



# Комплексный анализ для оценки использования сетей интернета вещей в учебном процессе университета информатики и радиоэлектроники

Актуальность проведенного исследования заключается в получении оценки использования сетей интернет вещей (IoT) в учебном процессе университета. Образовательные учреждения генерируют огромные массивы данных: от академических успеваемости студентов до аналитики посещаемости, однако их эффективное использование остается ограниченным. Для эффективной обработки этих данных необходимо использование сетей Интернет вещей.

**Цель исследования** – анализ использования сетей IoT в организации и управлении учебным процессом университета с применением факторного, регрессионного и корреляционного анализов. Это достигается решением следующих задач: использование факторного анализа для выявления скрытых факторов, влияющих на эффективность использования IoT; регрессионного анализа – для определения степени влияния отдельных факторов на результативные показатели (удовлетворенность образовательным процессом); корреляционного анализа – для оценки степени тесноты взаимосвязей между переменными.

**Материалы и методы.** В качестве материалов исследования были использованы результаты анкетирования 200 студентов. Для проведения исследования были использованы результаты ответов на 13 вопросов по IoT. Анализ данных был проведен с использованием библиотек языка программирования Python. Проведен частотный анализ по следующим показателям: популярные типы IoT-устройств и аспекты использования. Регрессионный анализ показал взаимосвязь между независимыми переменными «Частота использования», «Доступность технологий», «Уровень

знаний» и зависимой переменной «Удовлетворенность». Выбраны факторы: «Вовлеченность студентов», «Технологическая готовность», «Влияние на учебный процесс», «Препятствия», «Польза». Определение переменных корреляционного анализа: уровень знаний, частота использования, удовлетворенность, доступность, польза.

**Результаты.** Регрессионные модели подтвердили положительное влияние IoT сетей на успеваемость студентов и сокращении время на административные задачи. Корреляционный анализ выявил умеренную положительную связь между использованием IoT и успеваемостью студентов и сильную положительную связь между IoT и экономией времени преподавателей. Умеренная корреляция «Пользы» (0.51) и низкая связь фактора с вовлеченностью (0.066) говорит о том, что студенты воспринимают пользу технологий только в контексте их применения.

**Заключение.** Интеграция IoT в образовательный процесс активна. Пользователи IoT-устройств в образовательной среде ценят упрощение доступа к информации и повышение мотивации к обучению. Уровень осведомленности студентов о применении IoT находится на среднем уровне. Наиболее значимым фактором является уровень знаний об использовании IoT. Корреляционная матрица ясно указывает, что знание и доступ к IoT, а также их частое использование являются ключевыми факторами для повышения удовлетворенности.

**Ключевые слова:** сети интернет вещей, факторный, регрессионный, корреляционный, анализ, образование, университет.

Vladimir A. Vishnyakov, Gennadi A. Khatskevich, Ekaterina I. Polosko

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

## Comprehensive Analysis to Evaluate the Use of Internet of Things Networks in the Educational Process of the University of Informatics and Radio Electronics

The relevance of the conducted research lies in obtaining an assessment of the use of Internet of Things (IoT) networks in the university's educational process. Educational institutions generate huge amounts of data, from student academic performance to attendance analytics, but their effective use remains limited. Effective processing of this data requires the use of Internet of Things networks.

**The purpose of the study** is to analyze the use of IoT networks in the organization and management of the university's educational process using factorial, regression and correlation analyses. This is achieved by solving the following tasks: using factor analysis to identify hidden factors affecting the effectiveness of IoT use; regression analysis to determine the degree of influence of individual factors on performance indexes (satisfaction with the educational process); correlation analysis to assess the degree of closeness of relationships between variables.

**Materials and methods.** The results of a survey of 200 students were used as research materials. The results of the answers to 13 IoT questions were used to conduct the study. The data analysis was carried out using Python programming language libraries. A frequency analysis was performed based on the following indexes: popular types of IoT devices and usage aspects. Regression analysis showed the relationship between the independent variables "Frequency of use", "Availability of technology", "Level of knowledge" and the dependent variable "Satisfaction". The following factors were selected: "Students' engagement", "Technological readiness", "Impact on the learning process", "Obstacles", "Benefit". Definition of correlation analysis variables: level of knowledge, frequency of use, satisfaction, accessibility, benefit.

**Results.** Regression models have confirmed the positive impact of IoT networks on student academic performance and reduced time spent

on administrative tasks. Correlation analysis revealed a moderate positive relationship between IoT usage and student academic performance and a strong positive relationship between IoT and Faculty time savings. The moderate correlation of "Benefit" (0.51) and the low association of the factor with engagement (0.066) suggests that students perceive the benefit of technology only in the context of their application.

**Conclusion.** The integration of IoT into the educational process is active. Users of IoT devices in the educational environment value

easier access to information and increased motivation to learn. The level of students' awareness about the use of IoT is at an average level. The most significant factor is the level of knowledge about the use of IoT. The correlation matrix clearly indicates that knowledge and access to IoT, as well as their frequent use, are key factors for increasing satisfaction.

