

**Научная статья****УДК 378****DOI: 10.25683/VOLBI.2024.68.1042****Sofya Valerievna Danilenko**

Candidate of Pedagogy,  
Associate Professor of the Institute  
of Advanced Information Technologies,  
Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University  
Tula, Russian Federation  
sv.danilenko@gmail.com

**Yulia Mikhailovna Martynyuk**

Candidate of Pedagogy,  
Associate Professor of the Institute  
of Advanced Information Technologies,  
Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University  
Tula, Russian Federation  
juliamart@ya.ru

**Valentina Sergeevna Vankova**

Candidate of Physics and Mathematics,  
Associate Professor of the Institute  
of Advanced Information Technologies,  
Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University  
Tula, Russian Federation  
vsvankova@gmail.com

**Софья Валерьевна Даниленко**

канд. пед. наук,  
доцент института передовых информационных технологий,  
Тульский государственный педагогический университет  
им. Л. Н. Толстого  
Тула, Российская Федерация  
sv.danilenko@gmail.com

**Юлия Михайловна Мартынюк**

канд. пед. наук,  
доцент института передовых информационных технологий,  
Тульский государственный педагогический университет  
им. Л. Н. Толстого  
Тула, Российская Федерация  
juliamart@ya.ru

**Валентина Сергеевна Ванькова**

канд. физ.-мат. наук,  
доцент института передовых информационных технологий,  
Тульский государственный педагогический университет  
им. Л. Н. Толстого  
Тула, Российская Федерация  
vsvankova@gmail.com

## МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ МАГИСТРАНТОВ К ПРИМЕНЕНИЮ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

5.8.2 — Теория и методика обучения и воспитания (по областям и уровням образования)

**Аннотация.** В статье рассматривается методика подготовки магистрантов, обучающихся по направлению 44.04.01 «Педагогическое образование» профилями «Математика» и «Информатика», к применению методов математической статистики для обработки результатов педагогических измерений. Авторами предлагается изучать методы статистической обработки данных пошагово, в соответствии со следующей схемой: рассмотрение общей сути метода и практических примеров его применения из области образования; формулировка различных вариантов гипотез в соответствии с задачей исследования; учет условий и ограничений применения метода в зависимости от типа шкалы, типа выборки, объема выборки, типа статистического метода и др.; выполнение каждого шага алгоритма для реализации выбранного метода с учетом выделенных условий и ограничений решаемой задачи исследования. Реализация предложенной методики рассмотрена в статье на примере изучения *t*-критерия Стьюдента, имеющего значительное количество ограничений, особенностей и условий, накладываемых на его практическое применение. В данном контексте определено и при рассмотрении методики учтено, что *t*-критерий Стьюдента применяется для анализа количественных данных, требует нормального распределения (является параметриче-

ским), может быть использован для проверки гипотезы о различии средних значений только для двух групп, может применяться только в том случае, когда дисперсии в обеих группах равны. При этом подчеркивается, что точные выводы о равенстве дисперсий так же, как и о нормальности распределения, невозможно сделать без применения специальных методик.

Эффективность предложенной авторами методики подтверждается результатами итоговой аттестации магистрантов по дисциплине «Диагностика образовательных результатов на основе больших данных», в рамках которой изучались методы статистической обработки данных. Оценка результатов деятельности магистрантов показала, что студентами были правильно определены критерии и показатели, необходимые для проведения экспериментальной работы в рамках диссертационного исследования, грамотно сформулированы статистические гипотезы, корректно подобраны соответствующие статистические методы и обработаны результаты педагогических измерений.

**Ключевые слова:** математическая статистика, педагогическое образование, эксперимент, результаты педагогических измерений, *t*-критерий Стьюдента, статистическая гипотеза, ограничения, исследование, магистратура, статистические методы

**Для цитирования:** Даниленко С. В., Мартынюк Ю. М., Ванькова В. С. Методика подготовки магистрантов к применению методов математической статистики для обработки результатов педагогических измерений // Бизнес. Образование. Право. 2024. № 3(68). С. 411—416. DOI: 10.25683/VOLBI.2024.68.1042.

