

УДК 681.300

Структурный принцип при осуществлении мониторинга преподавания дисциплин гуманитарного направления

- Бурсиан Елена Юрьевна** — канд. техн. наук, доцент кафедры «Высшая математика». Научные интересы: распознавание рукописного текста, нейронные сети, математическое моделирование с помощью теории графов. E-mail: bursianeu@mail.ru
- Минеева Диана Дмитриевна** — студент 2-го курса направления 10.05.03 «Информационная безопасность автоматизированных систем». Научные интересы: информационная безопасность, нейронные сети. E-mail: i4160@mail.ru
- Ушакова Тамара Ивановна** — старший преподаватель кафедры «Высшая математика». Научные интересы: распознавание рукописного текста, нейронные сети, математическое моделирование с помощью теории графов. E-mail: ushakova960@gmail.com

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Бурсиан Е. Ю., Минеева Д. Д., Ушакова Т. И. Структурный принцип при осуществлении мониторинга преподавания дисциплин гуманитарного направления // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2025. № 2 (42). С. 50–57. DOI: 10.20295/2413-2527-2025-242-50-57

Аннотация. Представлены результаты статистической обработки опросов студентов об их отношении к некоторым дисциплинам гуманитарного цикла. **Цель исследования:** выявление структурных связей между дисциплинами и типами целевой ориентации обучающихся. **Методы:** использование статистических методик на базе коэффициентов ранговой корреляции и теории графов. **Результаты:** создана экспериментальная модель образовательного процесса для цикла дисциплин гуманитарного направления в университете, обеспечивающая качественный анализ педагогической деятельности. Построенная модель основана на вероятностных и статистических методах теории графов. Разработан комплекс программ, необходимый для функционирования модели на языке Вольфрам. Достигнуто повышение интереса студентов к управлению образовательной деятельностью и созданию условий для ее совершенствования и установления необходимых связей между участниками образовательной деятельности. **Практическая значимость:** построенная модель позволяет участникам педагогического процесса, в частности студентам, активно участвовать в педагогической деятельности университета.

Ключевые слова: мониторинг учебного процесса, коэффициент корреляции Спирмена, коэффициент корреляции Кендалла, структурная модель, выборочное среднее

2.3.1 — системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки);
1.2.2 — математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки)

Введение

Необходимый компонент мониторинга образовательного процесса — учет пожеланий студентов и тенденций развития современного образования [1, 2].

Существующая система не в полной мере учитывает пожелания и требования студентов [3–5]. Необходимо выявить реальную значимость для студен-

тов различных методов преподавания и организации учебного процесса (дискуссии, проекты).

Разработка методов учета требований студентов к учебному процессу

В представленной модели выделены ключевые показатели: вовлеченность студентов в образовательный процесс; актуальность, логичность, структурированность, доступность и адаптивность, а также четкость изложения учебного материала; соразмерность учебной нагрузки; наличие обратной связи от преподавателя.

Таким образом, для анализа взаимосвязей между дисциплинами, формирующими общие компетенции гуманитарного аспекта, предложено использовать представление в виде графа. Граф позволяет одновременно учитывать как количественные данные, так и качественные зависимости. Вершины графа соответствуют дисциплинам, при этом построение начинается с вершины, имеющей наивысший средний балл оценки в рамках рассматриваемой группы. Использование ядер и центров графа позволяет определить дисциплины, играющие наиболее важную роль в формировании общих компетенций. Ребра графа определяются на основе наиболее значимых связей и согласованности между дисциплинами, а вершины нагружаются скалярными или векторными характеристиками, полученными в ходе экспериментальных исследований, что дает возможность интеграции данных в единую систему анализа [6–9].

Тем самым построение структурной модели зависимостей между предметами гуманитарного аспекта в работе предлагается основывать на коэффициентах ранговой корреляции. При этом испытуемые заполняют таблицы критериальных значений независимо друг от друга. Эксперимент позволяет построить векторы ранговых показателей сравниваемых предметов a_1, a_2, \dots, a_k и b_1, b_2, \dots, b_k [10]. В работе использовался следующий метод нахождения коэффициента ранговой корреляции Спирмена ρ :

1. Если показатели имеют одинаковые значения $a_p \dots a_q$, они заменяются на

$$a'_i = \frac{(a'_p + \dots + a'_q)}{(p - q + 1)},$$

где

$$a'_i = a_i + \varepsilon_i, \varepsilon_i \neq 0, i, j \in \overline{1, k}, \varepsilon_i \neq \varepsilon_j \text{ при } i \neq j,$$

ε_i — величины, выбираемые достаточно малыми для того, чтобы взаимный порядок различающихся a_i не изменился. Индексы испытуемых (компоненты векторов) $\overline{a_i}$ устанавливаются на основе упорядочивания результирующих величин вектора a_i . Аналогичная процедура производится для вектора $b_1 \dots b_k$.