**Keywords:** Internet of Things networks, factorial, regression, correlation, analysis, education, university.

## Введение

Современная система образования сталкивается с проблемами, вызванными быстрым развитием ИТ-технологий. Это связано с увеличением объёма образовательных данных, которые необходимо обрабатывать, анализировать и использовать в обучении. Образовательные учреждения генерируют огромные массивы данных: от академических успеваемости студентов до аналитики посещаемости, однако их эффективное использование остается ограниченным. Для эффективной обработки этих данных необходимо использование сетей Интернет вещей [1].

Технология Интернета вещей (IoT) активно внедряется в различные сферы жизни, включая образование [2]. В университетах IoT может использоваться для улучшения качества образовательного процесса, автоматизации управления ресурсами и повышения вовлеченности студентов. Однако для оценки эффективности внедрения IoT необходимо применять современные методы анализа данных, такие как факторный, регрессионный и корреляционный анализы [3]. Эти методы позволяют выявить ключевые факторы, влияющие на успешность внедрения технологии, и оценить их взаимосвязи [4]. Поэтому цель статьи – исследовать применение факторного, регрессионного и корреляционного анализов для оценки влияния IoT на образовательный процесс университета образования. Это достигается решением следующих задач: использо-

вание факторного анализа для выявления скрытых факторов, влияющих на эффективность использования IoT; регрессионного анализа – для определения степени влияния отдельных факторов на резуль- тативные показатели (удовлетворенность образовательным процессом); корреляционного анализа – для оценки степени тесноты взаимосвязей между переменными.

## Основная часть

Исследования оценки использования сетей IoT в учебном процессе БГУИР проводилось на основе данных анкетирования 200 студентов. Анализ данных был проведен с использованием библиотек языка программирования Python [5]. Для проведения исследования были использованы результаты ответов на следующие вопросы:

Как часто вы используете IoT в учебном процессе?

Есть ли у вас доступ к необходимому оборудованию для использования IoT?

Как вы оцениваете уровень доступности IoT-устройств в учебном заведении?

Как вы оцениваете уровень подготовки преподавателей в данном вопросе?

Какие типы устройств IoT вы используете в учебном процессе, самообразовании?

Чувствуете ли вы себя более вовлеченным в учебный процесс благодаря IoT?

Насколько вы удовлетворены использованием IoT в учебном процессе?

Насколько полезными вы считаете технологии в процессе обучения?

Как вы считаете, влияет ли использование IoT на качество вашего обучения?

В каких аспектах IoT наиболее полезен для вас?

Каковы основные препятствия для использования IoT в вашем учебном процессе?

Насколько хорошо вы знаете об использовании IoT в учебном процессе?

Что вас не устраивает в использовании IoT в учебном процессе?

**Частотный анализ.** Проведен частотный анализ по следующим показателям: популярные типы IoT-устройств и аспекты использования. На основе данных по вопросу «Какие типы устройств IoT вы используете в учебном процессе, самообразовании?», представленных на рисунке 1 можно сделать следующие наблюдения:

1. Лидеры по использованию: наиболее часто используемыми устройствами являются Wearable-устройства (95 упоминаний) и Умные колонки (84 упоминания). Это говорит о высокой популярности и востребованности этих технологий среди пользователей.

2. Средний уровень использования: устройства, такие как Умные проекторы (59 упоминаний) и Умные учебники (55 упоминаний), имеют значительное количество использований, что указывает на их полезность в образовательных и развлекательных целях.

3. Низкий уровень использования: умные доски (41 упоминание) имеют меньшее количество использований по сравнению с вышеупомянутыми устройствами, что может свидетельствовать о более уз-

кой нише применения или недоступности данных устройств.

4. Неиспользование технологий: наличие 16 упоминаний о категории «Не использую» указывает на то, что часть пользователей не использует данные технологии вообще. Это может быть связано с недостатком интереса, доступности или осведомленности о таких устройствах.

Вывод: данные показывают, что интеграция IoT в образовательный процесс достаточно активна, особенно для определенных категорий устройств. Однако есть потенциал для дальнейшего развития через устранение проблем с доступностью и информированностью пользователей.

На основе данных по вопросу «В каких аспектах IoT наиболее полезен для вас?», представленных на рисунке 2 можно сделать следующие заключения.

1. Упрощение доступа к информации (191 упоминание): Этот аспект является наиболее значимым, что свидетельствует о том, что пользователи ценят возможность быстрого и удобного получения информации с помощью IoT-устройств. Это может включать в себя доступ к образовательным ресурсам, онлайн-материалам и другим данным, что делает процесс обучения более эффективным и доступным.

2. Повышение мотивации к обучению (92 упоминания): Второй по значимости аспект, который указывает на то, что IoT-устройства могут способствовать созданию более интерактивной и увлекательной образовательной среды.

