

<https://doi.org/10.21122/2227-1031-2026-25-2-89-99>

УДК 338.26:004.614.2

Комплексный статистический анализ для оценки использования технологии блокчейн в учебном процессе университета

Докт. тех. наук, проф. В. А. Вишняков¹⁾, Е. И. Полоско¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(Минск, Республика Беларусь)

Реферат. Предметом исследований является оценка перспектив внедрения технологии блокчейн в процессы верификации учебных достижений и электронного документооборота (цифровые зачетные книжки, электронные дипломы, реестр оценок) в учебном процессе Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. Цель статьи – эмпирически оценить, как студенты воспринимают и насколько готовы использовать блокчейн-сервисы, а также выявить, какие факторы статистически значимо влияют на их удовлетворенность образовательным процессом с помощью факторного, регрессионного и корреляционного анализа. Исследование основано на данных анкетирования 200 студентов, рассматриваемых как основная группа потребителей цифровых сервисов университета; полученные результаты интерпретируются с учетом ограничений выборки и необходимости последующего расширения исследования на административный и ИТ-персонал. Анализ данных проведен с использованием библиотек языка Python. Рассмотрены основные аспекты применения технологии блокчейн, ее влияние на удовлетворенность студентов и эффективность образовательных программ. Использование технологии блокчейн в учебном процессе университета имеет значительный потенциал для повышения эффективности обучения. Анализ факторных нагрузок выявил, что ключевыми переменными, влияющими на восприятие технологии блокчейн, являются: «Безопасность данных», «Прозрачность данных» и «Доверие к технологии». Регрессионный анализ свидетельствует о том, что «Безопасность данных» и «Прозрачность данных» оказывают статистически значимое влияние на удовлетворенность студентов образовательным процессом. Доверие к технологии блокчейн демонстрирует пограничную значимость. Анализ корреляционной матрицы показал, что все исследуемые переменные – «Уровень знаний», «Доступность и надежность информации», «Доверие к технологии» – имеют умеренную или сильную положительную корреляцию с удовлетворенностью студентов. Рекомендуется увеличить количество часов, выделенных на изучение технологии блокчейн, и проводить регулярные тренинги для преподавателей.

Ключевые слова: блокчейн; учебный процесс; факторный, регрессионный и корреляционный анализ

Для цитирования: Вишняков, В. А. Комплексный статистический анализ для оценки использования технологии блокчейн в учебном процессе университета / В. А. Вишняков, Е. И. Полоско // *Наука и техника*. 2026. Т. 25, № 2. С. 89–99. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2026-25-2-89-99>

Comprehensive Statistical Analysis to Assess the Use of Blockchain Technology in the University Educational Process

U. A. Vishniakou¹⁾, E. I. Polosko¹⁾

¹⁾Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. The subject of the research is the assessment of the prospects for introducing blockchain technology in the processes of verification of academic achievements and electronic document management (digital grade books, electronic diplomas,

Адрес для переписки
Вишняков Владимир Анатольевич
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники.
ул. П. Бровки, 6,
220013, г. Минск,
Тел.: +375 44 486-71-82
E-mail: vish@bsuir.by

Address for correspondence
Vishniakou Uladzimir A.
Belarusian State University
of Informatics and Radioelectronics
6, P. Brovki str.,
220013, Minsk, Republic of Belarus,
Tel.: +375 44 486-71-82
E-mail: vish@bsuir.by

grade registers) in the educational process of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics. The purpose of the article is to empirically assess how students perceive and are prepared to use blockchain services, as well as to identify which factors statistically significantly influence their satisfaction with the educational process using factor, regression and correlation analyses. The study is based on survey data from 200 students, considered as the main group of consumers of the university's digital services; the obtained results are interpreted taking into account the limitations of the sample and the need for subsequent extension of the research to administrative and IT personnel. Data analysis was carried out using Python language libraries. The main aspects of the use of blockchain technology, its impact on student satisfaction and the effectiveness of educational programs are considered. The use of blockchain technology in the university's educational process has significant potential to improve learning efficiency. The analysis of factor loadings showed that the key variables influencing the perception of blockchain technology are "Data Security", "Data Transparency" and "Trust in Technology". Regression analysis showed that "Data Security" and "Data Transparency" have a statistically significant impact on student satisfaction with the educational process, while trust in blockchain technology demonstrates borderline significance. The analysis of the correlation matrix showed that all the variables under study – "Level of Knowledge", "Availability and Reliability of Information", "Trust in Technology" – have a moderate or strong positive correlation with student satisfaction. It is recommended to increase the number of hours allocated to the study of blockchain technology and to conduct regular training sessions for teachers.