2. Для нахождения коэффициента ранговой корреляции Спирмена используется формула:

$$\rho = 1 - \frac{\sum_{i=1}^k (\overline{a_i} - \overline{b_i})^2}{C_{k+1}^3}.$$

При построении структурной модели образовательного процесса рассматривается пример применения корреляционных методик, основанных на независимой оценке преподавания дисциплин студентами. В ходе исследования сформированы два массива ранжированных оценок сравниваемых дисциплин: X_1, X_2, \dots, X_n и Y_1, Y_2, \dots, Y_n , где n — объем выборки.

Для вычисления коэффициента ранговой корреляции Кендалла применяется алгоритм вычисления τ_B , так как применение алгоритма вычисления τ_A не приводит к удовлетворительным результатам при равных значениях компонент сравниваемых векторов.

1. Все пары компонент сравниваемых векторов распределяются по трем категориям.

К первой категории (координированные пары) относятся пары индексов i и j , значения показателей которых в обоих массивах одновременно строго возрастают или строго убывают, то есть

$$\overline{a_i} > \overline{a_j} \wedge \overline{b_i} > \overline{b_j} \vee \overline{a_i} < \overline{a_j} \wedge \overline{b_i} < \overline{b_j}.$$

Ко второй категории (дискоординированные пары) принадлежат пары индексов i и j , для которых возрастание значений показателей происходит в противоположных направлениях, то есть

$$\overline{a_i} > \overline{a_j} \wedge \overline{b_i} < \overline{b_j} \vee \overline{a_i} < \overline{a_j} \wedge \overline{b_i} > \overline{b_j}.$$

К третьей категории (пары, не являющиеся ни координированными, ни дискоординированными) относятся все оставшиеся пары, то есть пары, значения показателей которых хотя бы в одном из массивов равны:

$$\overline{a_i} = \overline{a_j} \vee \overline{b_i} = \overline{b_j}.$$

2. Коэффициент ранговой корреляции Кендалла находится при помощи формулы:

$$\tau_B = \frac{K_c - K_d}{\sqrt{D_a D_b}},$$

где K_c — число пар первой категории;

K_d — число пар второй категории;

D_a — число пар, значения которых в массиве a различны;

D_b — число пар, значения которых в массиве b различны.

Формула

$$|\rho| > t_{crit}(\alpha, n-2) \sqrt{\frac{1-\rho^2}{n-2}}$$

дает значимость коэффициента корреляции Спирмена ρ . То есть

$$|\rho| > \rho_{crit} = \sqrt{1 - \frac{n-2}{n-2 + t_{crit}^2(\alpha, n-2)}},$$

где t_{crit} — критическая точка распределения Стюдента.

Формула

$$\left| \operatorname{erf} \left(\tau_B \sqrt{\frac{9n(n-1)}{4(2n+5)}} \right) \right| > 1 - \alpha$$

дает значимость коэффициента корреляции Кендалла τ_B , где $\operatorname{erf}(x)$ — Гауссова функция ошибок,

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt.$$

Приведенные формулы позволяют статистически оценить значимость коэффициентов корреляции Спирмена и Кендалла, что является важным инструментом для анализа полученных экспериментальных данных.

Статистические оценки значений исследуемых показателей эффективности педагогического процесса в университете

В ходе эксперимента осуществлялся мониторинг учебного процесса на втором и третьем курсах в отношении студентов наборов 2022 и 2023 годов в двух учебных группах.

Анкетирование осуществлялось в анонимной форме с использованием онлайн-опроса. Студентам предлагалось оценить преподавание ряда дисциплин на основе качественных субъективных характеристик следующих дисциплин: иностранный язык, русский язык, история, философия и психология. Оценивание проводилось по десятибалльной шкале, что обеспечивает ясность восприятия и высокую степень детализации оценок. Данная шкала позволяет фиксировать минимальные различия, повышая точность результатов и упрощая их статистическую обработку.