3. Улучшение взаимодействия с преподавателями (65 упоминаний): Этот аспект также важен, но имеет меньшее количество упоминаний по сравнению с предыдущими. Это может говорить о том, что хотя взаимодействие с преподавателями является важным, пользователи в большей сте-

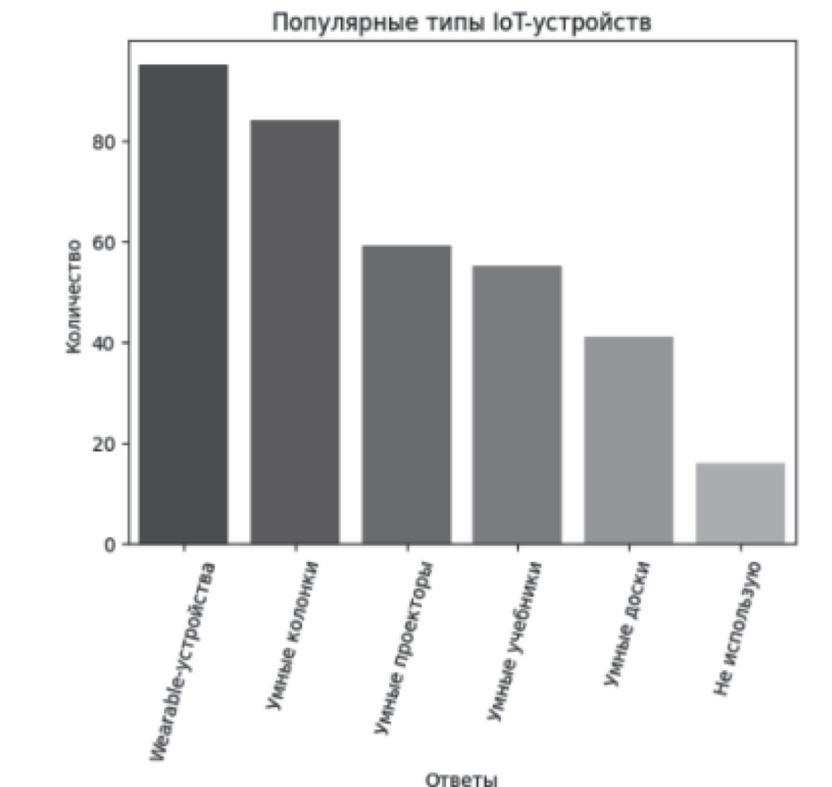


Рис. 1. Популярные типы IoT-устройств

Fig. 1. Popular types of IoT devices

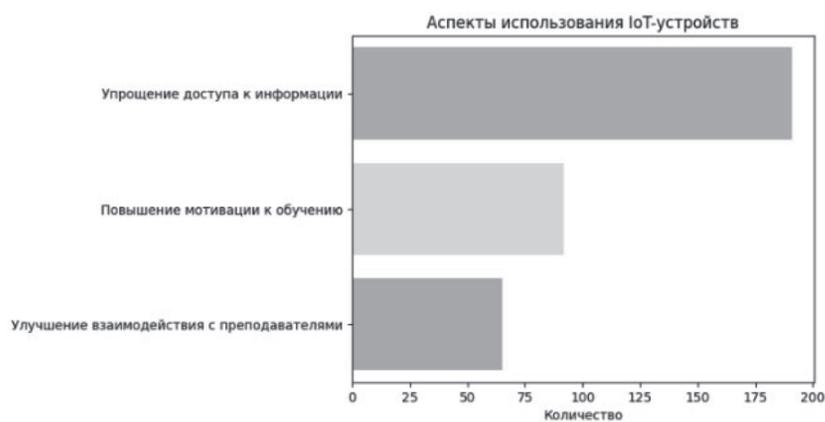


Рис. 2. Аспекты использования IoT-устройств

Fig. 2. Aspects of IoT devices using

пени ценят доступ к информации и мотивацию, которые предоставляют IoT-устройства. Возможно, стоит обратить внимание на развитие функционала, который улучшает связь между студентами и преподавателями.

Вывод: данные показывают, что пользователи IoT-устройств в образовательной среде в первую очередь ценят упрощение доступа к информации и повышение мотивации к обучению. Улучшение

взаимодействия с преподавателями также имеет значение, но требует дальнейшего внимания для увеличения его эффективности. Это может служить основой для дальнейших исследований и разработок в области интеграции IoT в образовательный процесс.

#### Статистический анализ.

Данные статистического анализа по ключевым вопросам представлены в таблице 1. Общее количество студентов 200. Данные оценивались по пяти-

Таблица 1 / Table 1

Данные статистического анализа  
Statistical analysis data

Вопрос	Среднее значение
Как часто вы используете IoT в учебном процессе?	2.785000
Как вы оцениваете уровень доступности IoT-устройств в вашем учебном заведении?	1.245000
Как вы оцениваете влияние IoT на ваш учебный процесс?	2.930000
Как вы считаете, влияет ли использование технологий на качество вашего обучения?	3.860000
Чувствуете ли вы себя более вовлеченным в учебный процесс благодаря IoT?	3.635000
Насколько хорошо вы знаете об использовании IoT в учебном процессе?	2.650000

