариантов подготовки обучающихся к будущей профессиональной деятельности является проведение учебных занятий в соответствии с принципами политехнизма, межпредметности и профессиональной направленности. В педагогическом энциклопедическом словаре (2002) определено, что организация учебно-воспитательного процесса на основе межпредметных связей может касаться отдельных уроков (чаще обобщающих), темы, подчиненной решению межпредметной проблемы, нескольких тем различных курсов, целого цикла учебных предметов или устанавливать взаимосвязь между циклами [9].

Сокращение доли аудиторной учебной нагрузки и, как следствие, возрастание объемов самостоятельной работы обучающихся приводит к необходимости поиска методов и средств оптимизации учебного процесса

---

<sup>1</sup> Приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 N 926 (ред. от 08.02.2021) «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии» (Зарегистрировано в Минюсте России 12.10.2017 N 48535) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2021).

в достижении определенных целей. Например, в области естественных и математических дисциплин подобной целью может быть реализация внутрипредметных связей, поскольку без них обучающиеся при изучении того или иного предмета получают лишь базу данных, поскольку учебный курс предстает в качестве базы знаний только при условии установления в нем логико-содержательных и структурно-функциональных связей [11].

На основе общности учебно-познавательных целей выделяют тематические внутрипредметные и внутрикурсовые связи, которые относятся к разновидности межпредметных. Тематические внутрипредметные связи определяются как связи между достаточно крупными блоками учебного материала, в частности, темами, разделами учебного курса, а также логические связи между параграфами учебника, поскольку зачастую именно параграф учебника принимается за своеобразный «квант» учебной информации [17]. Под внутрикурсовыми (межкурсовыми связями в рамках одного курса) подразумевается преподавание с опорой на ранее изученные курсы и перспективу на последующие [15].

Тематические связи исследовались в диссертационных работах, например, Т. Н. Гнитецкой (1998) [10], М. Н. Дудиной (1984), Л. В. Дубовой (2004), являлись темами монографий, например, по исследованию связей в математике В. А. Далингера (1993) [11], темами научных статей, например, по исследованию связей в истории Г. А. Кревера (1990), в физике – К. А. Попова и П. А. Сторчилова (2014) [17].

Актуальность работы обусловлена недостатком исследований, рассматривающих тематические связи с применением статистических методов, что позволило бы в настоящем осуществить попытку осмысления ситуации со стремительным накоплением знаний, составляющих базы учебных данных, и поиск механизмов их перевода в базу знаний обучающихся. Представляется целесообразным исследование тематических связей на примере результатов осваивания разделов одного предмета (внутрипред-

метных) и разделов двух базовых математических дисциплин, относящихся к одному курсу (внутрикурсовых), основанное на анализе и выявлении тесноты связи результатов проверки выполнения обучающимися лабораторно-практических работ.

Задачами первой части исследования являются:

1. Описать статистическую модель исходных данных:

1.1. Определить объем, вид выборки и тип измерительной шкалы.

1.2. Выявить однородность (неоднородность) и вариационную изменчивость выборки.

1.3. Установить нормальность распределения данных.

2. Выбрать и применить статистический критерий с учетом определенных ограничений.

## **1 Описание статистической модели исходных данных**

### **1.1 Определение объема, вида выборки и типа шкалы измерений**

Объем исследуемой выборочной совокупности составил данные трех групп обучающихся на факультете прикладной информатики направления 09.03.02 Информационные системы и технологии Кубанского государственного аграрного университета имени И. Т. Трубилина, первого курса очной формы обучения в 2020-2021 учебном году общей численностью 82 человека ( $n$ ). Объектом исследования являются результаты проверки выполнения обучающимися лабораторно-практических работ. В каждом разделе (модуле), включающем несколько тем, рассчитано среднеарифметическое значение оценок.

Для исследования тематических внутрикурсовых связей данных выбраны учебные модули двух связанных общей тематикой математических дисциплин:

– *дискретной математики*. Модуль 1: «Множества» включает все темы первого раздела учебного курса [2, с.4; 3, с.46];

– *основ математической логики и теории алгоритмов*. Модуль 2: «Логика нулевого порядка» включает все темы первого раздела учебного курса [1; 4, с.56; 15, с.34].

Для исследования тематических внутрипредметных связей данных выбраны учебные модули дисциплины Дискретная математика:

– *модуль 1: «Множества»* включает все темы первого раздела учебного курса;

– *модуль 3: «Графы»* включает все темы второго раздела учебного курса [2, с.35; 5, с.42].

Исследуемые данные относятся к количественной шкале, являются непрерывными и связными (зависимыми), поскольку относятся к одной и той же выборке и получены в разные моменты времени. Введем обозначения исходных данных для исследования внутрикурсовых связей: модуль 1 – через  $x$ , модуль 2 – через  $y$  и для исследования внутрипредметных связей: модуль 1 – через  $x$ , модуль 3 – через  $y$ . Модуль 1 является предшествующим, а модуль 2 и модуль 3 – перспективным. Потребуется проведение анализа и установление характера связи  $n$  пар переменных  $x_i \in X$  и  $y_i \in Y$ ,  $i = 1, \dots, n$  с использованием программных средств табличного процессора *MS Excel*, имеющего существенные преимущества в применении [6].