Keywords: blockchain; learning process; factorial, regression and correlation analysis

For citation: Vishniakou U. A., Polosko E. I. (2026). Comprehensive Statistical Analysis to Assess the Use of Blockchain Technology in the University Educational Process. *Science and Technique*. 25 (2), 89–99 (in Russian). <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2026-25-2-89-99>

Введение

Технология блокчейн, обладающая свойствами децентрализации, безопасности и неизменности, проникает в академическую среду, предлагая решения для управления учетными данными, защиты интеллектуальной собственности и создания автоматизированных учебных платформ [1, 2]. Однако внедрение технологии должно быть не спонтанным, а обоснованным и измеримым. В этом контексте применение статистических методов – факторного, корреляционного и регрессионного анализов – становится важным инструментом для эмпирической оценки эффективности интеграции блокчейна в учебный процесс и выявления ключевых характеристик этого процесса [3].

В настоящей работе под внедрением технологии блокчейн в учебный процесс понимается, прежде всего, использование распределенного реестра в подсистемах учета и верификации академических достижений (реестр оценок, цифровые дипломы, электронные зачетные книжки), а также в отдельных процедурах электронного документооборота, связанных с обучением (заявления, приказы, академические справки). Эти подсистемы формируют для студента единое цифровое пространство взаимодействия с университетом и напрямую определяют его оценку прозрачности и безопасности образовательной среды [4].

В работе выполнен анализ для оценки использования блокчейна в учебном процессе. Было выявлено, что ключевыми факторами яв-

ляются доступность и защита данных. Но большая часть исследований блокчейна в образовании носит теоретический характер. Работа [5] посвящена использованию блокчейна в организации и управлении учебным процессом университета с применением факторного, регрессионного и корреляционного анализов. Целью настоящего исследования является комплексная статистическая оценка восприятия студентами блокчейн-решений в указанных подсистемах (цифровые дипломы, электронные реестры оценок, электронный документооборот (ЭДО) по вопросам обучения) и выявление факторов, влияющих на удовлетворенность и доверие к таким сервисам. Полученные результаты рассматриваются как основа для дальнейших этапов внедрения, включая участие ИТ-службы, профессорско-преподавательского состава, учебно-методических подразделений и администраторов ЭДО.

Особенности применения блокчейна в университетских процессах

При проектировании систем верификации учебных достижений и электронного документооборота университет традиционно использует централизованные базы данных (БД), защищенные каналы связи, электронную цифровую подпись (ЭЦП) и регламентированный ЭДО. Такие решения хорошо отработаны и обеспечивают юридическую значимость документов за счет нормативно закрепленных процедур идентификации, подписи и хранения. Вместе с тем при масштабировании числа участников

и внешних стейкхолдеров (выпускники, работодатели, зарубежные партнеры) возрастает нагрузка на центральные компоненты и усиливаются требования к прослеживаемости и проверяемости операций.

Ключевое отличие блокчейн-подхода состоит не только в неизменяемости записей, но и в криптографически подтверждаемой истории изменений, распределенном хранении и возможности независимой верификации данных третьими сторонами без обращения к единому «владельцу» реестра. В учебных процессах это позволяет построить доверенную среду для проверки подлинности дипломов и академических записей как внутри университета, так и за его пределами (работодатели, другие вузы, аккредитационные органы), при этом снижая зависимость доверия от одного оператора системы.

Неизменяемость записей в блокчейн-реестре не исключает необходимости исправления ошибок (в персональных данных, ведомостях, справках, приказах), а меняет способ их обработки. В традиционных БД корректировка часто означает перезапись значения поля или «мягкое удаление» записи, что усложняет аудит и последующее доказательство подлинности данных. В блокчейн-модели каждая ошибка фиксируется как исходная транзакция, а корректирующее действие оформляется в виде новой транзакции, ссылающейся на первоначальную запись и содержащей метаданные об основании исправления (дата, инициатор, цифровая подпись).

Для сохранения юридической значимости документов предлагается регламент, при котором:

- исходная запись о ведомости, справке или приказе не удаляется и не изменяется;
- создается корректирующая запись с указанием статуса («аннулировано», «исправлено»), ссылкой на номер приказа/служебной записки и ЭЦП уполномоченного лица;
- при отображении информации пользователю интерфейс системы показывает только актуальное состояние, но при необходимости предоставляет полный журнал изменений.

Такой подход одновременно обеспечивает требования неизменяемости (невозможность скрыть факт ошибки) и удобство эксплуатации для сотрудников деканатов и учебных отделов.

Блокчейн в университете лучше использовать не вместо обычных баз данных и систем ЭДО, а поверх них – как дополнительный слой доверия в тех случаях, когда нужно, чтобы дипломы и другие учебные результаты могли проверять внешние организации (другие вузы, работодатели, государственные структуры).

Этапы и результаты проведения анализа

Под эффективностью учебного процесса в работе понимаются, прежде всего, обобщенные показатели качества образовательных услуг, отражающие удовлетворенность студентов организацией обучения, прозрачностью выставления оценок и доступностью информации о результатах. Такой подход соответствует исследованиям, где удовлетворенность обучающихся и прозрачность оценивания рассматриваются как основные показатели результативности и устойчивости образовательных программ. Переменные «Безопасность данных», «Прозрачность данных», «Доверие к технологии блокчейн» и «Надежность информации» рассматриваются как части цифровой среды, от которой зависит качество учебного процесса. Их заметное влияние на удовлетворенность студентов позволяет считать блокчейн не просто новой технологией, а средством управления результатами обучения и качеством образовательных услуг.