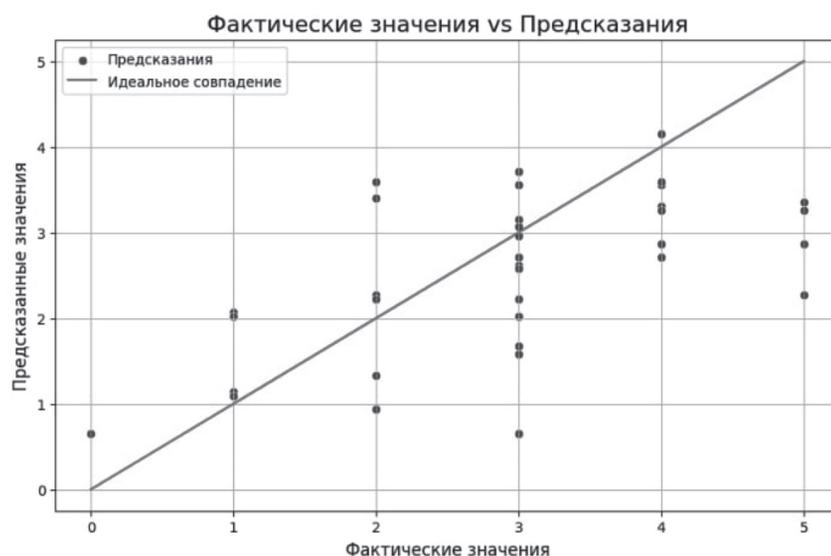


Рис. 3. Диаграмма рассеяния  
Fig. 3. Scattering diagram

бальной шкале, где 0 – минимальное значение, 5 – максимальное значение.

На основе представленных данных можно сделать следующие выводы:

1. Частота использования IoT в учебном процессе (средний ответ: 2.785). Студенты используют IoT-устройства с умеренной частотой. Значение близко к средней отметке, что говорит о том, что технологии не являются повседневной частью учебного процесса, но их использование имеет место.

2. Уровень доступности IoT-устройств (средний ответ: 1.245). Данный показатель крайне низкий, что указывает на серьезные проблемы с доступностью IoT-устройств в учебном заведении. Это может

негативно сказываться на возможностях студентов использовать современные технологии в обучении.

3. Влияние IoT на учебный процесс (средний ответ: 2.930). Студенты оценивают влияние IoT на учебный процесс как выше среднего. Это свидетельствует о том, что они видят потенциал технологий для улучшения обучения, хотя и не в полной мере реализованного из-за ограниченного доступа.

4. Влияние технологий на качество обучения (средний ответ: 3.860). Высокая оценка этого аспекта подтверждает, что студенты уверены в положительном влиянии технологий на качество их обучения. Это говорит о высоком доверии к технологиям как инстру-

ментам повышения образовательных результатов.

5. Вовлеченность в учебный процесс благодаря IoT (средний ответ: 3.635). Студенты ощущают себя более вовлеченными в учебный процесс благодаря использованию IoT, что указывает на то, что технологии могут способствовать активному участию и интересу к обучению.

6. Знание об использовании IoT в учебном процессе (средний ответ: 2.650). Уровень осведомленности студентов о применении IoT находится на среднем уровне, что может указывать на необходимость дополнительных образовательных программ и мероприятий для повышения информированности о технологиях.

**Регрессионный анализ** [7, 8] показал взаимосвязь между независимыми переменными ('Частота использования', 'Доступность технологий', 'Уровень знаний') и зависимыми переменными ('Удовлетворенность'). **Результаты анализа:** коэффициенты регрессии: [0.19855104, 0.28892449, 0.44391947]; Перехват: 0.648690583015163. **Точность модели** представлена на диаграмме рассеяния – рисунок 3,

получена инструментарием Пайтона [5]. Большинство точек расположены близко к красной линии, что говорит о приемлемой точности предсказаний. Небольшое рассеивание точек указывает на наличие ошибок, которые могут быть вызваны недостаточным учетом других факторов.

На основе представленных результатов регрессионного анализа, проанализируем влияние независимых переменных ('Частота использования', 'Доступность технологий', 'Уровень знаний') на зависимую переменную ('Удовлетворенность') и сделаем соответствующие выводы.

**Понимание коэффициентов регрессии.** У нас есть три независимые переменные и их

соответствующие коэффициенты:

1. 'Частота использования' – Коэффициент: 0.19855104

2. 'Доступность технологий' – Коэффициент: 0.28892449

3. 'Уровень знаний' – Коэффициент: 0.44391947

*Перехват:* 0.648690583015163.

Этот показатель указывает на уровень удовлетворенности использованием IoT в учебном процессе, когда все независимые переменные равны нулю.

*Интерпретация коэффициентов.* Коэффициент 1 ('Частота использования') – 0.19855104. Указывает на то, что при увеличении частоты использования IoT в учебном процессе на единицу, уровень удовлетворенности увеличивается на 0.1986. Это подтверждает важность активного использования технологий для повышения удовлетворенности студентов.

Коэффициент 2 ('Доступность технологий') – 0.28892449. Положительное значение этого коэффициента говорит о том, что если у студента нет проблем с доступом к технологиям, это приводит к увеличению удовлетворенности на 0.2889. То есть, доступность технологий играет важную роль в восприятии IoT.