## **1.2 Описание однородности и вариационной изменчивости выборки**

Одним из требований применения статистических методов к исследуемым данным является их однородность относительно распределения около среднего уровня. Критериями однородности данных для показателей, приведенных в таблице 1, считаются среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации.

Таблица 1 – Показатели статистической однородности исходных данных

Показатели	Внутрикурсовые связи		Внутрипредметные связи	
	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>
Среднеарифметическое значение	4,0146	4,1006	4,0146	4,2268
Среднеквадратическое отклонение	0,6031	0,5996	0,6031	0,5816
Коэффициент вариации, %	15,0217	14,6227	15,0217	13,7607

В соответствии с полученными коэффициентами вариации по факторам *x* и *y* наблюдается средняя вариация (10–20%), что означает средний разброс данных, что подтверждает однородность исходных данных.

### 1.3 Определение нормальности распределения данных

Условием применимости большей части статистических методов является установление нормальности распределения данных выборки, что считается трудоемким процессом. Начальным этапом анализа данных является выдвижение гипотезы о нормальности их распределения:

$H_0$ : изучаемое распределение не отличается от нормального.

$H_1$ : изучаемое распределение не подчиняется закону нормального распределения.

Проверка распределения исследуемых данных может производиться с помощью описательной статистики, графически и с использованием статистических критериев. Воспользуемся графическим способом проверки нормальности распределения данных с построением графиков накопленных частот в виде гистограмм по таблице, ячейки которой содержат результаты серии расчетов с определением:

– количества интервалов ( $N$ ) по формуле Стерджесса:

$$N = 1 + 3,322 \lg n = 1 + 3,322 \lg 82 \approx 7;$$

– длины интервала ( $h$ ):  $h = \frac{x_{max} - x_{min}}{N - 1} = \frac{5 - 3}{7 - 1} \approx 0,33$  ;

– границы первого и последующих интервалов:

$$\left(x_{min} - \frac{h}{2}; x_{min} + \frac{h}{2}\right) = \left(3 - \frac{0,33}{2}; 3 + \frac{0,33}{2}\right) = (2,83; 3,17);$$

– середины первого и последующих интервалов:

$$x_i = \frac{\left(x_{min} - \frac{h}{2} + x_{min} + \frac{h}{2}\right)}{2} = \frac{2,83 + 3,17}{2} = 3;$$

– частот появления значений признака ( $v_i$ ), сумма которых равна объему выборки;

– накопленных частот, являющихся результатом суммирования значений предыдущих частот и служащих подтверждением правильности вычислений.

Результатом произведенных вычислений является интервальный вариационный ряд, который характеризует распределение элементов выборки в модуле 1 по количественному признаку (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты построения интервального вариационного ряда

Номер интервала	Границы интервала		Середина интервала	Частота появления			Накопленные частоты		
	нижняя	верхняя		Модули			Модули		
				1	2	3	1	2	3
1	2,83	3,17	3	7	7	5	7	7	5
2	3,17	3,50	3,335	14	10	6	21	17	11
3	3,50	3,83	3,665	14	11	8	35	28	19
4	3,83	4,16	3,995	11	13	14	46	41	33
5	4,16	4,49	4,325	13	11	18	59	52	51
6	4,49	4,82	4,655	20	22	20	79	74	71
7	4,82	5,15	4,985	3	8	11	82	82	82
Сумма				82	82	82			

Гистограммы частот появления значений признака для рассматриваемых модулей приведены на рисунках 1-3.



Рисунок 1 – Гистограмма частот появления значений модуля 1.



Рисунок 2 – Гистограмма частот появления значений модуля 2.