## METHODOLOGY OF TRAINING MASTER'S STUDENTS TO USE METHODS OF MATHEMATICAL STATISTICS TO PROCESS THE RESULTS OF PEDAGOGICAL MEASUREMENTS

5.8.2 — Theory and methodology of training and education (by areas and levels of education)

**Abstract.** The article discusses the methodology for training master's students studying in the direction 44.04.01 "Pedagogical Education" of the Mathematics and Computer Science profiles to use methods of mathematical statistics to process the results of pedagogical measurements. The authors propose to study methods of statistical data processing step by step, in accordance with the following scheme: consideration of the general essence of the method and practical examples of its application from the field of education; formulation of various hypotheses in accordance with the research objective; taking into account the conditions and limitations of using the method depending on the type of scale, type of sample, sample size, type of statistical method, etc.; execution of each step of the algorithm to implement the selected method, taking into account the selected conditions and limitations of the research problem being solved. The implementation of the proposed methodology is discussed in the article using the example of studying Student's *t*-test, which has a significant number of limitations, features and conditions imposed on its practical application. In this context, it is determined and when considering the methodology is taken into account that Student's *t*-test is used to analyze quantitative data, requires a normal dis-

tribution (is parametric), can be used to test the hypothesis about the difference in mean values only for two groups, can be used only when the variance in both groups is equal. At the same time, it is emphasized that accurate conclusions about the equality of variances, as well as about the normality of the distribution, cannot be made without the use of special techniques.

The effectiveness of the methodology proposed by the authors is confirmed by the results of the final certification of master's students in the discipline "Diagnostics of educational results based on big data", within the framework of which methods of statistical data processing were studied. Evaluation of the master's students' performance results showed that the students correctly identified the criteria and indicators necessary for conducting experimental work within the dissertation research, correctly formulated statistical hypotheses, correctly selected the appropriate statistical methods and processed the results of pedagogical measurements.

**Keywords:** mathematical statistics, teacher education, experiment, results of pedagogical measurements, Student's *t*-test, statistical hypothesis, limitations, research, master's degree, statistical methods

**For citation:** Danilenko S. V., Martynyuk Yu. M., Vankova V. S. Methodology of training master's students to use methods of mathematical statistics to process the results of pedagogical measurements. *Biznes. Obrazovanie. Pravo = Business. Education. Law.* 2024;3(68):411—416. DOI: 10.25683/VOLBI.2024.68.1042.

### Введение

**Актуальность.** В федеральном государственном образовательном стандарте высшего образования по направлению подготовки 44.04.01 «Педагогическое образование» в категории общепрофессиональных компетенций выделяется умение «разрабатывать программы мониторинга результатов образования обучающихся, разрабатывать и реализовывать программы преодоления трудностей в обучении» (ОПК-5). Развитие указанной компетенции невозможно без детального рассмотрения математических и статистических методов обработки данных педагогических исследований.

**Изученность проблемы.** Проблемам формирования и развития компетенций в области аналитики образовательных данных посвящены работы О. А. Агатовой [1], Е. Г. Евсеевой [2], С. Vieira, P. Parsons, V. Byrd [3]. В работах Е. В. Кондрашовой [4], Aithal Architha, P. S. Aithal [5] отмечается, что применение статистических методов в анализе результатов педагогических измерений позволяет: проводить более точную и объективную оценку полученных данных; устанавливать степень достоверности полученных результатов, сходство и различия исследуемых объектов; выявлять успешные и неэффективные методики обучения, позволяя оптимизировать образовательный процесс. При этом С. И. Тороповой [6] отмечаются факты недостаточного и необоснованного использования статистических методов в ходе анализа результатов педагогического эксперимента студентами. F. Crettaz von Roten, Y. de Roten [7] считают, что проблемы успешного изучения статистических методов связаны с непониманием студентами их значимости и боязнью столкнуться со сложностями при изучении.

**Целесообразность разработки темы.** Выбор статистического метода для оценки результатов педагогических измерений зависит от ряда факторов, включая тип данных, цели исследования, распределение данных, размер выборки и др. [8]. Кроме того, приведенные в подавляющем большинстве соответствующих источников описания алгоритмов проверки статистических гипотез не учитывают всех деталей и ограничений распространенных методик, а их реализация рассматривается с использованием программных пакетов статистического анализа: *MS Excel*, *Statistica* [9; 10], — что не позволяет уловить суть метода, а предполагает лишь механическое заполнение данных.

**Научная новизна** исследования состоит в обосновании методики пошагового изучения методов математической статистики для обработки результатов педагогических измерений.