Результаты эксперимента представлены в виде графических моделей. В каждом отдельном случае выделенной дисциплине соответствует центральная вершина графа. Остальным вершинам графа соответствуют гуманитарные дисциплины, способствующие развитию личностных и универсальных навыков. Соответствие дисциплин вершинам графа представлено в табл. 1.

Таблица 1

Соответствие дисциплин вершинам графа

Наименование дисциплины	Номер вершины графа
Иностранный язык	1
Русский язык	2
История	3
Философия	4
Психология	5

Наличие ребра между двумя дисциплинами указывает на существование тесной связи между дисциплинами в подаче изучаемого материала, наличие общих подходов к решению педагогических проблем.

В табл. 2 представлены выборочные средние показатели интереса по разным дисциплинам. Здесь M — среднее; D — оценка стандартного отклонения на основании смещенной оценки дисперсии; S — оценка стандартного отклонения на основании несмещенной оценки дисперсии.

Таблица 2

Выборочные средние по показателю интереса

№	Дисциплина	M	D	S
1	Иностранный язык	7,50	2,20	2,20
2	Русский язык	6,26	2,40	2,40
3	История	6,42	2,70	2,70
4	Философия	6,46	2,50	2,50
5	Психология	6,87	2,50	2,60

Значения ρ и τ_B , представленные в табл. 3, показывают степень согласованности оценок студентов, а также взаимозависимость между дисциплинами.

Таблица 3

Коэффициенты ранговой корреляции

Ряд 1	Ряд 2	ρ	τ_B
1	2	0,34	0,30
1	3	0,02	0,06
1	4	0,44	0,39
1	5	0,44	0,42
2	3	0,29	0,27
2	4	0,35	0,32
2	5	0,37	0,33
3	4	0,42	0,35
3	5	0,19	0,15
4	5	0,68	0,62

Уровни значимости коэффициентов ранговой корреляции Спирмена и Кендалла представлены в табл. 4.

Визуальное представление результатов позволяет выявить ключевые взаимосвязи между дисциплинами, что способствует глубинному анализу и оптимизации образовательного процесса. На рис. 1 представлена структура межпредметных связей по субъективной оценке показателя вовлеченности студентов в учебный процесс.

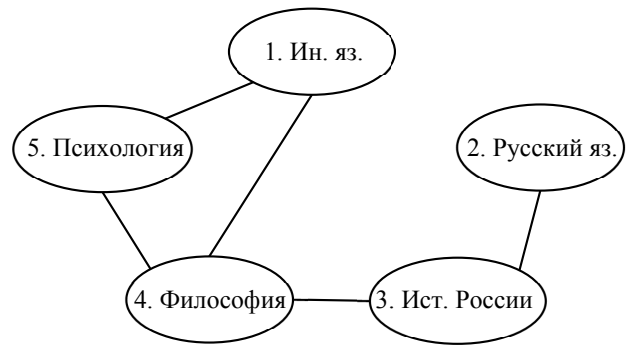


Рис. 1. Граф межпредметных связей дисциплин гуманитарного аспекта в сфере вовлеченности

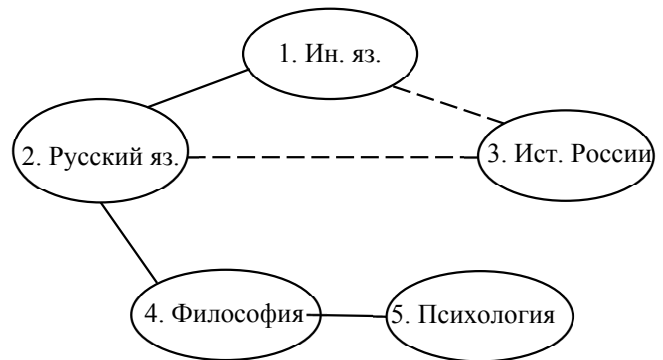


Рис. 2. Граф межпредметных связей дисциплин гуманитарного аспекта в сфере общности подходов

В ходе экспериментального исследования студентам второго курса был также предложен список вопросов, связанных с соответствием учебным потребностям и удовлетворенностью обучающихся касательно дисциплин гуманитарного направления. Статистика полученных показателей по некоторым важнейшим критериям приведена в табл. 5–8.

На рис. 2 представлен граф, описывающий структуру межпредметных связей по субъективной оценке показателей общности подходов к образовательной деятельности.