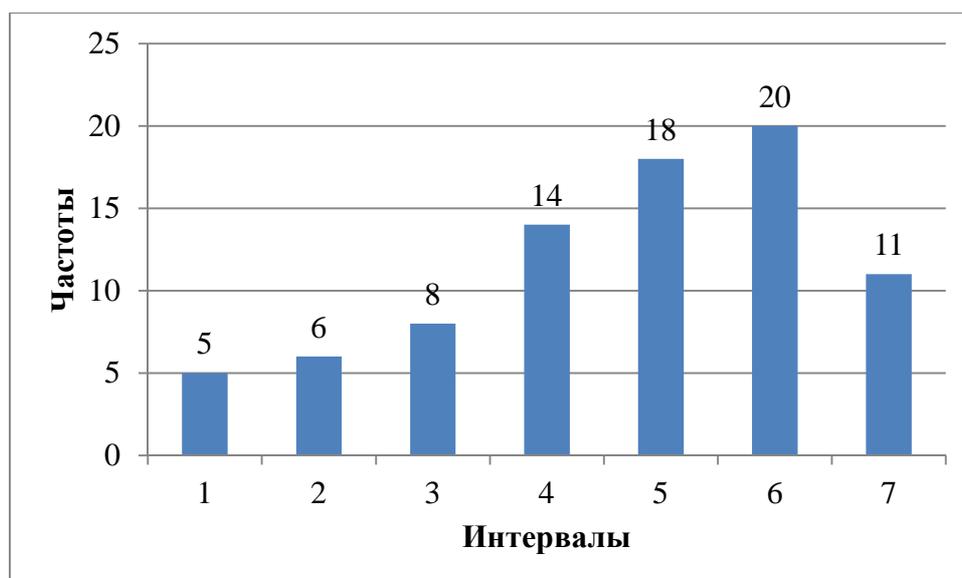


Рисунок 3 – Гистограмма частот появления значений модуля 3.

По таблице нормального распределения или с применением функции *MS Excel*: НОРМРАСП(частота; среднее значение; стандартное отклонение;1)

можно подсчитать теоретические накопленные частоты (площади под кривой). Если распределение данных является нормальным, то полученные значения оказываются равными (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты вычисления теоретических накопленных частот

Номер интервала	Частота появления			Теоретические накопленные частоты		
	Модули			Модули		
	1	2	3	1	2	3
1	7	7	5	0,999999567	0,999999567	0,947805078
2	14	10	6	1	1	0,999466026
3	14	11	8	1	1	1
4	11	13	14	1	1	1
5	13	11	18	1	1	1
6	20	22	20	1	1	1
7	3	8	11	0,047245411	1	1
Сумма	82	82	82			

Анализ данных таблицы 3 показал, что значения теоретических частот приближенно совпадают во всех модулях, кроме 7-го интервала в модуле 1. Если получено отличное от нормального распределение, то это значит, что либо выборка нерепрезентативна генеральной совокупности,

либо измерения произведены не в шкале равных интервалов [13, с.51]. Следовательно, наличие незначительного отклонения в значении одного из теоретических накопленных частот не дает однозначно дать ответ относительно нормальности распределения данных.

Наиболее точным способом проверки нормальности выборки являются тесты (критерии), например, критерии Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка, тест Харке-Бера. Критерий Колмогорова-Смирнова информативен для больших выборок (тысячи наблюдений), более мощным критерием считается критерий Шапиро-Уилка, но применим только для предполагаемых нормально распределенных данных.

Проверим гипотезу о нормальном распределении данных на уровне значимости  $p = 0,05$  с применением критерия Харке-Бера (*Jarque-Bera test*). Статистика теста основана на сравнении центральных нормированных моментов третьего (коэффициент асимметрии, *Skewness*) и четвертого (коэффициент островершинности или эксцесса, *Kurtosis*) порядков для случайных возмущений исследуемой модели, с соответствующими характеристиками нормального распределения, для которого, как известно,  $Sk = 0$ ,  $K = 3$ ; имеет распределение хи-квадрат с двумя степенями свободы, и, если вычисленное значение больше критического, нулевая гипотеза о нормальном распределении возмущений регрессионной модели отвергается [22].

Выполнение вычислений по алгоритму теста Харке-Бера связаны с расчетом:

- среднего арифметического:  $\bar{x} = \frac{\sum x_i v_i}{\sum v_i}$ ;
- стандартного отклонения:  $\delta = \sqrt{\frac{\sum v_i (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$ ;
- стандартной ошибки отклонения:  $\delta_x \approx \frac{\delta}{\sqrt{N}}$ ;

– асимметрии:  $Sk = \frac{1}{N} \sum \left[ v_i \left( \frac{x_i - \bar{x}}{\delta} \right)^3 \right]$ , где  $\bar{\delta} = \delta \sqrt{\frac{N-1}{N}}$ ;

– эксцесса:  $K = \frac{1}{N} \sum \left[ v_i \left( \frac{x_i - \bar{x}}{\delta} \right)^4 \right]$ ;

– фактического значения:  $J - B = \frac{N}{6} \left( Sk^2 + \frac{(K-3)^2}{4} \right)$ .

Результаты расчета для данных модулей 1-3 представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Расчетная таблица для вычисления асимметрии и эксцесса.