Коэффициент 3 ('Уровень знаний') – 0.44391947. Этот коэффициент имеет наибольшее значение среди всех переменных, что указывает на то, что знание об использовании IoT в учебном процессе является наиболее значимым фактором. При увеличении уровня знаний об IoT на единицу, удовлетворенность возрастает на 0.4439. Это подчеркивает важность образовательных мероприятий и информирования студентов о возможностях IoT.

*Выводы.* Все три фактора положительно влияют на удовлетворенность использованием IoT в учебном процессе, однако степень их влияния раз-

лична. Наиболее значимым является уровень знаний об использовании IoT, что говорит о необходимости обучающих программ и повышения информированности студентов. Проблемы с доступом к технологиям также оказывают влияние на удовлетворенность, поэтому важно обеспечить доступность необходимых ресурсов для студентов. Частота использования IoT также важна, но ее влияние меньше по сравнению с уровнем знаний и доступом к технологиям. Это может означать, что даже при частом использовании технологий студенты могут быть не удовлетворены, если не имеют достаточных знаний о том, как их использовать.

*Рекомендации.* Рекомендуется проводить дополнительные обучающие мероприятия для студентов, чтобы повысить их знания об использовании IoT. Необходимо также работать над устранением барьеров доступа к технологиям, чтобы обеспечить более широкое внедрение IoT в учебный процесс. Студентам следует предоставлять больше возможностей для практического использования IoT, что может способствовать повышению их удовлетворенности.

**Факторный анализ** [3, 6] позволяет сократить количество переменных, выделяя основные факторы. Модель факторного анализа может быть представлена в виде:

$$X = AF + \epsilon$$

где  $X$  – вектор наблюдаемых переменных,  $A$  – матрица факторных нагрузок,  $F$  – вектор скрытых факторов,  $\epsilon$  – вектор ошибок.

Выбраны факторы: «Вовлеченность студентов», «Технологическая готовность», «Влияние на учебный процесс», «Препятствия», «Польза».

**Собственные значения:** [2.4338115 1.08972056 0.64266194 0.51376163 0.32004438], рисунок 4.

Факторы с собственными значениями больше 1 считаются значимыми.

В данном случае два первых фактора «Вовлеченность студентов» и «Технологическая готовность» имеют значения выше порогового уровня (2.43 и 1.08), что указывает на их важность для объяснения общей дисперсии. Оставить два фактора – оптимальное решение, так как они объясняют большую часть данных, чем остальные.

Фактор 1 («Вовлеченность студентов») объясняет 48.68%%

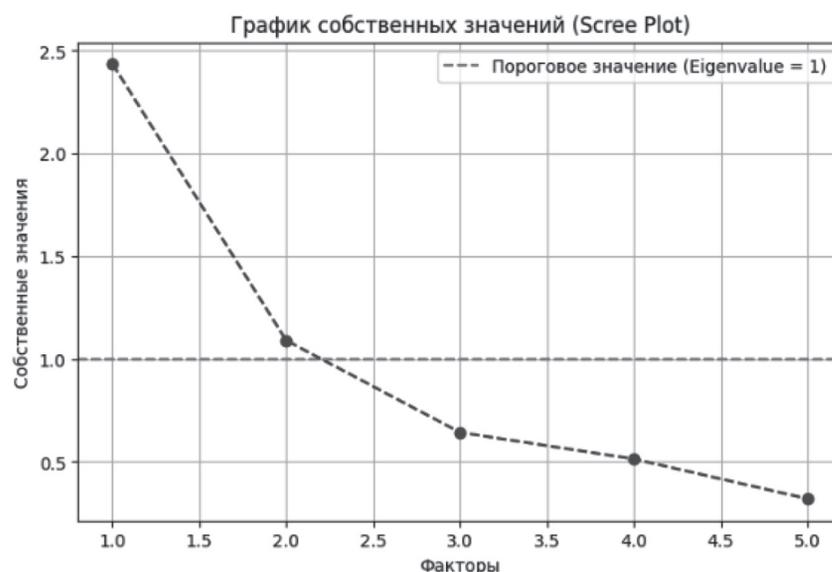


Рис. 4. Собственные значения факторов

Fig. 4. Eigenvalues of the factors

дисперсии данных. Фактор 2 («Технологическая готовность») объясняет 21.79% дисперсии данных.

Вместе два фактора объясняют ~70% общей дисперсии, что является достаточно хорошим результатом для социальных данных.

**Результаты количественной оценки.**

[[0.20974714 0.69124617]  
 [0.27899764 0.63753026]  
 [0.86848556 0.21073591]  
 [0.71412012 0.2079615 ]  
 [0.06605841 0.51354701]]

Фактор 1 «Вовлеченность студентов». Нагрузки переменных: уровень знаний (0.21), частота использования(0.28), удовлетворенность (0.87), доступность (0.71), польза (0.07). Собственное значение: 2.43. Фактор 2 «Технологическая готовность». Нагрузки переменных: уровень знаний (0.69), частота использования (0.63), удовлетворенность (0.21), доступность (0.21), польза (0.51). Собственное значение: 1.09.