**Целью** исследования является разработка методики подготовки магистрантов к применению методов математической статистики для обработки результатов педагогических измерений.

Для достижения поставленной цели предполагается решение следующих задач:

- проанализировать научно-методическую литературу по проблеме исследования;
- разработать методику пошагового изучения методов математической статистики для обработки результатов педагогических измерений.

**Теоретическая значимость** исследования определяется обоснованием предложенной методики формирования у обучающихся компетенций, необходимых для проведения мониторинга образовательных результатов.

**Практическая значимость** исследования определяется возможностью использования предложенной методики для подготовки студентов к применению методов математической статистики при обработке результатов педагогических измерений.

### Основная часть

Особенности применения методов статистической обработки данных изучались магистрантами указанного направления подготовки в рамках дисциплины «Диагностика образовательных результатов на основе больших данных». Рассматривались такие методы, как  $G$ -критерий знаков, критерий Уилкоксона, критерий хи-квадрат Пирсона,  $t$ -критерий Стьюдента. Общий алгоритм исследования каждого метода проводился по следующей схеме:

- 1) общая суть метода и примеры практических задач из области образования;
- 2) возможные варианты гипотез в зависимости от задачи исследования;
- 3) условия и ограничения применения метода с указанием: типа шкалы (порядковая, интервальная, отношений, наименований), типа выборки (зависимая, независимая), ограничений объема выборки, типа статистического метода (параметрический, непараметрический), количества групп для исследования и др.;
- 4) общая последовательность действий при использовании метода (пошаговый алгоритм);
- 5) разбор пошагового алгоритма на конкретных примерах из области образования.

Рассмотрим предлагаемую методику изучения статистических методов на примере  $t$ -критерия Стьюдента.

*t*-Критерий Стьюдента — параметрический критерий, позволяющий установить, вызвано ли расхождение между средними значениями и дисперсиями двух выборок случайными ошибками измерения, или оно связано с влиянием каких-либо неслучайных факторов [11]. Данный метод имеет ряд ограничений:

1. Применяется для проверки гипотез о расхождении между средними значениями и дисперсиями только для двух групп.

2. Применяется для анализа количественных данных. При проведении педагогических измерений полученные результаты фиксируются в виде качественных (номинативная, порядковая) и количественных (интервальная, шкала отношений) шкал.  $t$ -Критерий Стьюдента применим к измерениям, представленным в виде интервальной шкалы или шкалы отношений.

3. Требуется нормального распределения. В формулу расчета значения  $t$ -критерия Стьюдента включены такие параметры распределения, как среднее значение и дисперсия. В этой связи необходимо проверить нормальность распределения полученных измерений. Предварительная оценка соответствия измеряемых данных закону нормального распределения возможна на основе графического метода. Однако, доказательной базы данный метод не имеет, и на его основе нельзя делать выводы о нормальности распределения измеряемого значения. Для оценки соответствия измеряемых признаков нормальному закону распределения возможно применение метода Е. И. Пустыльника [12].

4. Применяется только в том случае, когда дисперсии в обеих группах приблизительно равны. Для анализа соответствия данному ограничению необходимо воспользо-

ваться одним из методов оценки равенства дисперсий: критерий Фишера, тест Левена, критерий Кохрена [13; 14].

Рассмотрим примеры исследований, для которых применим  $t$ -критерий Стьюдента:

1. Первая выборка — учащиеся, которые обучались по методике А. Вторая выборка — учащиеся, которые обучались по методике Б. В обеих выборках производился подсчет количества призовых мест в олимпиадах за текущий учебный год. Требуется выяснить, имеется ли существенное различие между методиками А и Б, влияющее на эффективность подготовки учащихся к олимпиадам.

2. Проводится измерение предметных результатов усвоения основной образовательной программы у учащихся 7В класса по математике в начале второй и третьей четвертей. Требуется определить, имеются ли существенные различия в полученных результатах.

На основе анализа особенностей реализации  $t$ -критерия Стьюдента опишем общую последовательность действий:

1. Заносим результаты измерений исследуемых показателей в таблицу.
2. Производим расчет основных показателей описательной статистики: среднее значение, дисперсия.
3. Производим проверку соответствия распределения результатов измерений нормальному закону распределения.
4. Определяем значение уровня значимости в зависимости от строгости исследования.
5. Формулируем гипотезы.