Таблица 4

Значимость коэффициентов ранговой корреляции при $n = 26$

α	ρ	τ_B
$\alpha = 0,01$	$\rho_{crit} = \sqrt{1 - \frac{n-2}{n-2+t_{crit}^2(\alpha, n-2)}} = 0,61$	$\tau_{crit} = \text{erf}^{-1}(1-\alpha) \sqrt{\frac{4(2n+5)}{9n(n-1)}} = 0,46$
$\alpha = 0,05$	$\rho_{crit} = \sqrt{1 - \frac{n-2}{n-2+t_{crit}^2(\alpha, n-2)}} = 0,53$	$\tau_{crit} = \text{erf}^{-1}(1-\alpha) \sqrt{\frac{4(2n+5)}{9n(n-1)}} = 0,39$

Таблица 5

Критерий ясности требований преподавателя к работе над учебным материалом

Дисциплина	Среднее	Стандартное отклонение
Иностранный язык	8,04	2,55
Русский язык и культура речи	7,96	2,82
История России	8,04	2,44
Философия	7,19	2,56
Психология	7,62	2,59

Таблица 6

Критерий удовлетворенности логической последовательностью изложения материала

Дисциплина	Среднее	Стандартное отклонение
Иностранный язык	7,85	2,43
Русский язык и культура речи	7,88	2,53
История России	7,31	2,81
Философия	6,96	3,21
Психология	7,35	2,58

Таблица 7

Критерий соответствия заданий учебным потребностям

Дисциплина	Среднее	Стандартное отклонение
Иностранный язык	7,23	2,42
Русский язык и культура речи	6,92	2,95
История России	5,81	3,20
Философия	5,42	2,72
Психология	6,50	2,42

Таблица 8

Критерий удовлетворенности индивидуальными консультациями

Дисциплина	Среднее	Стандартное отклонение
Иностранный язык	5,69	3,52
Русский язык и культура речи	5,73	3,52
История России	6,42	3,50
Философия	5,96	3,00
Психология	3,85	3,22

Применение корреляционного анализа и методов теории графов позволило установить, что дисциплины гуманитарного направления преподаются не разрозненно. В частности, в преподавательской деятельности касательно дисциплин «Философия» и «Психология» созданы общие

подходы (корреляционные связи: $\rho > 0,8$), а также касательно дисциплин «Иностранный язык» и «Русский язык» (корреляционные связи: $\rho > 0,8$). Кроме того, в преподавании истории России, иностранного языка и русского языка прослеживаются корреляционные зависимости, т. е. в целом демонстрируются общие принципы учебной деятельности в противоположность хаотичности и разрозненности (рис. 2).

Заключение

Для построения модели интеркоммуникации между преподавателями соответствующих кафедр и студентами был разработан алгоритм и написана программа на языке Вольфрам, позволяющая выявить структурные элементы образовательного процесса и визуализировать их исследуемые бинарные отношения с помощью нагруженных графов.

В построенных графах были выявлены доминирующие множества, внутренне устойчивые множества и клики вершин, что позволило в дальнейшем исследовать соответствующую группу дисциплин как систему с некоторыми ядрами.

В ходе исследования была создана имитационная модель образовательного процесса для указанной системы дисциплин на языке Вольфрам.

Корреляционные связи выявили более тесную взаимосвязь между дисциплинами «Иностранный язык», «Психология» и «Философия», чем между дисциплинами «Русский язык» и «История», что свидетельствует о наличии по крайней мере двух групп учащихся, предъявляющих различные требования к образовательному процессу.