Модули	Номер интервала	Середина интервала, $x_i$	Частота, $v_i$	$x_i v_i$	$v_i (x_i - \bar{x})^2$	$\frac{x_i - \bar{x}}{\delta}$	$v_i \left( \frac{x_i - \bar{x}}{\delta} \right)^3$	$v_i \left( \frac{x_i - \bar{x}}{\delta} \right)^4$
Модуль 1	1	3	7	21	6,868	-1,707	-34,803	59,401
	2	3,335	14	46,69	6,016	-1,130	-20,176	22,790
	3	3,665	14	51,31	1,484	-0,561	-2,471	1,386
	4	3,995	11	43,945	0,000	0,008	4,96E-06	3,81E-08
	5	4,325	13	56,225	1,454	0,576	2,488	1,434
	6	4,655	20	93,1	8,830	1,145	30,013	34,362
	7	4,985	3	14,955	2,967	1,714	15,093	25,861
	Итого		82	327,23	27,620		-9,857	145,234
Модуль 2	1	3	7	21	8,520	-1,820	-42,168	76,727
	2	3,335	10	33,35	5,902	-1,267	-20,341	25,772
	3	3,665	11	40,315	2,113	-0,723	-4,153	3,002
	4	3,995	13	51,935	0,152	-0,179	-0,074	0,013
	5	4,325	11	47,575	0,541	0,366	0,538	0,197
	6	4,655	22	102,41	6,698	0,910	16,580	15,088
	7	4,985	8	39,88	6,2201	1,454	24,606	35,784
	Итого		82	336,47	30,145		-25,012	156,584
Модуль 3	1	3	5	15	7,443	-2,178	-51,648	112,483
	2	3,335	6	20,01	4,700	-1,580	-23,660	37,379
	3	3,665	8	29,32	2,465	-0,991	-7,781	7,710
	4	3,995	14	55,93	0,709	-0,402	-0,908	0,365
	5	4,325	18	77,85	0,198	0,187	0,118	0,022
	6	4,655	20	93,1	3,783	0,776	9,360	7,267
	7	4,985	11	54,835	6,437	1,365	28,004	38,237
	Итого		82	346,43	25,735		-46,516	203,463

В результате анализа показателей таблицы 5 выявлено, что во всех трех модулях средние арифметические значения не превышают значения медиан, коэффициенты асимметрии  $< 0$ . Следовательно, наличие левосторонней асимметрии. Величина коэффициента эксцесса  $> 0$ , поэтому наличие островершинного распределения данных. Однако ситуации, когда среднеарифметическое значение равно медиане, а коэффициенты асимметрии и эксцесса равны нулю, практически не встречаются, поэтому необходимо решить, какие отклонения от идеального сценария допустимы для того, чтобы считать распределение полученных данных нормальным или близким к нормальному [19].

Таблица 5 – Показатели определения нормальности распределения

Показатели, обозначения	Модуль 1	Модуль 2	Модуль 3
Среднеарифметическое, $\bar{x}$	3,9906	4,1032	4,2201
Медиана, $m$	4	4,125	4,4
Стандартное отклонение по выборочной совокупности, $\delta$	0,5839	0,6101	0,5637
Стандартное отклонение по генеральной совокупности, $\bar{\delta}$	0,5804	0,6063	0,5602
Стандартная ошибка, $\delta_x$	0,0377	0,0411	0,0351
Коэффициент асимметрии, $Sk$	-0,1202	-0,3050	-0,5673
Коэффициент эксцесса, $K$	1,7712	1,9096	2,4813
Фактическое значение, $J - B$	5,3659	5,3727	5,3642

Считается, что незначительными отклонениями в значениях асимметрии от нулевого можно пренебречь. Фактические значения во всех трех модулях не превышают критического значения критерия Харке-Бера, равного 5,991. Следовательно, гипотеза  $H_1$  отклоняется и принимается гипотеза  $H_0$  о нормальном распределении выборки на уровне значимости  $p = 0,05$ .

## 2 Выбор статистического критерия

Статистические критерии основаны на точных расчетах, в результате которых с учетом уровня значимости принимается либо отвергается одна из выдвинутых гипотез:

$H_0$ : отсутствие различий значений двух выборок.

$H_1$ : значимость различий значений двух выборок.

Считается, что если две выборки извлечены из нормально распределенной генеральной совокупности данных, то условием принятия гипотезы  $H_0$  об отсутствии различий значений двух выборок является нулевая разность их среднеарифметических ( $m_x$  и  $m_y$ ) и среднеквадратических ( $\sigma_x$  и  $\sigma_y$ ) значений [12, с.57]. В результате анализа показателей, приведенных в таблице 3, выявлено:

– для внутрикурсовых связей:

$$m_x - m_y = 4,014634 - 4,10061 = -0,085976;$$

$$\sigma_x - \sigma_y = 0,603066 - 0,599619 = 0,003447;$$

– для внутрипредметных связей:

$$m_x - m_y = 4,014634 - 4,226829 = -0,212195;$$

$$\sigma_x - \sigma_y = 0,603066 - 0,581640 = 0,021426.$$

Разность приведенных показателей отличается от нулевой незначительно. Можно предположить наличие различий значений двух выборок, то есть опровергнуть гипотезу  $H_0$  о сходстве данных и принять гипотезу  $H_1$  об их различии.