Примеры гипотез для независимых выборок:

- $H_0$ : средние значения измеряемого признака в обеих группах не различаются, предложенные методики не оказывают существенного влияния на измеряемый признак.
- $H_1$ : средние значения измеряемого признака в обеих группах статистически значимо различаются, предложенные методики оказывают существенное влияние на измеряемый признак.

Примеры гипотез для зависимых выборок:

- $H_0$ : статистически значимое отличие в измеряемых показателях отсутствует.
- $H_1$ : статистически значимое отличие в измеряемых показателях подтверждается.

6. Рассчитываем значение  $t$ -критерия Стьюдента по следующим формулам [11]:

— для независимых выборок:

$$t_{\text{эмп}} = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1) \cdot \sigma_1^2 + (n_2 - 1) \cdot \sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \cdot \frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2}}}$$

где  $n_1, n_2$  — количество испытуемых в выборках;

$\bar{x}_1, \bar{x}_2$  — средние арифметические значения в выборках;

$\sigma_1, \sigma_2$  — стандартные отклонения в выборках;

$n_1 + n_2 - 2$  — количество степеней свободы;

— для зависимых выборок:

$$t_{\text{эмп}} = \frac{\bar{r}}{\sigma_r / \sqrt{n}}$$

где  $\bar{r}$  — среднее значение разности всех пар показателей;

$\sigma_r$  — среднее квадратическое отклонение значений разностей;

$\sqrt{n}$  — число нар наблюдений.

7. Определяем величину критического значения критерия  $t_{кр}$  в соответствии с выбранным уровнем значимости и количеством испытуемых в выборках.

8. Сравниваем полученное расчетное значение и критическое значение.

9. Делаем соответствующие выводы: если значение  $t$ -критерия Стьюдента больше критического, то нулевая гипотеза отвергается, и различия признаются статистически значимыми, в противном случае различия считаются случайными и незначимыми.

Рассмотрим следующий пример расчета  $t$ -критерия Стьюдента: учащиеся в группе 1 обучались по методике А. Учащиеся в группе 2 обучались по методике Б. Значения в выборках — это результаты тестирования для определения уровня знаний по предмету. Требуется определить, есть ли существенные различия между двумя предлагаемыми методиками.

Проведем анализ рассматриваемого примера в соответствии с определенными ранее ограничениями и алгоритмом реализации.

В исследовании принимают участие только две группы испытуемых (первое ограничение выполняется). Измерение исследуемого признака производится с помощью количественной шкалы отношений: результаты тестирования по предмету (второе ограничение выполняется). Данные результатов произведенных измерений занесем в таблицу.

**Результаты измерений в группах**

№	Результаты группы 1	Результаты группы 2	№	Результаты группы 1	Результаты группы 2
1	30	46	16	34	42
2	45	49	17	33	40
3	41	52	18	49	58
4	38	55	19	32	54
5	34	56	20	46	53
6	36	40	21	41	51
7	31	47	22	44	57
8	30	51	23	38	56
9	49	58	24	50	44
10	50	46	25	37	42
11	51	46	26	39	49
12	46	56	27	40	50
13	41	53	28	46	55
14	37	57	29	42	43
15	36	44			

Произведем расчеты средних значений в обеих выборках:

- среднее значение в группе 1 = 40;
- среднее значение в группе 2 = 50.

Средние значения отличаются друг от друга, следовательно, можно предположить, что одна из методик более эффективна, а потому необходима проверка статистически значимых различий произведенных измерений при помощи  $t$ -критерия Стьюдента.

Произведем расчеты дисперсий в обеих выборках по следующей формуле [13]:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1},$$

где  $x_i$  — порядковое значение измеряемого признака в выборке;

$\bar{x}$  — среднее значение выборки;

$n$  — количество элементов выборки.

Произведем расчеты значения дисперсии в обеих выборках:

- значение дисперсии в группе 1 = 41,53;
- значение дисперсии в группе 2 = 33,29.

По полученным результатам произвести оценку равенства дисперсий не представляется возможным, поэтому проведем сравнение дисперсий с помощью критерия Фишера, для этого воспользуемся формулой [16]:

$$F_{эмп} = \begin{cases} \frac{\sigma_x^2}{\sigma_y^2}, & \text{если } \sigma_x^2 > \sigma_y^2 \\ \frac{\sigma_y^2}{\sigma_x^2}, & \text{если } \sigma_y^2 > \sigma_x^2 \end{cases},$$

где  $\sigma_x^2, \sigma_y^2$  — дисперсии первой и второй выборки соответственно.