Исходя из результатов обработки таблиц статистических оценок можно сделать вывод, что у более 70 % учащихся имеет место вовлеченность в образовательный процесс в университете, что проявилось в активности и интересе к исследованию. Активная группа студентов заинтересовалась окончательными результатами статистической обработки эксперимента. При этом также проявился интерес к повышению таких показателей, как логичность, структурированность и четкость представления изучаемых тем.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Зинченко В. О. Мониторинг качества учебного процесса в вузе: результаты эксперимента // Вестник Костромского государственного университета имени Н. А. Некрасова. Серия: Педагогика. Психология. Социокинетика. 2016. Т. 22, № 4. С. 188–192.
2. Галиахметова А. Т., Айтуганова Ж. И. Эффективное управление качеством образования в вузе на основе интеграции традиционных и дистанционных форм контроля // Вестник Костромского государственного университета имени Н. А. Некрасова. Серия: Педагогика. Психология. Социальная работа. Ювенология. Социокинетика. 2015. Т. 21, № 1. С. 92–94.
3. Волокобинский М. Ю., Пекарская О. А. Методика прогнозирования итоговой успеваемости обучающихся в зависимости от различных факторов // CONTINUUM. Математика. Информатика. Образование. 2024. № 1 (33). С. 43–50. DOI: 10.24888/2500-1957-2024-1-43-50.
4. Глухов А. П., Ли А. С., Соломина И. Г. Мониторинг уровней и профилей цифровой грамотности обучающихся в региональной системе образования: анализ цифровых разрывов // Перспективы науки и образования. 2023. № 6 (66). С. 532–547. DOI: 10.32744/pse.2023.6.31.
5. Портнова А. Г., Лесникова С. Л., Русакова Н. А. Использование математических методов для мониторинга качества успеваемости студентов // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Гуманитарные и общественные науки. 2020. Т. 4, № 3 (15). С. 218–226. DOI: 10.21603/2542-1840-2020-4-3-218-226.
6. Боровков А. А. Математическая статистика: учебник. 4-е изд., стер. СПб.: Лань, 2010. 704 с.
7. Bursian E. Y., Demin A. M., Glukhov A. P. Recognition of Manuscript Tables in Computer Processing of Technical Transport Documentation // Proceedings of Models and Methods of Information Systems Research Workshop in the frame of the Betancourt International Engineering Forum (MMISR 2019), (Saint Petersburg, Russia, 04–05 December 2019). CEUR Workshop Proceedings. 2020. Vol. 2556. Pp. 10–14. DOI: 10.24412/1613-0073-2556-10-14.
8. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение = Deep Learning / пер. с англ. А. А. Слинкина. 2-е изд., испр. М.: ДМК Пресс, 2018, 652 с.
9. Николенко С., Кадуринов А., Архангельская Е. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. СПб.: Питер, 2018. 480 с.
10. Бурсиан Е. Ю., Ушакова Т. И., Шефнер А. Ю. Корреляционная модель мониторинга качества образовательного процесса в высшем учебном заведении // V Бетанкуровский международный инженерный форум: сборник трудов (Санкт-Петербург, Россия, 29 ноября — 01 декабря 2023 г.): в 2 т. Т. 1. СПб.: ПГУПС, 2023. С. 139–145.

Дата поступления: 20.05.2025

Решение о публикации: 21.05.2025

The Structural Principle for Monitoring the Teaching of Humanities Disciplines

- Elena Yu. Bursian** — PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Higher Mathematics. Research interests: handwriting recognition, neural networks, mathematical modelling using graph theory. E-mail: bursiane@mail.ru
- Diana D. Mineeva** — 2nd year student of the direction 10.05.03 Information security of automated systems. Research interests: information security, neural networks. E-mail: i4160@mail.ru
- Tamara I. Ushakova** — Senior Lecturer, Department of Higher Mathematics. Research interests: handwriting recognition, neural networks, mathematical modelling using graph theory. E-mail: ushakova960@gmail.com

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky ave., Saint Petersburg, 190031, Russia

For citation: Bursian E. Yu., Mineeva D. D., Ushakova T. I. The Structural Principle for Monitoring the Teaching of Humanities Disciplines. *Intellectual Technologies on Transport*, 2025, No. 2 (42), Pp. 50–57. DOI: 10.20295/2413-2527-2025-242-50-57. (In Russian)

Abstract. This paper presents a statistical analysis based on a survey of students' attitudes towards certain humanities subjects. **Purpose:** to identify the structural links between different disciplines and the various types of students' goal orientation. **Methods:** rank correlation coefficient-based statistical techniques were used. **Results:** an experimental learning model has been developed for a cycle of the university humanities disciplines, providing a qualitative analysis of pedagogical activity. The constructed model is based on probabilistic and statistical methods of graph theory. A set of programmes has been developed for the model to function in the Wolfram language. There has been a notable increase in student interest in managing their own learning activities, as well as in creating the conditions for improvement and establishing the necessary links between participants in educational activities. **Practical significance:** the developed model enables participants in the educational process, particularly students, to actively engage with university educational activities.