Наиболее точным исследованием сходства и различий значений выборок с равным количеством данных считается использование параметрических критериев:  $t$ -критерия Стьюдента, который применим к средним значениям связанных выборок, и  $F$ -критерия Фишера, который оценивает различия дисперсий связанных и несвязанных выборочных данных.

Согласно  $t$ -критерию Стьюдента,  $t_{эмн.}$  вычисляется по формуле:

$$t_{эмн.} = \frac{\bar{d}}{S_d},$$

где  $\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$ ;  $d_i = x_i - y_i$ ;  $S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n d_i\right)^2}{n}}{n(n-1)}}$ ,

$x_i, y_i$  – элементы выборки,

$n$  – размерность выборки.

Определим  $t_{эм.}$  для внутрикурсовых и внутрипредметных связей:

$$t_{эм.1} = \frac{-0,08598}{0,063101} \approx -1,36252 \approx -1,363, \quad t_{эм.2} = \frac{-0,2122}{0,061238} \approx -3,46511 \approx -3,465.$$

По таблице критических значений Стьюдента с числом степеней свободы  $k = n - 1 = 82 - 1 = 81 \approx 80$  получим:

$$t_{кр.} = \begin{cases} 1,664 \text{ для } p \leq 0,1 \\ 1,990 \text{ для } p \leq 0,05 \\ 2,639 \text{ для } p \leq 0,01 \end{cases}$$

Значения  $t_{эм.1}$  и  $t_{эм.2}$  не превышают  $t_{кр.1}$  на уровне значимости  $p = 0,05$ . Следовательно, эмпирические значения принадлежат зоне незначимости, то есть являются неразличимыми (рисунок 4).

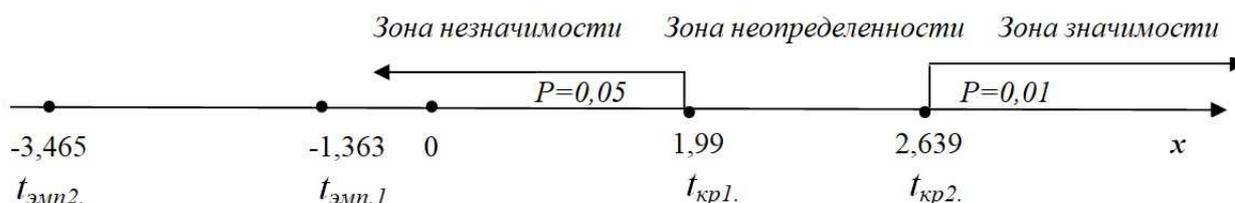


Рисунок 4 – Ось значимости результатов с применением  $t$ -критерия Стьюдента

К исследуемым данным применен  $t$ -критерий Стьюдента для равных величин дисперсий, но их разность незначительно отличается от нулевой:

– модель 1:  $0,363688 - 0,359542 \approx 0,004146$ ;

– модель 2:  $0,363688 - 0,338305 \approx 0,025383$ .

Величина  $t$ -критерия Стьюдента для неравных дисперсий двух выборок вычисляется по формуле:

$$t_{эмн.} = \frac{|m_1 - m_2|}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)\delta_1^2 + (n_2 - 1)\delta_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

где  $m_1, m_2$  – среднеарифметические значения выборок,

$n_1, n_2$  – размерности выборок,

$\delta_1^2, \delta_2^2$  – дисперсии выборок.

Определим новые значения  $t_{эмн.}$  для внутрикурсовых и внутрипредметных связей:

$$t_{эмн.1} = \frac{0,085976}{\sqrt{0,00893}} \approx 0,909801 \approx 0,91; \quad t_{эмн.2} = \frac{0,212195}{\sqrt{0,008668}} \approx 2,279179 \approx 2,28.$$

Результаты вычислений с применением  $t$ -критерия Стьюдента для неравных дисперсий двух выборок представлены на рисунке 5.

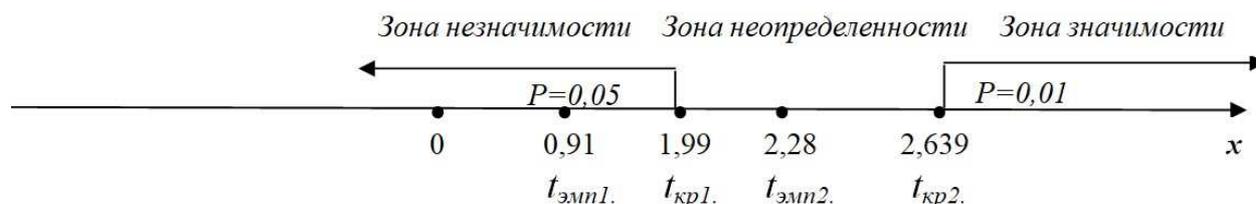


Рисунок 5 – Ось значимости результатов с применением  $t$ -критерия Стьюдента

Новые значения  $t_{эмн.}$  по сравнению со значениями  $t_{кр.}$  для обоих типов тематических связей оказались либо неразличимыми, либо попали в зону неопределенности. Следовательно, потребуется применение еще одного критерия с целью однозначности интерпретации полученных результатов.

