

DOI: 10.24888/2500-1957-2025-3-73-78

УДК
378.147**КОМПЛЕКСНЫЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДЛЯ
ОЦЕНКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕТЕЙ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ
В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ УНИВЕРСИТЕТА****Вишняков Владимир Анатольевич**
д.т.н., профессор
vish@bsuir.by
г. МинскБелорусский государственный
университет информатики и
радиоэлектроники**Зыкова Татьяна Викторовна**
к.ф.-м.н., доцент
zykovatv@mail.ru
г. Красноярск

Сибирский федеральный университет

Носков Михаил Валерианович
д.ф.-м.н., профессор
mvnoskov@yandex.ru
г. Красноярск

Сибирский федеральный университет

Аннотация. Предметом исследования являются оценки использования сетей интернет вещей (IoT) в учебном процессе университета. Цель статьи – анализ применения сетей IoT в организации и управлении учебным процессом университета с применением факторного, регрессионного и корреляционного анализов. Рассмотрены основные аспекты применения IoT сетей, их влияние на успеваемость студентов и эффективность образовательных программ. Использование IoT сетей в учебном процессе университета имеет значительный потенциал для повышения эффективности обучения. Ключевыми факторами успешного внедрения IoT являются техническая оснащенность университета, квалификация преподавателей и доступность готовых решений. Регрессионные модели подтвердили положительное влияние IoT сетей на успеваемость студентов и сокращение времени 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.

Ключевые слова: сети интернет вещей, профессиональное образование, факторный, регрессионный, корреляционный анализ

Введение

Современная система образования сталкивается с проблемами, вызванными стремительным развитием ИТ-технологий. Это связано с увеличением объема 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 использования сетей Интернет вещей (Vishnyakov, 2023).

Технология Интернета вещей (IoT) активно внедряется в различные сферы жизни, включая образование (Заславская, 2017). 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 (Хацкевич, 2021). Эти методы позволяют выявить ключевые факторы, влияющие на успешность внедрения технологии, и оценить их взаимосвязи (Aleguani, 2018). Поэтому цель статьи – исследовать применение факторного, регрессионного и корреляционного анализов для оценки влияния IoT на образовательный процесс университета. 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 (успеваемость студентов, удовлетворенность образовательным процессом); корреляционного анализа – для оценки степени тесноты взаимосвязей между переменными, такими как уровень использования IoT и академические показатели.

Этапы и результаты проведения факторного анализа

Факторный анализ (Хацкевич, 2021; Айвазян, 2001) позволяет сократить количество переменных, выделяя основные факторы. Модель факторного анализа может быть представлена в виде:

$$X = AF + \varepsilon,$$

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

Факторный анализ выполнялся в следующей последовательности:

- определение цели исследования (выявление ключевых факторов, влияющих на использование IoT в управлении учебным процессом университета);
- сбор данных (проведение опросов среди преподавателей, студентов и администрации университета). Количественные данные о внедрении IoT-устройств (число подключенных устройств, частота использования, удовлетворенность пользователей);
- подготовка данных (очистка данных от пропусков и выбросов; стандартизация данных для обеспечения сопоставимости);
- выбор метода факторного анализа (использование метода главных компонент (PCA));
- определение числа факторов на основе критерия Кайзера (собственные значения > 1);
- извлечение факторов (применение вращения факторов (Varimax) для улучшения интерпретируемости). В данном исследовании были выбраны факторы: «техническая инфраструктура», «удовлетворенность пользователей», «эффективность управления»;
- оценка надежности (расчет коэффициента альфа Кронбаха для проверки внутренней согласованности факторов).

Результаты количественной оценки выбранных факторов представлены в таблице.

Таблица. Результаты количественной оценки факторного анализа

Фактор	Нагрузка переменных	Собственное значение
техническая инфраструктура	количество IoT-устройств (0,85), скорость сети (0,78), доступность ресурсов (0,72)	3,45
удовлетворенность пользователей	удовлетворенность студентов (0,88), удовлетворенность преподавателей (0,82), удобство использования (0,75)	2,98
эффективность управления	автоматизация процессов (0,79), снижение затрат (0,71), улучшение качества образования (0,68)	2,56

Этапы и результаты проведения регрессионного анализа

Регрессионный анализ (Хацкевич, 2021; Айвазян, 2001; Mircea, 2021) используется для оценки зависимости между переменными. Линейная регрессионная модель имеет вид:

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

где Y – зависимая переменная (например, успеваемость), $X_1, X_2, \dots, X_n$ – независимые переменные (например, частота использования IoT), $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$ – коэффициенты регрессии.