Оценка эффективности применения технологии блокчейн в организации учебного процесса университета предполагает использование комплекса статистических методов, включая факторный, регрессионный и корреляционный анализы. Применение данных методов позволяет выявить закономерности между исследуемыми переменными, определить влияние ключевых факторов на уровень вовлеченности студентов, а также оценить степень взаимосвязи между использованием блокчейн-технологий и показателями удовлетворенности обучающихся.

Оценка применения технологии блокчейн в учебном процессе университета осуществлялась на основе анкетирования 200 студентов второго–четвертого курсов как основных пользователей подсистем электронного документо-

оборота, реестра оценок и цифровых образовательных сертификатов.

Вопросы анкеты были сформулированы таким образом, чтобы зафиксировать отношение студентов к потенциальному внедрению блокчейн-решений именно в этих сервисах (безопасность и прозрачность хранения результатов обучения, доверие к цифровым дипломам, восприятие сокращения бюрократических процедур). Обработка и анализ полученных данных проводились с использованием специализированных библиотек языка программирования Python [6]. Для проведения исследования использовались результаты ответов на вопросы, которые были сгруппированы по блокам: «Восприятие безопасности персональных и академических данных»; «Оценка прозрачности выставления и хранения оценок»; «Отношение к цифровым дипломам и сертификатам на основе блокчейн-протоколов»; «Общая удовлетворенность организацией учебного процесса». Вопросы анкеты оценивались по пятибалльной шкале Лайкерта от 1 до 5 баллов. При интерпретации результатов значения 1,0–2,0 рассматриваются как низкий уровень соответствующего показателя, значения 3,0 – как средний уровень, а значения 4,0–5,0 – как высокий уровень.

Частотный анализ проведен по следующим показателям: «Уровень безопасности хранения данных студентов в университете», «Влияние технологии блокчейн на повышение защиты персональных данных».

На основе данных по вопросу: «Как вы оцените уровень безопасности хранения ваших данных в университете?» (ответ 5,0 – высокий уровень безопасности; 1,0 – самый низкий уровень безопасности), представленных на рис. 1, можно сделать следующие выводы.

Оценка 3,0 – самая частая, около 85 упоминаний. Это нейтральная позиция: студенты считают, что безопасность есть, но она не на высоком уровне. Оценка 4,0 – вторая по популярности, около 60 упоминаний. Это уже ближе к положительной оценке, что может говорить о частичном доверии к системам хранения. Оценки 1,0 и 2,0 – встречаются редко, что указывает на низкий уровень тревожности среди студентов по поводу безопасности. Оценка 5,0 – также редкая, что может означать, что высокий уровень доверия встречается нечасто (рис. 1).

Студенты не считают уровень безопасности критически низким, но и не уверены, что он соответствует высоким стандартам. Университету стоит усилить коммуникацию о мерах защиты данных, чтобы повысить доверие. Возможные шаги в университете: проведение информационных кампаний, демонстрация технических решений, вовлечение студентов в обсуждение цифровой безопасности.

На основе данных по вопросу: «Считаете ли вы, что блокчейн может повысить защиту персональных данных?», где ответ 5,0 – высокий уровень влияния, а 1,0 – самый низкий уровень влияния, представленных на рис. 2, можно сделать следующие выводы.