Воспользуемся  $F$ -критерием Фишера, согласно которому  $F_{эмн.}$  вычисляется по формулам:

$$F_{эмн.} = \frac{S_x^2}{S_y^2}; \quad S_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2; \quad S_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2,$$

где  $x_i, y_i$  – элементы выборки,

$n$  – размерность выборки.

$\bar{x}, \bar{y}$  – среднеарифметические значения выборки.

По условию критерия Фишера, величина числителя должна превышать величину знаменателя, следовательно:  $F_{эм.} \geq 1$ .

Определим  $F_{эм.}$  для внутрикурсовых и внутрипредметных связей:

$$F_{эм.1} = \frac{0,363688}{0,359542} = 1,011531 \approx 1,01 ; \quad F_{эм.2} = \frac{0,363688}{0,338305} = 1,075032 \approx 1,08.$$

По таблице критических значений Фишера при числе степеней свободы  $k = n - 1 = 82 - 1 = 81$  на пересечении значений 80 и 75 получим:

$$F_{кр.} = \begin{cases} 1,45 \text{ для } p \leq 0,05 \\ 1,7 \text{ для } p \leq 0,01 \end{cases}$$

Значения  $F_{эм.1}$  и  $F_{эм.2}$  не превышают  $F_{кр.1}$  на уровне значимости  $p = 0,05$  (рисунок 6).

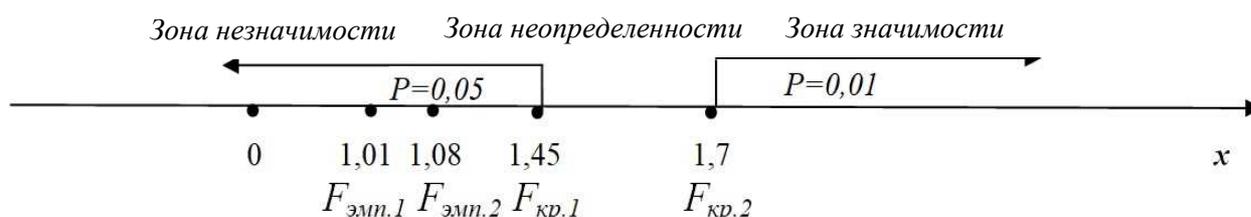


Рисунок 6 – Ось значимости результатов по  $F$ -критерию Фишера

### Выводы

В результате применения  $t$ -критерия Стьюдента и  $F$ -критерия Фишера к исследуемым данным выявлено, что эмпирические значения не превышают критического на уровне значимости  $p = 0,05$ . Следовательно, отвергается гипотеза  $H_1$  и принимается гипотеза  $H_0$  о сходстве значений признаков, то есть они статистически неразличимы. Если по результатам теста нулевая гипотеза не отклоняется, то это не означает, что различия групп отсутствуют. Причин может быть две: недостаточные объемы выборок и/или отсутствие эффекта [20], что потребует проведение анализа и дальнейшего исследования.