Тепловая карта факторных нагрузок представлена на рисунке 5.

**Фактор 1:** вовлеченность студентов в использование IoT-устройств тесно связана с такими переменными, как удовлетворенность (0.87) и доступность (0.71). Это указывает на то, что студенты чувствуют себя более вовлеченными, если технологии IoT удовлетворяют их ожидания и являются доступными.

**Фактор 2:** технологическая готовность. Этот фактор наиболее сильно коррелирует с переменными, связанными с использованием и знаниями технологий: уровень знаний (0.69) и частота использования (0.64). Подчеркивается важность технологической грамотности и регулярного взаимодействия с IoT для повышения восприятия готовности.

Умеренная корреляция «Пользы» (0.51) и низкая связь фактора с вовлеченностью (0.066) говорит о том, что сту-

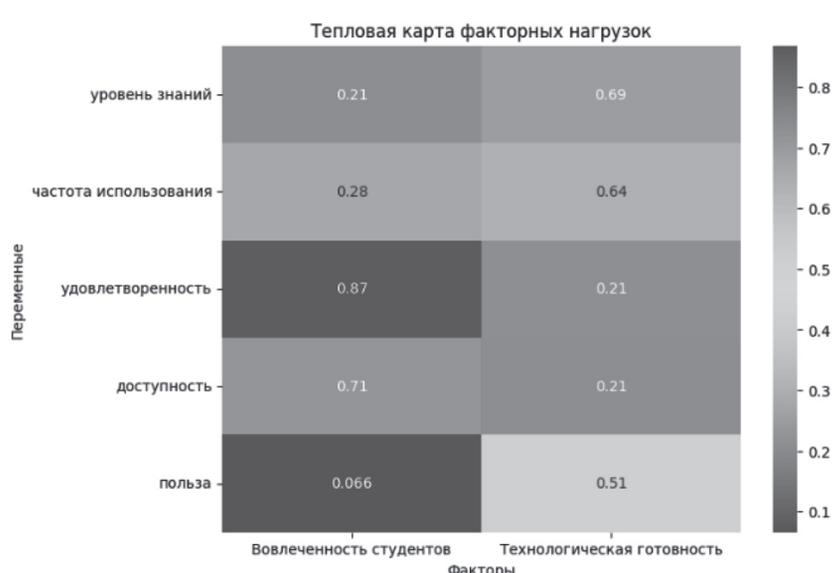


Рис. 5. Тепловая карта факторных нагрузок  
 Fig. 5. Heat map of factor loads

денты воспринимают пользу технологий только в контексте их применения.

**Рекомендации.** Для повышения технологической готовности надо:

- разработать программы для студентов, посвященные ключевым аспектам использования IoT, включая практическое обучение;

- интеграция IoT в курсы и лаборатории может повысить частоту использования и усилить положительное восприятие.

Для увеличения вовлеченности студентов:

- развивать инфраструктуру, чтобы IoT стал доступным для всех участников учебного процесса, например, предложить доступ к общим устройствам IoT;

- организовать регулярный сбор обратной связи студентов для оценки удовлетворенности использованием IoT и корректировки подходов.

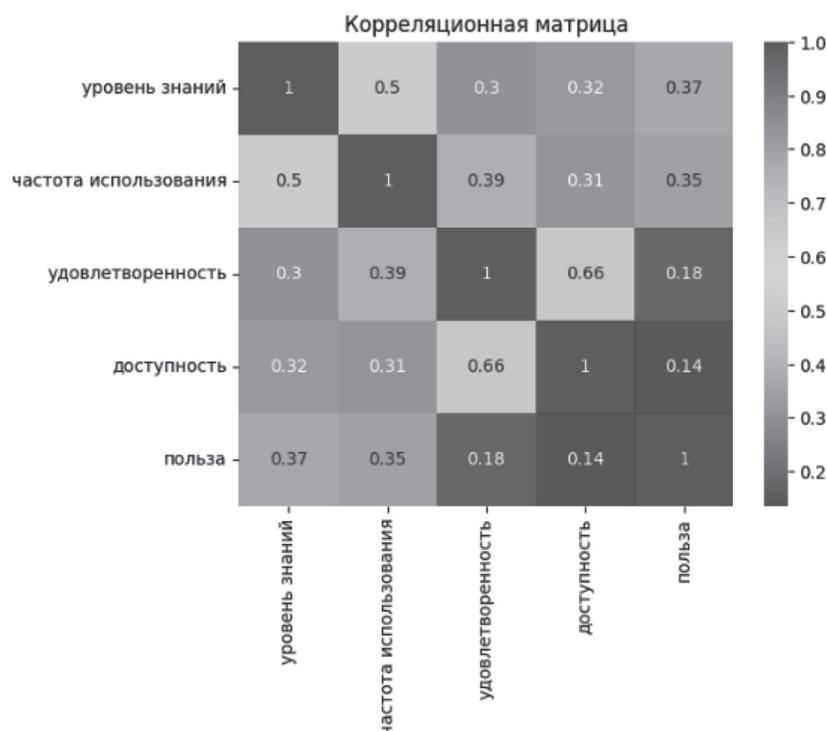
**Корреляционный анализ** оценивает тесноту и направление взаимосвязи между переменными [9, 10]. Шаги корреляционного анализа. Определение переменных: уровень знаний, частота использования, удовлетворенность, доступность, польза. Сбор данных: прове-