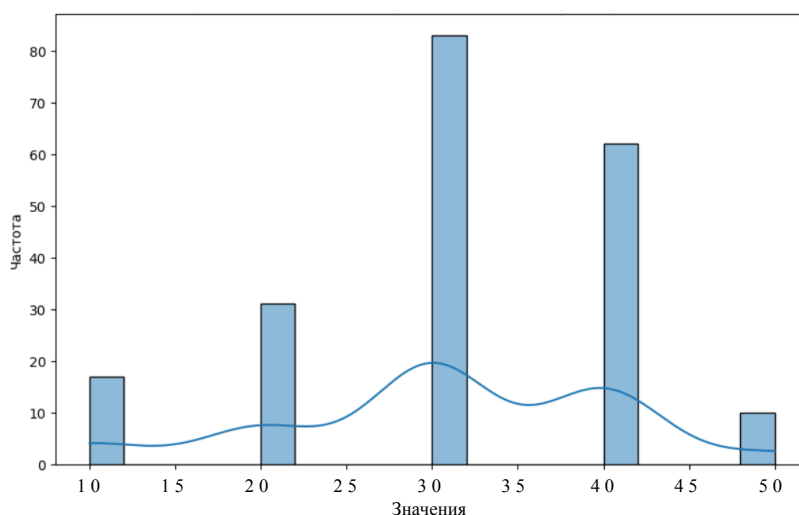


Рис. 1. Уровень безопасности хранения данных в университете

Fig. 1. Security level of data storage at the university

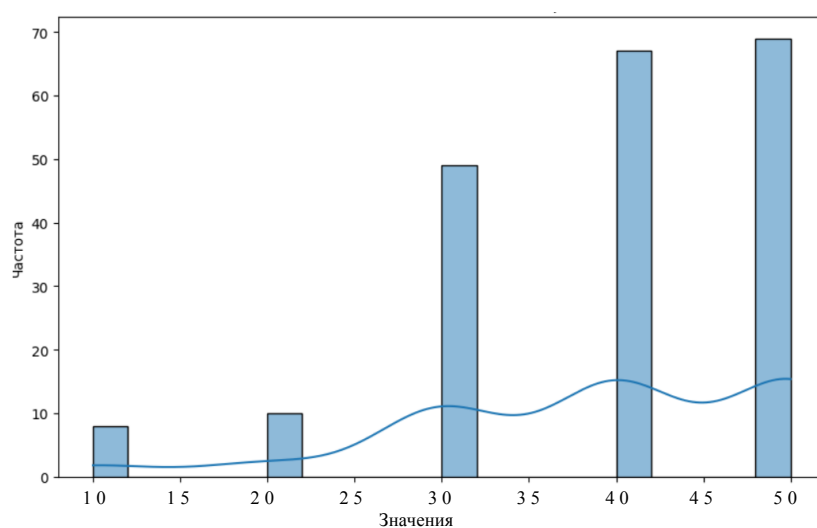


Рис. 2. Влияние блокчейна на повышение защиты персональных данных

Fig. 2. Impact of blockchain on improving personal data protection

Оценка 5,0 – самая частая. Это говорит о том, что значительная часть студентов считает технологию блокчейн очень эффективным показателем для защиты данных. Оценка 4,0 – также популярна, подтверждая уверенность студентов в положительном влиянии технологии. Оценки 1,0–2,0 встречаются редко, что указывает на низкий уровень скептицизма. Оценка 3,0 – промежуточная, но менее выраженная, чем высокие оценки (рис. 2).

Студенты воспринимают блокчейн как перспективное решение для повышения цифровой безопасности. Это может быть связано с пониманием преимуществ технологии (децентрализация, прозрачность, устойчивость к взлому). Университету стоит расширить образовательные инициативы по теме блокчейна, чтобы укрепить знания и интерес студентов.

Факторный анализ [7] позволяет выявить скрытые факторы, которые влияют на использование технологии блокчейн в учебном процессе. Определение переменной «Количественные данные о влиянии потенциального внедрения блокчейн-решений в подсистемы учета и подтверждения учебных достижений (реестр оценок, цифровые дипломы, электронные заявления) на восприятие студентами безопасности, прозрачности и качества организации учебного процесса». Латентные факторы (скрытые переменные): «Влияние использования технологии блокчейн на образовательные результаты»;

«Влияние внедрения новых технологий на восприятие университета».

Сбор данных: проведен опрос среди студентов второго–четвертого курсов университета.

Проверка пригодности данных: используем тест Кайзера–Мейера–Олкина (КМО) и критерий сферичности Бартлетта, чтобы убедиться, что данные подходят для факторного анализа. Значение КМО должно быть выше 0,5, а критерий Бартлетта должен быть значимым ($p < 0,05$).

Выбор метода факторного анализа: исследовательский факторный анализ используется, если нет заранее определенной гипотезы о структуре факторов; подтверждающий факторный анализ (CFA) используется, если у вас есть гипотеза о том, как переменные связаны с факторами.

Извлечение факторов: используем метод главных компонент (PCA) и метод максимального правдоподобия для извлечения факторов. Определим количество факторов с помощью критерия Кайзера (собственные значения больше 1). Сбор данных анкетирования студентов (200 респондентов) по шкале от 1,0 до 5,0 по каждому фактору.

Выбраны факторы: «Безопасность данных – 1», «Прозрачность данных – 2», «Доверие к технологии блокчейн – 3», «Экономическая эффективность – 4», «Восприятие университета – 5».

Интерпретация факторов: собственные значения: Eigenvalues [2,13888905; 1,98667562; 1,41782009; 0,77685395; 0,4104254] (рис. 3).

Факторы с собственными значениями больше 1 считаются значимыми. В данном случае три первых фактора («Безопасность данных», «Прозрачность данных» и «Доверие к технологии блокчейн») имеют значения выше порогового уровня (2,13888905; 1,98667562; 1,41782009), что указывает на их важность для объяснения общей дисперсии. Оставить три фактора – оптимальное решение, так как они объясняют большую часть данных, чем остальные.

Результаты количественной оценки. Загрузки факторов: [0,63 0,81 0,72]; [0,63 0,75 0,32]; [0,73 0,67 0,61]; [0,26 0,34 0,30]; [0,85 0,46 0,58].