## Литература

1. Анищик, Т. А. Основы математической логики и теории алгоритмов: логика нулевого и первого порядков : учебное пособие / Т. А. Анищик. – Краснодар : КубГАУ, 2021. – 96 с. – ISBN 978-5-907474-87-1.
2. Анищик, Т. А. Дискретная математика: множества и графы : учебное пособие / Т. А. Анищик. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – 96 с. – ISBN 978-5-907247-68-0.
3. Анищик, Т. А. Лабораторный практикум по математическим и логическим основам информатики: Учебно-методическое пособие / Т. А. Анищик. – Краснодар : КубГАУ, 2008. – 85 с.
4. Анищик, Т. А. Рабочая тетрадь по математическим и логическим основам информатики : Учебно-методическое пособие / Т. А. Анищик, А. С. Креймер. – Краснодар : КубГАУ, 2005. – 96 с.
5. Анищик, Т. А. Практикум по дискретной математике : Учебно-методическое пособие / Т. А. Анищик, Г. А. Аршинов. – Краснодар : КубГАУ, 2007. – 70 с.
6. Анищик, Т. А. Практикум по информатике : Учебно-методическое пособие / Т. А. Анищик. – Краснодар : КубГАУ, 2004. – 82 с.
7. Анищик, Т. А. Основные этапы обучения программированию в вузе / Т. А. Анищик // Современные информационные технологии в образовании: материалы XXIX международной конференции – М. : Полиграфический центр Московского издательско-полиграфического колледжа им. И. Федорова, 2018. – С. 178–180.
8. Анищик, Т. А. Исследование проблем процесса обучения в вузе в условиях реализации традиционной и дистанционной форм и подходов к их решению с использованием непараметрических методов (часть 1) / Т. А. Анищик, А. А. Ахлестова, Е. О. Волков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2021. – №07(171). С. 1 – 25. – IDA [article ID]: 1712107001. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2021/07/pdf/01.pdf>, 1,562 у.п.л.
9. Бим-Бад, Б. М. Педагогический энциклопедический словарь. – М., 2002. С. 140.
10. Гнитецкая, Т. Н. Научно-методические и теоретические аспекты внутрипредметных связей : специальность 13.00.02 «Теория и методика обучения физике» : дис. ... канд. пед. наук / Гнитецкая Т. Н. – Владивосток, 1998. – 113 с.
11. Далингер, В. А. Совершенствование процесса обучения математике на основе целенаправленной реализации внутрипредметных связей : монография / В. А. Далингер. – Омск : Издательство ОмИПКРО, 1993. – 323 с.
12. Ермолаев, О. Ю. Математическая статистика для психологов : учебник / О. Ю. Ермолаев – 2-е изд., испр. – М. : Московский психолого-социальный институт Флинта, 2003. – 336 с.
13. Наследов, А. Д. Математические методы психологического исследования. Анализ и интерпретация данных / А. Д. Наследов. – СПб. : Речь, 2012. – 392 с.
14. Некрасова, Н. А. Тематический философский словарь : Учебное пособие / Н. А. Некрасова, С.И. Некрасов, О. Г. Садикова. – М.: МГУ ПС (МИИТ), 2008. – 164 с.
15. Межпредметные, межкурсовые и внутрикурсовые связи в обучении истории // URL: <https://lektsii.net/1-103170.html> (дата обращения: 18.11.2021).
16. Петров, А. В., Гурьев А. И., Жданов В. Г. Роль принципа политехнизма в современной системе образования // МНКО. 2009. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-printsipa-politehnizma-v-sovremennoy-sisteme-obrazovaniya> (дата обращения: 14.12.2021).

17. Попов, К. А. Об основных типах внутрпредметных связей школьного курса физики / К. А. Попов, П. А. Сторчилов // Письма в Эмиссия.Оффлайн. – 2014. – № 12. – С. 2291.
18. Социальная информатика / Информационный кризис // URL: <https://sites.google.com/site/halferinfo/infocrisis> (дата обращения: 18.10.2021).
19. Субботина, А. В., Гржибовский А. М. Описательная статистика и проверка нормальности распределения количественных данных // Экология человека. 2014. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opisatel'naya-statistika-i-proverka-normalnosti-raspredeleniya-kolichestvennyh-dannyh> (дата обращения: 29.09.2021).
20. Реброва, О. Ю. Описание статистического анализа данных в оригинальных статьях. Типичные ошибки // Медицинские технологии. Оценка и выбор. 2011. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opisanie-statisticheskogo-analiza-dannyh-v-originalnyh-statyah-tipichnye-oshibki-1> (дата обращения: 13.12.2021).
21. Ушинский, К. Д. Собрание сочинений : в 10 т. Акад. пед. наук РСФСР. Ин-т теории и истории педагогики. – Москва; Ленинград : Акад. пед. наук РСФСР, 1948-1952.
22. Экономика / Тест на нормальность распределения вектора случайных возмущений // URL: [https://bstudy.net/720439/ekonomika/test\\_normalnost\\_raspredeleniya\\_vektora\\_sluchaynyh\\_vozmuscheniy](https://bstudy.net/720439/ekonomika/test_normalnost_raspredeleniya_vektora_sluchaynyh_vozmuscheniy) (дата обращения: 17.12.2021).

## References

1. Anishhik, T. A. Osnovy matematicheskoy logiki i teorii algoritmov: logika nulevogo i pervogo porjadkov : uchebnoe posobie / T. A. Anishhik. – Krasnodar : KubGAU, 2021. – 96 s. – ISBN 978-5-907474-87-1.
2. Anishhik, T. A. Diskretnaja matematika: mnozhestva i grafy : uchebnoe posobie / T. A. Anishhik. – Krasnodar : KubGAU, 2019. – 96 s. – ISBN 978-5-907247-68-0.
3. Anishhik, T. A. Laboratornyj praktikum po matematicheskim i logicheskim osnovam informatiki: Uchebno-metodicheskoe posobie / T. A. Anishhik. – Krasnodar : KubGAU, 2008. – 85 s.
4. Anishhik, T. A. Rabochaja tetrad' po matematicheskim i logicheskim osnovam informatiki : Uchebno-metodicheskoe posobie / T. A. Anishhik, A. S. Krejmer. – Krasnodar : KubGAU, 2005. – 96 s.
5. Anishhik, T. A. Praktikum po diskretnoj matematike : Uchebno-metodicheskoe posobie / T. A. Anishhik, G. A. Arshinov. – Krasnodar : KubGAU, 2007. – 70 s.
6. Anishhik, T. A. Praktikum po informatike : Uchebno-metodicheskoe posobie / T. A. Anishhik. – Krasnodar : KubGAU, 2004. – 82 s.
7. Anishhik, T. A. Osnovnye jetapy obucheniya programmirovaniju v vuze / T. A. Anishhik // Sovremennye informacionnye tehnologii v obrazovanii: materialy XXIX mezhdunarodnoj konferencii – М. : Poligraficheskij centr Moskovskogo izdatel'sko-poligraficheskogo kolledzha im. I. Fedorova, 2018. – S. 178–180.
8. Anishhik, T. A. Issledovanie problem processa obucheniya v vuze v uslovijah realizacii tradicionnoj i distancionnoj form i podhodov k ih resheniju s ispol'zovani-em neparametricheskikh metodov (chast' 1) / T. A. Anishhik, A. A. Ahljostova, E. O. Volkov // Politematiceskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2021. – №07(171). S. 1 – 25. – IDA [article ID]: 1712107001. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2021/07/pdf/01.pdf>, 1,562 u.p.l.
9. Bim-Bad, B. M. Pedagogicheskij jenciklopedicheskij slovar'. – М., 2002. S. 140.