дение опроса среди студентов университета. Количественные данные об использовании IoT-устройств (уровень знаний об использовании IoT-устройств, частота использования, удовлетворенность студентов, уровень доступности IoT-устройств в учебном заведении, польза от использования IoT-устройств )

**Обработка данных:** очистка данных от выбросов и пропусков. Нормализация данных для обеспечения сопоставимости. Расчет коэффициента корреляции по формуле Пирсона [3]. *Результаты количественной оценки представлены на рисунке 6.*

На основе предоставленной корреляционной матрицы можно сделать выводы.

1. Уровень знаний и частота использования IoT (коэффициент корреляции: 0.50). Существует умеренно положительная корреляция между уровнем знаний об IoT и частотой их использования. Это говорит о том, что лучшее понимание IoT способствует более активному применению технологий. Для увеличения частоты использования IoT необходимо проводить образовательные мероприятия, повышающие техническую грамотность.



**Рис. 6. Результаты количественной оценки**  
**Fig. 6. Results of quantitative assessment**

2. Удовлетворенность и доступность технологий (коэффициент корреляции: 0.66). Сильная положительная корреляция указывает, что доступность технологий является важным фактором для повышения удовлетворенности пользователей. Чтобы повысить уровень удовлетворенности, важно обеспечивать доступ к устройствам IoT и минимизировать барьеры.

3. Уровень знаний и удовлетворенность (коэффициент корреляции: 0.30). Умеренно слабая положительная корреляция показывает, что знания об IoT немного способствуют удовлетворенности. Однако этот фактор не является определяющим. Повышение уровня знаний может усилить удовлетворенность, особенно если сочетать его с увеличением доступности технологий.

4. Удовлетворенность и частота использования IoT (коэффициент корреляции: 0.39). Умеренно положительная корреляция говорит о том, что более частое использование IoT связано с большим уровнем

удовлетворенности. Для увеличения удовлетворенности следует стимулировать активное применение технологий IoT в учебном процессе.

5. Польза и доступность технологий (коэффициент корреляции: 0.14). Очень слабая корреляция указывает, что воспринимаемая польза от IoT не зависит напрямую от доступности технологий. Польза от IoT может быть связана с другими факторами, такими как конкретное применение или качество контента.

6. Польза и уровень знаний (коэффициент корреляции: 0.37). Слабая положительная корреляция намекает, что лучшее понимание IoT технологий слегка повышает воспринимаемую пользу. Организация обучающих программ поможет пользователям осознать преимущества технологий.

**Рекомендации:**

- повышать знания студентов об IoT через лекции, практические занятия или демонстрации успешных кейсов;
- упростить доступ к IoT-технологиям: создавать

общие ресурсы, улучшать техническую инфраструктуру;

– включить IoT-устройства в учебный процесс, чтобы студенты могли применять их на практике.

Корреляционная матрица ясно указывает, что знание и доступ к IoT, а также их частое использование являются ключевыми факторами для повышения удовлетворенности. Комплексный подход, объединяющий образовательные программы, улучшение инфраструктуры и активное использование технологий, может значительно улучшить восприятие IoT в учебном процессе.

### Заключение

1. Результаты статистического анализа показывают, что студенты имеют положительное отношение к IoT и его влиянию на обучение, однако существуют значительные проблемы с доступностью устройств. Это может ограничивать их использование и эффективность в учебном процессе. Рекомендуется уделить внимание улучшению доступа к IoT-технологиям и повышению информированности студентов об их возможностях.

2. Анализ факторных нагрузок показал, что успех внедрения IoT в учебный процесс определяется технологической грамотностью и удовлетворенностью. Умеренная корреляция «Пользы» (0.51) и низкая связь фактора с вовлеченностью (0.066) говорит о том, что студенты воспринимают пользу технологий только в контексте их применения. Улучшение доступности технологий, образовательные инициативы и повышение вовлеченности станут ключом к максимальному эффекту от использования IoT в обучении.

3. Регрессионный анализ показал, что наибольшее влияние на удовлетворенность использованием IoT оказывает уровень знаний (коэффициент

ент 0.4439), что подчеркивает необходимость образовательных инициатив для повышения информированности пользователей о технологиях. Доступность технологий (коэффициент 0.2889) также играет значительную роль, так как устранение барьеров доступа способствует более положительному восприятию IoT. Частота использования IoT (коэффициент 0.1986) оказывает умеренное влияние, демонстрируя важность регулярного применения технологий для повышения вовлеченности.

4. Анализ корреляционной матрицы показал, что ключевыми факторами успешного использования IoT являются уровень знаний, доступность технологий и частота их использования. Уровень знаний способствует активному применению IoT (корреляция 0.50) и слегка увеличивает воспринимаемую пользу (корреляция 0.37), подчеркивая важность образовательных мероприятий. Доступность технологий оказывает сильное влияние на удовлетворенность пользователей (корреляция 0.66), что требует минимизации барьеров доступа.