Keywords: monitoring of learning, Spearman's correlation coefficient, Kendall's correlation coefficient, structural model, sample mean

REFERENCES

1. Zinchenko V. O. Monitoring kachestva uchebnogo protsessa v vuze: rezultaty eksperimenta [Monitoring of Quality of Educational Process in a Higher Educational Institution: Results of Experiment], *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo universiteta imeni N. A. Nekrasova. Seriya: Pedagogika. Psikhologiya. Sotsiokinetika* [Vestnik of Nekrasov Kostroma State University. Series: Pedagogy. Psychology. Sociokinetics], 2016, Vol. 22, No. 4, Pp. 188–192. (In Russian)
2. Galiakhmetova A. T., Aytuganova Z. I. Effektivnoe upravlenie kachestvom obrazovaniya v vuze na osnove integratsii traditsionnykh i distantsionnykh form kontrolya [Effective Management of Quality of Education at a Higher Education Institution Based on the Integration of Traditional and Remote Forms of Control], *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo universiteta imeni N. A. Nekrasova. Seriya: Pedagogika. Psikhologiya. Sotsialnaya rabota. Yūvenologiya. Sotsiokinetika* [Vestnik of Nekrasov Kostroma State University. Series: Pedagogy. Psychology. Social Work. Juvenology. Sociokinetics], 2015, Vol. 21, No. 1, Pp. 92–94. (In Russian)
3. Volokobinskiy M. Yu., Pekarskaya O. A. Metodika prognozirovaniya itogovoy uspevaemosti obuchayushchikhsya v zavisimosti ot razlichnykh faktorov [The Methodology of Forecasting the Final Academic Performance of Students Depending on from Various Factors], *CONTINUUM. Matematika. Informatika. Obrazovanie* [CONTINUUM. Mathematics. Computer Science. Education], 2024, No. 1 (33), Pp. 43–50. DOI: 10.24888/2500-1957-2024-1-43-50. (In Russian)
4. Glukhov A. P., Lee A. S., Solomina I. G. Monitoring urovney i profiley tsifrovoy gramotnosti obuchayushchikhsya v regionalnoy sisteme obrazovaniya: analiz tsifrovyykh razryvov [Monitoring of Digital Literacy Levels and Profiles in the Regional Education System: Analysis of Digital Gaps], *Perspektivy nauki i obrazovaniya* [Perspectives of Science and Education], 2023, No. 6 (66), Pp. 532–547. DOI: 10.32744/pse.2023.6.31. (In Russian)
5. Portnova A. G., Lesnikova S. L., Rusakova N. A. Ispolzovanie matematicheskikh metodov dlya monitoringa kachestva uspevaemosti studentov [Mathematical Methods in Monitoring the Quality of Student Performance], *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Gumanitarnye i obshchestvennye nauki* [Bulletin of Kemerovo State University. Series: Humanities and Social Sciences], 2020, Vol. 4, No.3 (15), Pp. 218–226. DOI: 10.21603/2542-1840-2020-4-3-218-226. (In Russian)
6. Borovkov A. A. Matematicheskaya statistika: uchebnik [Mathematical statistics: textbook]. Saint Petersburg, LAN Publishing House, 2010, 704 p. (In Russian)
7. Bursian E. Y., Demin A. M., Glukhov A. P. Recognition of Manuscript Tables in Computer Processing of Technical Transport Documentation, *Proceedings of Models and Methods of Information Systems Research Workshop in the frame of the Betancourt International Engineering Forum (MMISR 2019), St. Petersburg, Russia, December 04–05, 2019. CEUR Workshop Proceedings*, 2020, Vol. 2556, Pp. 10–14. DOI: 10.24412/1613-0073-2556-10-14.

8. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Glubokoe obuchenie [Deep Learning]. Moscow, DMK Press, 2018, 652 p. (In Russian)
9. Nikolenko S., Kadurin A., Arkhangelskaya E. Glubokoe obuchenie. Pogruzhenie v mir neyronnykh setey [Deep Learning: A Dive into the World of Neural Networks]. Saint Petersburg, Piter Publishing House, 2018, 480 p. (In Russian)
10. Bursian E. Y., Ushakova T. I., Shefner A. Y. Korrelyatsionnaya model monitoringa kachestva obrazovatel'nogo protsessa v vysshem uchebnom zavedenii [Correlation Model of Monitoring of the educational Process Quality in a Higher Educational Institution], *V Betankurovskiy mezhdunarodnyy inzhenernyy forum: sbornik trudov [Proceedings of the V Betancourt International Engineering Forum], Saint Petersburg, Russia, November 29 — December 01, 2023. Vol. 1.* Saint Petersburg, Petersburg State Transport University, 2023, Pp. 139–145. (In Russian)

Received: 20.05.2025

Accepted: 21.05.2025