Фактор 1 «Безопасность данных» (собственное значение 2,14) сильно связан с переменными: «Доверие к технологии» (0,85), «Надежность информации» (0,73), «Уровень

знаний о технологии блокчейн» (0,63). Это говорит о том, что восприятие безопасности данных напрямую зависит от доверия к технологии и понимания ее надежности.

Фактор 2 «Прозрачность данных» (собственное значение 1,99). Ведущие переменные: «Уровень знаний о технологии блокчейн» (0,81), «Доступность информации» (0,75), «Надежность информации» (0,67). Прозрачность воспринимается через доступность и понимание информации, а также ее достоверность.

Фактор 3 «Доверие к технологии блокчейн» (собственное значение 1,42). Основные переменные: «Уровень знаний» (0,72), «Надежность информации» (0,61), «Доверие к технологии» (0,58). Этот фактор отражает личное отношение к технологии, формируемое через знания и восприятие ее надежности. Тепловая карта факторных нагрузок представлена на рис. 4.

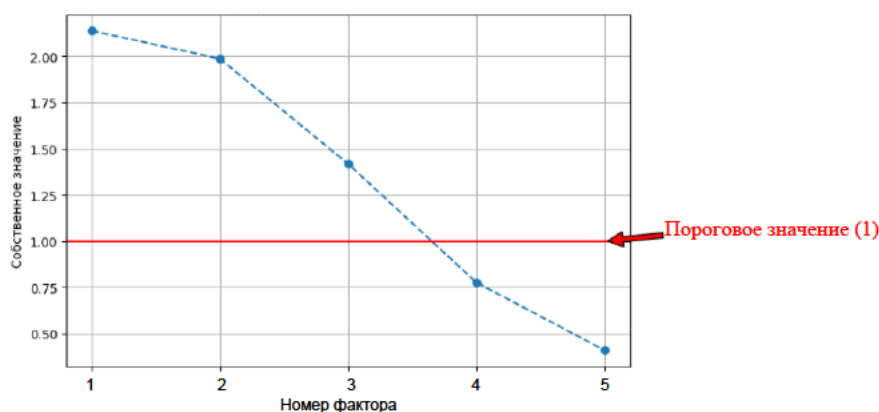


Рис. 3. График собственных значений факторов

Fig. 3. Plot of eigenvalues of factors

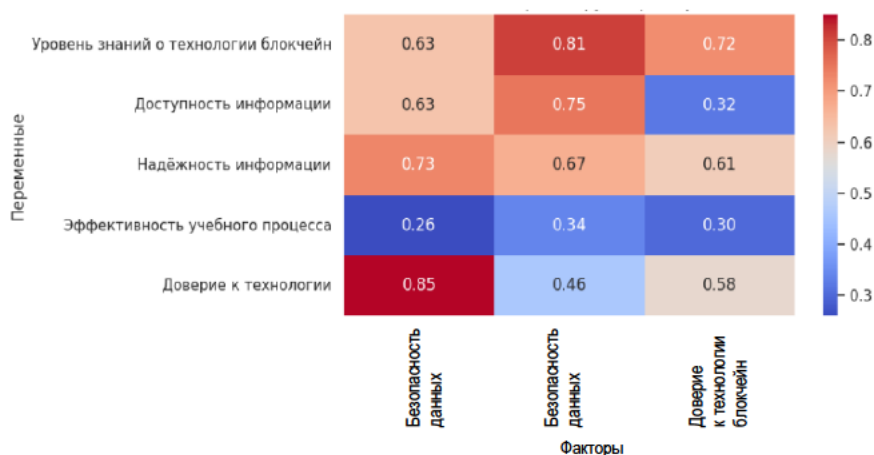


Рис. 4. Тепловая карта факторных нагрузок

Fig. 4. Heat map of factor loads

Рекомендации для университета:

1. Выполнить разработки специализированных курсов и учебных модулей для студентов по технологии блокчейн. В структуру программ включить практико-ориентированные материалы по надежности и безопасности решений.

2. Проводить семинары и дискуссии с экспертами, предоставляя студентам возможность задавать вопросы.

3. Применять блокчейн для хранения и верификации учебных достижений (например, цифровые сертификаты). Использовать блокчейн-платформы для голосования, опросов и обратной связи – это усилит ощущение защищенности и прозрачности.

Регрессионный анализ [8]. 1. Зависимые переменные (Y): «Удовлетворенность студентов образовательным процессом»; «Эффективность управления университетом». Независимая переменная (X) – «Факторы, связанные с внедрением блокчейн-технологии в подсистемы электронного документооборота и учета результатов обучения (восприятие защищенности цифровых академических записей, прозрачности выставления оценок, доверия к цифровым дипломам), которые могут влиять на зависимую переменную».

2. Сбор данных: опрос студентов.

3. Построение регрессионной модели. Использование метода наименьших квадратов (МНК) для построения линейной регрессионной модели. Модель представлена в виде

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \epsilon,$$

где Y – зависимая переменная; β_0 – свободный член; β_1, \dots, β_n – коэффициенты регрессии, по-

казывающие влияние каждой независимой переменной на зависимую; X_1, X_2, \dots, X_n – независимые переменные; ϵ – ошибка модели.