Произведем расчеты эмпирического значения по критерию Фишера для нашего случая:

$$F_{эмп} = 41,53 / 33,29 = 1,25.$$

Для определения критического значения критерия Фишера произведем подсчет числа степеней свободы в соответствии с формулой [15]:

$$k = n - 1,$$

где  $n$  — количество элементов выборки.

В рассматриваемом примере количество измерений в обоих случаях одинаково, а потому число степеней свободы для обеих выборок будет равно:

$$k = 29 - 1 = 28.$$

В соответствии с таблицей найдем критическое значение критерия Фишера при уровне значимости  $q = 0.056$ :

$$F_{крит} = 1,65.$$

Сравнивая полученные значения, приходим к следующему выводу: т. к.  $F_{эмп} < F_{крит}$  ( $1,25 < 1,65$ ), то на уровне значимости 0,05 можно заключить, что статистически значимых различий в значениях дисперсий нет. Однородность дисперсии подтверждена, дальнейшее применение  $t$ -критерия Стьюдента возможно.

Проведем оценку соответствия полученных экспериментальных данных нормальному закону распределения, применив для анализа метод Е. И. Пустыльника. В соответствии с методом произведем подсчет эмпирических значений показателей асимметрии ( $A$ ) и эксцесса ( $Ex$ ) [12]:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{n \cdot \sigma^3},$$

$$Ex = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{n \cdot \sigma^4} - 3,$$

где  $x_i$  — порядковое значение измеряемого признака в выборке;

$\bar{x}$  — среднее значение в выборке;

$\sigma$  — стандартное отклонение;

$n$  — количество наблюдений.

Для рассматриваемой задачи эмпирические значения равны:

$$A_1 = 0,09; Ex_1 = -1,24;$$

$$A_2 = -0,23; Ex_2 = -1,36.$$

Далее рассчитаем критические значения для показателей  $A$  и  $Ex$  по формулам Е. И. Пустыльника [12]:

$$A_{кр} = 3 \cdot \sqrt{\frac{6 \cdot (n-1)}{(n+1) \cdot (n+3)}},$$

$$Ex_{кр} = 5 \cdot \sqrt{\frac{24 \cdot n \cdot (n-2) \cdot (n-3)}{(n+1)^2 \cdot (n+3) \cdot (n+5)}}.$$

Для рассматриваемой задачи критические значения равны:

$$A_{кр} = 1,25; Ex_{кр} = 3,53.$$

В соответствии с методом Е. И. Пустыльника наблюдаемое распределение считается нормальным, если  $|A| \leq A_{кр}$  и  $|Ex| \leq Ex_{кр}$ .

Сопоставим полученные эмпирические и критические значения для рассматриваемого случая:

$$0,09 \leq 1,25 \Rightarrow |A| \leq A_{кр};$$

$$1,24 \leq 3,53 \Rightarrow |Ex| \leq Ex_{кр}.$$

Таким образом, наблюдаемое распределение можно считать нормальным, и исследование с помощью  $t$ -критерия Стьюдента возможным.

Определим значение уровня значимости. В нашем случае выбираем 0,05.

Сформулируем гипотезы:

- $H_0$ : различие средних значений уровня знаний по предмету в обеих выборках статистически не значимы.
- $H_1$ : средние значения уровня знаний по предмету в обеих выборках статистически значимо различаются.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Агатова О. А. Data-компетенции субъектов педагогической и управленческой аналитики в образовании // Образование и саморазвитие. 2022. Т. 17. № 4. С. 218—239. DOI: 10.26907/esd.17.4.16.
2. Евсеева Е. Г. Развитие компетенций будущего учителя математики в сфере аналитики образовательных данных // Дидактика математики: проблемы и исследования. 2023. № 3(59). С. 53—61. DOI: 10.24412/2079-9152-2023-59-53-61.
3. Vieira C., Parsons P., Byrd V. Visual learning analytics of educational data: A systematic literature review and research agenda // Computers & Education. 2018. Vol. 122. Pp. 119—135. DOI: 10.1016/j.compedu.2018.03.018.
4. Кондрашова Е. В. Применение методов математической статистики при проведении педагогического эксперимента // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 2. С. 162—169. DOI: 10.17513/snt.38512.
5. Architha Aithal, Aithal P. S. Development and Validation of Survey Questionnaire & Experimental Data – A Systematical Review-based Statistical Approach // International Journal of Management, Technology, and Social Sciences. 2020. Vol. 5. Iss. 2. Pp. 233—251. DOI: 10.5281/zenodo.4179499.
6. Торопова С. И. Методы математической статистики как средство формирования профессиональных компетенций студентов-экологов // Образование и наука. 2018. № 3. С. 53—82. DOI: 10.17853/1994-5639-2018-3-53-82.
7. Crettaz von Roten F., de Roten Y. Undergraduate sport sciences students' attitudes towards statistics: A gender perspective // Journal of Hospitality, Leisure, Sport & Tourism Education. 2023. Vol. 33. Art. 100452. DOI: 10.1016/j.jhlste.2023.100452.
8. Богомолова Е. В. Корреляционный анализ в современном педагогическом эксперименте // Информатика и прикладная математика. 2020. № 26. С. 20—25.
9. Антипина Н. М., Захаров В. Н., Протасов Ю. М., Юров В. М. Непараметрический критерий различия для двух связанных выборок в табличном редакторе MS Excel // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2021. № 2. С. 47—55.

Произведем расчеты значения  $t$ -критерия Стьюдента для двух независимых выборок в соответствии с представленной выше формулой. Для рассматриваемой задачи  $t_{эмп} = 6,097$

Для определения критического значения  $t$ -критерия Стьюдента вычислим число степеней свободы:

$$k = 29 + 29 - 2 = 56.$$

В соответствии с таблицей определим величину критического значения критерия ( $t_{кр}$ ) при выбранном уровне значимости (0,05). Критическое значение  $t_{кр} = 2,003$ .

Сравним полученное расчетное значение  $t$ -критерия Стьюдента и критическое значение:  $6,09 > 2,003$ . Так как полученное эмпирическое значение  $t$ -критерия Стьюдента превышает критическое для уровня значимости 0,05, то нулевая гипотеза отвергается и принимается гипотеза  $H_1$ .

**Вывод:** с помощью  $t$ -критерия Стьюдента было доказано, что средние значения уровня знаний по предмету в обеих выборках статистически значимо различаются, и можно заключить, что вторая методика эффективнее по сравнению с первой.

## Выводы

Анализ научно-методической литературы заявленной тематики позволил определить степень изученности проблемы, сформулировать цель и задачи исследования. Разработанная методика была апробирована в процессе организации образовательного процесса с магистрантами, обучающимися по направлению 44.04.01 «Педагогическое образование». По результатам изучения дисциплины «Диагностика образовательных результатов на основе больших данных» 91 % магистрантов правильно определили критерии и показатели, необходимые для проведения экспериментальной работы в рамках диссертационных исследований, 83 % магистрантов верно подобрали соответствующие статистические методы и смогли корректно обработать результаты педагогических измерений. Полученные данные дают основание утверждать, что предложенная методика применения методов математической статистики для обработки результатов педагогических измерений позволяет глубже понять суть, условия применимости и критерии отбора каждого метода.

10. Камышникова Н. Н., Шевченко А. С. Применение математического пакета Statistica для первичной обработки экспериментальных данных в методе инверсионной вольтамперометрии // Ползуновский альманах. 2020. № 1. С. 19—24.
11. Рядинская Е. Н., Бондарь Л. С., Богрова К. Б. Различные варианты расчета t-критерия Стьюдента в психологии // Вестник Донецкого национального университета. Серия Д: Филология и психология. 2020. № 2. С. 146—154.
12. Ветров А. О. Исследование чувствительности различных методов определения нормальности распределения в статистической обработке результатов анализа крови // Молодежная наука и современность : материалы 88-й Междунар. науч. конф. студентов и молодых ученых : в 4 т. Курск : Кур. гос. мед. ун-т 2023. Т. 1. С. 8—10.
13. Дудина А. А. Дисперсионный анализ // NovaInfo.Ru. 2017. № 58. Т. 2. С. 4—9.
14. Бальчугов А. В. Методика статистической обработки результатов тестирования знаний // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2021. № 8. С. 363—364.
15. Гришкина Т. Е. Методика решения исследовательских задач бакалавров психологов с применением F-критерия Фишера // Тенденции развития науки и образования. 2021. № 70-4. С. 59—62. DOI: 10.18411/lj-02-2021-130.