10. Gniteckaja, T. N. Nauchno-metodicheskie i teoreticheskie aspekty vnutripredmetnyh svjazej : special'nost' 13.00.02 «Teorija i metodika obuchenija fizike» : dis. ... kand. ped. nauk / Gniteckaja T. N. – Vladivostok, 1998. – 113 s.
11. Dalinger, V. A. Sovershenstvovanie processa obuchenija matematike na osnove celenapravlennoj realizacii vnutripredmetnyh svjazej : monografija / V. A. Dalinger. – Omsk : Izdatel'stvo OmIPKRO, 1993. – 323 s.
12. Ermolaev, O. Ju. Matematicheskaja statistika dlja psihologov : uchebnik / O. Ju. Ermolaev – 2-e izd., ispr. – M. : Moskovskij psihologo-social'nyj institut Flinta, 2003. – 336 s.
13. Nasledov, A. D. Matematicheskie metody psihologicheskogo issledovanija. Analiz i interpretacija dannyh / A. D. Nasledov. – SPb. : Rech', 2012. – 392 s.
14. Nekrasova, N. A. Tematicheskij filosofskij slovar' : Uchebnoe posobie / N. A. Nekrasova, S.I. Nekrasov, O. G. Sadikova. – M.: MGU PS (MIIT), 2008. – 164 s.
15. Mezhpredmetnye, mezhkursovye i vnutrikursovye svjazi v obuchenii istorii // URL: <https://lektcii.net/1-103170.html> (data obrashhenija: 18.11.2021).
16. Petrov, A. V., Gur'ev A. I., Zhdanov V. G. Rol' principa politehnizma v sovremennoj sisteme obrazovanija // MNKO. 2009. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-printsipa-politehnizma-v-sovremennoj-sisteme-obrazovaniya> (data obrashhenija: 14.12.2021).
17. Popov, K. A. Ob osnovnyh tipah vnutripredmetnyh svjazej shkol'nogo kursa fiziki / K. A. Popov, P. A. Storchilov // Pis'ma v Jemissija.Offlajn. – 2014. – № 12. – S. 2291.
18. Social'naja informatika / Informacionnyj krizis // URL: <https://sites.google.com/site/halferinfo/infocrisis> (data obrashhenija: 18.10.2021).
19. Subbotina, A. V., Grzhibovskij A. M. Opisatel'naja statistika i proverka normal'nosti raspredelenija kolichestvennyh dannyh // Jekologija cheloveka. 2014. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opisatel'naja-statistika-i-proverka-normalnosti-raspredeleniya-kolichestvennyh-dannyh> (data obrashhenija: 29.09.2021).
20. Rebrova, O. Ju. Opisanie statisticheskogo analiza dannyh v original'nyh stat'jah. Tipichnye oshibki // Medicinskie tehnologii. Ocenka i vybor. 2011. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opisanie-statisticheskogo-analiza-dannyh-v-originalnyh-statyah-tipichnye-oshibki-1> (data obrashhenija: 13.12.2021).
21. Ushinskij, K. D. Sobranie sochinenij : v 10 t. Akad. ped. nauk RSFSR. In-t teorii i istorii pedagogiki. – Moskva; Leningrad : Akad. ped. nauk RSFSR, 1948-1952.
22. Jekonomika / Test na normal'nost' raspredelenija vektora sluchajnyh vozmushhenij // URL: [https://bstudy.net/720439/ekonomika/test\\_normalnost\\_raspredeleniya\\_vektora\\_sluchajnyh\\_vozmuscheniy](https://bstudy.net/720439/ekonomika/test_normalnost_raspredeleniya_vektora_sluchajnyh_vozmuscheniy) (data obrashhenija: 17.12.2021).