4. Проверка качества модели. Оценить качество модели с помощью следующих показателей:

коэффициента детерминации (R^2) – показывает, какая доля дисперсии зависимой переменной объясняется моделью. Значение R^2 , близкое к 1, указывает на хорошее качество модели;

p -значения: проверка значимости коэффициентов регрессии. Обычно, если p -значение меньше 0,05, коэффициент считается статистически значимым;

F -статистики: низкое p -значение (меньше 0,05) указывает на то, что модель статистически значима.

5. Интерпретация результатов.

Коэффициенты регрессии представлены в табл. 1.

Коэффициенты $\beta = 0,42$ для «Безопасности данных» и $\beta = 0,36$ для «Прозрачности данных» означают, что при росте субъективной оценки этих показателей на один балл по шкале Лайкерта ожидаемое значение удовлетворенности студентов возрастает в среднем на 0,42 и 0,36 балла соответственно. С учетом того, что удовлетворенность в современных моделях управления качеством рассматривается как прокси-показатель эффективности учебного процесса (влияющий на вовлеченность, успеваемость и удержание контингента), полученные результаты показывают прямую количественную связь между улучшением цифровой инфраструктуры и результатами образовательной деятельности.

Таблица 1

Коэффициенты регрессии

Regression coefficients

Фактор	Коэффициент β	p -значение	Интерпретация	Вывод
«Безопасность данных»	0,42	0,003	Значимый вклад: доверие и надежность важны	Наиболее значимый показатель. Студенты ценят надежность и защиту данных
«Прозрачность данных»	0,36	0,012	Значимый вклад: доступность и знания важны	Существенный вклад. Доступность и понятность информации важны
«Доверие к блокчейну»	0,21	0,078	Пограничная значимость	Пограничная значимость. Требуется дальнейшего изучения
Перехват (β_0)	1,12	<0,001	Базовый уровень удовлетворенности	

Пограничная значимость фактора «Доверие к блокчейну» ($\beta = 0,21$, $p = 0,078$) показывает, что доверие уже вносит вклад в удовлетворенность студентов, но пока уступает по влиянию таким параметрам, как безопасность и прозрачность данных. Это означает, что по мере развития и более широкого использования блокчейна в учебном процессе роль доверия к этой технологии может усилиться и дополнительно повысить общий эффект от ее внедрения.

Коэффициент детерминации ($R^2 = 0,51$) показывает, что модель объясняет 51 % дисперсии в уровне удовлетворенности студентов. Это хороший показатель для социальных исследований, особенно в контексте восприятия цифровых технологий. F -статистика ($p < 0,0001$) подтверждает, что модель в целом статистически значима. Среднеквадратичная ошибка ($MSE = 0,49$) указывает на умеренный уровень ошибки предсказания, что делает модель пригодной для практического применения. Представленная модель показывает, что технические и организационные аспекты ИТ оказывают воздействие на восприятие качества материала. Студенты имеют более высокий уровень удовлетворенности при условии понимания информации.

Полученные значения коэффициентов регрессии ($\beta = 0,42$ – для безопасности и $\beta = 0,36$ – для прозрачности) показывают, что улучшение восприятия защищенности и прозрачности цифровых сервисов статистически значимо и связано с ростом удовлетворенности студентов учебным процессом.

Для оценки потенциального прироста эффективности учебного процесса вследствие внедрения блокчейн-подсистем рассмотрим сценарий, при котором воспринимаемые студентами безопасность и прозрачность цифровых сервисов возрастают в среднем на 0,5 балла по шкале 1,0–5,0 (например, с 3,4 до 3,9 и с 3,5 до 4,0) за счет внедрения распределенного реестра для реестра оценок и цифровых дипломов. Подставляя эти приращения в регрессионную модель, получаем ожидаемый прирост удовлетворенности: $\Delta Y \approx 0,42 \cdot 0,5 + 0,36 \cdot 0,5 = 0,39$ балла, что соответствует относительному росту порядка 10–12 % при исходном среднем уровне удовлетворенности около 3,3–3,5 балла.

Если считать удовлетворенность обобщенным показателем качества образовательных услуг, то рост на 0,3–0,4 балла по пятибалльной шкале сопоставим с эффектом от внедрения крупных систем дистанционного обучения и управления учебным контентом. Это позволяет рассматривать блокчейн-решения в подсистемах учета как реальный, измеримый фактор повышения эффективности учебного процесса, а не только как имиджевую новацию.

Корреляционный анализ [9, 10] служит инструментом для установления зависимости между восприятием блокчейн-технологий и уровнем удовлетворенности обучающихся качеством образовательного процесса.

1. Определение переменных. Независимые переменные (X): «Уровень знаний о технологии блокчейн», «Доступность информации», «Надежность информации», «Доверие к технологии блокчейн». Зависимая переменная (Y) – «Уровень удовлетворенности студентов».