## REFERENCES

1. Agatova O. A. Data Competence of Subjects of Pedagogical and Managerial Analytics for Evidence-based Development of Education. *Obrazovanie i Samorazvitie = Education and Self Development*. 2022;17(4):218—239. (In Russ.) DOI: 10.26907/esd.17.4.16.
2. Evseeva E. Developing of future mathematics teacher' competencies in the field of educational data analytics. *Didaktika matematiki: problemy i issledovaniya = Didactics of Mathematics: Problems and Investigations*. 2023;3(59):53—61. (In Russ.) DOI: 10.24412/2079-9152-2023-59-53-61.
3. Vieira C., Parsons P., Byrd V. Visual learning analytics of educational data: A systematic literature review and research agenda. *Computers & Education*. 2018;122:119—135. DOI: 10.1016/j.compedu.2018.03.018.
4. Kondrashova E. V. Application of mathematical statistics methods in a pedagogical experiment. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii = Modern high technologies*. 2021;2:162—169. (In Russ.) DOI: 10.17513/snt.38512.
5. Architha Aithal, Aithal P. S. Development and Validation of Survey Questionnaire & Experimental Data – A Systematical Review-based Statistical Approach. *International Journal of Management, Technology, and Social Sciences*. 2020;5(2):233—251. DOI: 10.5281/zenodo.4179499.
6. Toropova S. I. Methods of mathematical statistics as a means of professional competence formation of students-ecologists. *Obrazovanie i nauka = The Education and science journal*. 2018;20(3):53—82. (In Russ.) DOI: 10.17853/1994-5639-2018-3-53-82.
7. Crettaz von Roten F., de Roten Y. Undergraduate sport sciences students' attitudes towards statistics: A gender perspective. *Journal of Hospitality, Leisure, Sport & Tourism Education*. 2023;33:100452. DOI: 10.1016/j.jhlste.2023.100452.
8. Bogomolova E. V. Correlation analysis in modern pedagogical experiment. *Informatika i prikladnaya matematika*. 2020;26:20—25. (In Russ.)
9. Antipina N., Zakharov V., Protasov Yu., Yurov V. Non-parametric criterion of difference for two related samples in table editor MS Excel. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Ekonomika = Bulletin of Moscow Region State University. Series: Economics*. 2021;2:47—55. (In Russ.)
10. Kamyshnikova N. N., Shevchenko A. S. Application of the Statistica mathematical package for primary processing of experimental data in the stripping voltammetry method. *Polzunovskii al'manakh*. 2020;1:19—24. (In Russ.)
11. Ryadinskaya Ye. N., Bondar L. S., Bogrova K. B. Various options of calculating Student's t-test in psychology. *Vestnik Donetskogo natsional'nogo universiteta. Seriya D: Filologiya i psikhologiya = Bulletin of the Donetsk National University. Series D: Philology and Psychology*. 2020;2:146—154. (In Russ.)
12. Vetrov A. O. Study of the sensitivity of various methods for determining the normality of distribution in the statistical processing of blood test results. *Molodezhnaya nauka i sovremennost' = Youth science and modernity. Proceedings of the 88th international scientific conference of students and young scientists*. Kursk, Kursk State Medical University publ., 2023;1:8—10. (In Russ.)
13. Dudina A. A. Dispersion analysis. *NovaInfo.Ru*. 2017;58(2):4—9. (In Russ.)
14. Balchugov A. V. Methodology of statistical processing of knowledge testing results. *Sovremennye tekhnologii i nauchno-tekhnicheskii progress*. 2021;8:363—364. (In Russ.)
15. Grishkina T. E. Methodology for solving research problems of bachelors of psychologists using Fisher's F-criterion. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2021;70-4:59—62. (In Russ.) DOI: 10.18411/lj-02-2021-130.

Статья поступила в редакцию 12.05.2024; одобрена после рецензирования 10.06.2024; принята к публикации 25.06.2024.  
The article was submitted 12.05.2024; approved after reviewing 10.06.2024; accepted for publication 25.06.2024.