Частота использования IoT умеренно связана с удовлетворенностью (корреляция 0.39), что говорит о необходимости регулярного применения технологий для достижения положительного эффекта. При этом восприятие пользы (корреляция 0.14) зависит от качественного внедрения IoT и его полезности в реальных задачах. Для оптимизации этих показателей важно сочетать образовательные инициативы, улучшение доступности и стимулирование активного использования.

### Литература

1. Vishniakou U.A. Specialized IoT networks: models, structures, algorithms, software and hardware. Minsk: BSUIR, 2023. 184 с.
2. Иванов А.А., Петров В.В. Интернет вещей в образовании: возможности и перспективы. М.: Образование и технологии, 2022. 123 с.
3. Хацкевич Г.А., Русилко Т.В. Эконометрика. Минск: РИВШ, 2021. 452 с.
4. Smith J., Brown K. IoT in Higher Education: A Statistical Approach // Journal of Educational Technology. 2021. Т. 15. № 3. С. 45–60.
5. Python, корреляция и регрессия: часть 1 [Электрон. ресурс] // Habr. Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/557998/>.

6. Hair J. F., Black W. C., Babin B. J., & Anderson R. E. Multivariate Data Analysis. Pearson. 2019. 771 с.
7. Montgomery D. C., Peck E. A., & Vining G. G. Introduction to Linear Regression Analysis. Wiley. 2012. 679 с.
8. Lee H., Kim J. The Impact of IoT on Student Performance: A Regression Analysis // International Journal of Educational Technology. 2023. Т. 12. № 2. С. 112–125.
9. Шапкарина Г.Г. Корреляционный анализ в системах управления. М.: МИСиС, 2020. 72 с.
10. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика. Основы эконометрики. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 665 с.

### References

1. Vishniakou U.A. Specialized IoT networks: models, structures, algorithms, software and hardware. Minsk: BSUIR; 2023. 184 p.
2. Ivanov A.A., Petrov V.V. Internet veshchey v obrazovanii: vozmozhnosti i perspektivy = The Internet of Things in Education: Possibilities and Prospects. Moscow: Education and Technology; 2022. 123 p. (In Russ.)
3. Khatskevich G.A., Rusilko T.V. Ekonometrika = Econometrics. Minsk: RIVSH; 2021. 452 s.
4. Smith J., Brown K. IoT in Higher Education: A Statistical Approach. Journal of Educational Technology. 2021; 15; 3: 45-60.
5. Python, korrelyatsiya i regressiya: chast' 1 = Python, Correlation, and Regression: Part 1 [Internet]. Habr. Available from: <https://habr.com/ru/articles/557998/>. (In Russ.)

6. Hair J. F., Black W. C., Babin B. J., & Anderson R. E. Multivariate Data Analysis. Pearson; 2019. 771 p.
7. Montgomery D. C., Peck E. A., & Vining G. G. Introduction to Linear Regression Analysis. Wiley; 2012. 679 p.
8. Lee H., Kim J. The Impact of IoT on Student Performance: A Regression Analysis. International Journal of Educational Technology. 2023; 12; 2: 112-125.
9. Shapkarina G.G. Korrelyatsionnyy analiz v sistemakh upravleniya = Correlation Analysis in Control Systems. Moscow: MISIS; 2020. 72 p. (In Russ.)
10. Ayvazyan S.A., Mkhitaryan V.S. Prikladnaya statistika. Osnovy ekonometriki = Applied Statistics. Fundamentals of Econometrics. Moscow: YUNITI-DANA; 2001. 665 p. (In Russ.)

**Сведения об авторах**

**Владимир Анатольевич Вишняков**

Д.т.н., профессор кафедры  
инфокоммуникационных технологий  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники (БГУИР)  
Эл. почта: vish@bsuir.by

**Геннадий Алексеевич Хацкевич**

Д.э.н., профессор кафедры экономической  
информатики  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники (БГУИР)  
Эл. почта: g.khatskevich@bsuir.by

**Екатерина Ивановна Полоско**

Старший преподаватель кафедры экономической  
информатики  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники (БГУИР)  
Эл. почта: ehishman@bsuir.by

**Information about the authors**

**Vladimir A. Vishnyakov**

Dr. Sci. (Technical), Professor of the Department  
of Information and Communication Technologies  
Belarusian State University of Informatics and  
Radioelectronics (BGUIR)  
E-mail: vish@bsuir.by

**Gennady A. Khatskevich**

Dr. Sci. (Economics), Professor of the Department  
of Economic Informatics  
Belarusian State University of Informatics and  
Radioelectronics (BGUIR)  
E-mail: g.khatskevich@bsuir.by

**Ekaterina I. Polosko**

Senior Lecturer at the Department of Economic  
Informatics  
Belarusian State University of Informatics and  
Radioelectronics (BGUIR)  
E-mail: ehishman@bsuir.by