2. Сбор данных: проведение опроса среди студентов университета.

3. Расчет корреляции. Используем статистические методы для расчета коэффициента корреляции (коэффициент Пирсона для линейной зависимости).

4. Интерпретация результатов.

Если коэффициент корреляции близок к +1, это указывает на сильную положительную связь между использованием блокчейн-технологий и улучшением показателей образования; если он близок к –1, это может указывать на отрицательную связь; если близок к 0, это говорит об отсутствии линейной связи.

5. Проверка значимости. Проверяем статистическую значимость коэффициента корреляции с помощью p -значения, при менее 0,05 считается статистически значимым.

Результаты корреляционного анализа с p -значениями показаны в табл. 2

Наиболее высокая корреляция получена между «Доверием к технологии» и «Удовлетворенностью» ($r = 0,61$; $p < 0,001$), а также между «Надежностью информации» и «Удовлетворенностью» ($r = 0,58$; $p < 0,001$). Это показывает, что чем больше студенты доверяют цифровым сервисам и считают данные надежными, тем выше их удовлетворенность учебным процессом.

Таблица 2

Результаты корреляционного анализа
Results of correlation analysis

Пара переменных	Коэффициент корреляции r	p -value	Статистическая значимость
«Уровень знаний» – «Удовлетворенность»	0,52	< 0,001	Значимая
«Доступность информации» – «Удовлетворенность»	0,43	< 0,001	Значимая
«Надежность информации» – «Удовлетворенность»	0,58	< 0,001	Значимая
«Доверие к технологии» – «Удовлетворенность»	0,61	< 0,001	Значимая

Остальные переменные также демонстрируют умеренную или сильную положительную корреляцию с удовлетворенностью студентов (рис. 5); p -значения < 0,0009 подтверждают, что эти связи могут быть применены для построения модели предсказания удовлетворенности.

6. Анализ результатов. Студенты, обладающие более глубоким пониманием технологии, доверяющие ИТ, демонстрируют высокий уровень удовлетворенности.

Рекомендации для университета: развитие уровня знаний о технологии блокчейн за счет

специализированных курсов и лабораторных практикумов; обеспечение доступности информации на образовательных платформах; укрепление доверия к технологии через прозрачность процессов, систематическую обратную связь и демонстрацию успешных практических кейсов.

Проведенное исследование опирается на данные анкетирования студентов и отражает, прежде всего, пользовательские ожидания и восприятие конечных получателей услуг, а не административные или технические аспекты внедрения блокчейн-технологий.



Рис. 5. Результаты количественной оценки

Fig. 5. Results of quantitative assessment

Студенты, как правило, не участвуют в проектировании учебных планов, настройке электронного документооборота и обеспечении информационной безопасности, поэтому их ответы не позволяют в полной мере оценить реализуемость, риски и организационные последствия внедрения блокчейн-решений.

Вместе с тем именно студенты являются основной группой пользователей подсистем цифровой верификации учебных достижений, электронных реестров оценок и цифровых дипломов. Полученные результаты позволяют выделить ключевые пользовательские требования к таким сервисам (безопасность, прозрачность, доверие) и задать ориентиры для дальнейшего проектирования архитектуры блокчейн-решений на уровне университета.

Полученные результаты следует рассматривать как первый этап комплексной оценки, ориентированной на пользователей. На следующем этапе планируется включение в опрос профессорско-преподавательского состава и руководства факультетов для формирования экспертной оценки организационной и экономической эффективности внедрения блокчейн-решений.

ВЫВОДЫ

1. Проведенный факторный, регрессионный и корреляционный анализ показал, что потенциальное использование технологии блокчейн в подсистемах учета и верификации учебных достижений, цифровых дипломов и электронного документооборота по вопросам обучения воспринимается студентами как значимый ресурс повышения прозрачности и надежности образовательной среды. Удовлетворенность формируется за счет не только доступа к информации, но и доверия к защищенности и непротиворечивости академических записей.

2. Результаты частотного анализа свидетельствуют о том, что студенты оценивают безопасность хранения данных в университете как среднюю. При этом большинство из них заявили, что внедрение технологии блокчейн должно усилить защиту персональных данных.

3. Анализ факторных нагрузок позволил выделить три переменные, оказывающие

наибольшее влияние на понимание технологий блокчейн: «Безопасность данных», «Прозрачность данных» и «Доверие к технологии». Эти факторы объясняют значительную часть дисперсии и показывают, что студенты воспринимают блокчейн через показатели надежности, доступности информации.

4. Регрессионный анализ выявил, что безопасность данных ($\beta = 0,42$; $p = 0,003$) и прозрачность информации ($\beta = 0,36$; $p = 0,012$) оказывают влияние на удовлетворенность студентов образовательным процессом при внедрении блокчейн-решений. Доверие к технологии блокчейн ($\beta = 0,21$; $p = 0,078$) демонстрирует граничную значимость.

5. Анализ корреляционной матрицы показал, что все исследуемые переменные – «Уровень знаний», «Доступность и надежность информации», «Доверие к технологии» – имеют умеренную или сильную положительную корреляцию с удовлетворенностью студентов ($r = 0,43-0,61$; $p < 0,001$). Полученные зависимости характеризуют восприятие технологии блокчейн именно со стороны студентов и должны дополняться оценками административного персонала и ИТ-служб при переходе к разработке конкретных проектов внедрения. В условиях, когда большая часть исследований блокчейна в образовании носит теоретический характер, эмпирическая верификация с помощью статистических методов становится императивом для университетов, стремящихся занять лидирующие позиции в Университете 4.0.

ЛИТЕРАТУРА

1. Role of Blockchain Technology in Education in 2025. URL : <https://www.geeksforgeeks.org/blogs/role-of-blockchain-technology-in-education> (accessed: 02.09.2025).
2. Вишняков, В. А. Машинное обучение, нейронные сети, интернет вещей, блокчейн в ИТ-диагностике: монография / В. А. Вишняков. Минск: РИВШ, 2025. 262 с.
3. Хацкевич, Г. А. Эконометрика: учебник / Г. А. Хацкевич, Т. В. Русилко. Минск: РИВШ, 2021. 452 с.
4. Bhardwaj, C. Blockchain in Education – Top Use Cases & Challenges / C. Bhardwaj // Appinventiv.com. 28 March 2025. URL: <https://appinventiv.com/blog/blockchain-in-education/> (accessed: 02.09.2025).
5. Вишняков, В. А. Комплексный анализ для оценки использования сетей интернета вещей в учебном

- процессе университета информатики и радиоэлектроники / В. А. Вишняков, Г. А. Хацкевич, Е. И. Полоско // Статистика и экономика. 2025. Т. 22, № 4. С. 52–60. <https://doi.org/10.21686/2500-3925-2025-4-52-51>
6. Python, корреляция и регрессия: часть 1 // Habr. URL: <https://habr.com/ru/articles/557998/> (дата обращения: 08.09.2025).
 7. Multivariate Data Analysis / J. F. Hair, W. C. Black, B. J. Babin, R. E. Anderson. Pearson, 2019. 771 p.
 8. Montgomery, D. C. Introduction to Linear Regression Analysis / D. C. Montgomery, E. A. Peck, G. G. Vining. Wiley, 2012. 679.
 9. Шапкарина, Г. Г. Корреляционный анализ в системах управления / Г. Г. Шапкарина. М.: МИСиС, 2020. 72 с.
 10. Айвазян, С. А. Прикладная статистика. Основы эконометрики: учебник для вузов: в 2 т. / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян. 2-е изд., испр. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. Т. 1: Теория вероятностей и прикладная статистика. 665 с.
- Поступила 22.12.2025
Подписана в печать 26.02.2026
Опубликована онлайн 31.03.2026
- REFERENCES
1. *Role of Blockchain Technology in Education in 2025*. Available at: <https://www.geeksforgoeks.org/blogs/role-of-blockchain-technology-in-education> (accessed 02 September 2025).
 2. Vishnyakou U. A. (2025) *Machine Learning, Neural Networks, Internet of Things, Blockchain in IT Diagnostics*. Minsk, National Institute for Higher Education, 2025. 262 (in Russian).
 3. Khatskevich G. A., Rusilko T. V. (2021) *Econometrics*. Minsk, National Institute for Higher Education. 452 (in Russian).
 4. Bhardwaj C. (28 March 2025) Blockchain in Education – Top Use Cases & Challenges. *Appinventiv.com*. Available at: <https://appinventiv.com/blog/blockchain-in-education/> (accessed 02 September 2025).
 5. Vishnyakov V. A., Khatskevich G. A., Polosko E. I. (2025) Comprehensive Analysis to Evaluate the Use of Internet of Things Networks in the Educational Process of the University of Informatics and Radio Electronics. *Statistika i Ekonomika = Statistics and Economics*, 22 (4), 52–60 (in Russian).
 6. Python, Correlation and Regression: Part 1. *Habr*. Available at: <https://habr.com/ru/articles/557998/> (accessed 08 September 2025) (in Russian).
 7. Hair J. F., Black W. C., Babin B. J., Anderson R. E. (2019) *Multivariate Data Analysis*. Pearson. 771.
 8. Montgomery D. C., Peck E. A., Vining G. G. (2012) *Introduction to Linear Regression Analysis*. Wiley. 679 p.
 9. Shapkarina G. G. (2020) *Correlation Analysis in Control Systems*. Moscow, MISIS University. 72 (in Russian).
 10. Aivazyan S. A., Mkhitaryan V. S. (2001) *Applied Statistics. Fundamentals of Econometrics. Vol. 1: Probability Theory and Applied Statistics*. Moscow, UNITY-DANA Publ. 665 (in Russian).
- Received: 22.12.2025
Accepted: 26.02.2026
Published online: 31.03.2026