Шаги регрессионного анализа:

- определение цели исследования (оценка влияния использования IoT на эффективность учебного процесса в университете). Исследуется, как внедрение IoT влияет на успеваемость студентов или на время, затрачиваемое на административные задачи;

- сбор данных по показателям (успеваемость студентов (средний балл, количество сданных экзаменов), время, затрачиваемое на административные задачи (составление расписания, учет посещаемости), удовлетворенность преподавателей и студентов (опросы, анкетирование), количество подключенных устройств IoT (датчики, камеры, сенсоры));

- выбор структуры модели регрессии (в зависимости от характера данных можно выбрать парную или множественную линейную регрессию или нелинейные по независимым переменным другие виды регрессионных моделей). Парная линейная регрессия использована для оценки зависимости успеваемости студентов от количества подключенных устройств IoT;

- оценка параметров модели (используя метод наименьших квадратов, оцениваются параметры регрессионной модели). Оценивалось, насколько увеличение количества устройств IoT влияет на успеваемость студентов;

- проверка значимости модели (проводится проверка гипотез о значимости коэффициентов регрессии с использованием t-критерия Стьюдента и F-критерия Фишера-Снедекора). Также оценивается коэффициент детерминации R^2 , который показывает, насколько адекватно модель объясняет вариацию данных;

- интерпретация результатов (на основе полученных выборочных оценок коэффициентов регрессии делаются выводы о влиянии IoT на учебный процесс). Если коэффициент при переменной «количество устройств IoT» положительный и значимый, это может свидетельствовать о положительном влиянии IoT на успеваемость студентов.

Реализация количественной оценки:

1. Влияние IoT на успеваемость студентов. Регрессионная модель для данного случая имеет вид:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \varepsilon,$$

где Y – средний балл студентов, X_1 – количество подключенных устройств IoT, β_0, β_1 – коэффициенты регрессии, ε – ошибка. При $\beta_1 = 0,5$ средний балл Y статистически значим. Это означает, что увеличение количества устройств IoT на 1 единицу приводит к увеличению среднего балла студентов на 0,5.

2. Влияние IoT на долю времени академического часа, затрачиваемого на административные задачи. Модель имеет вид:

$$K_t = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon,$$

где K_t – доля времени академического часа, затрачиваемого на административные задачи, X_1 – количество устройств IoT, X_2 – количество студентов, β_0, β_1 – коэффициенты регрессии. Равенство $\beta_1 = -0,2$ означает, что увеличение количества устройств IoT на 1 единицу сокращает долю времени академического часа, затрачиваемого на административные задачи, на 0,2.

Этапы и результаты проведения корреляционного анализа

Корреляционный анализ (Хацкевич, 2021; Айвазян, 2001; Шапкарина, 2020) применяется для количественной оценки тесноты и определения направления взаимосвязи между переменными. Шаги корреляционного анализа:

- определение переменных. Независимой переменной является интенсивность использования IoT (количество подключенных устройств, частота использования IoT-решений). Зависимыми переменными являются показатели эффективности учебного процесса (успеваемость студентов, удовлетворенность преподавателей, экономия времени на административные задачи);

- сбор данных. Данные могут быть собраны через опросы, статистические отчеты университета, данные с IoT-устройств (например, датчики посещаемости, умные доски);

- обработка данных (очистка данных от выбросов и пропусков, нормализация данных для обеспечения сопоставимости);

- расчет коэффициента корреляции (использование коэффициента корреляции Пирсона для оценки силы и направления связи между переменными). Применяется формула коэффициента корреляции Пирсона:

$$R = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}},$$

где x_i и y_i – значения переменных, $\bar{x}$ и $\bar{y}$ – их средние значения выборок.

Интерпретация результатов. Значение коэффициента корреляции варьируется в интервале от -1 до 1 . Чем ближе к 1 , тем сильнее положительная связь, чем ближе к -1 , тем сильнее отрицательная связь.

Результаты количественной оценки.

1. Корреляция между использованием IoT и успеваемостью студентов. Данные: 100 студентов, использующих IoT-устройства для обучения. Коэффициент корреляции $R = 0,65$, что указывает на умеренную положительную связь.

2. Корреляция между IoT и экономией времени преподавателей. Данные: 50 преподавателей, использующих IoT для автоматизации отчетности. Коэффициент корреляции $R = 0,72$, что свидетельствует о тесной положительной связи.

Заключение

Результаты факторного анализа показали, что основными факторами, влияющими на образовательный процесс, являются: количество IoT-устройств, удовлетворенность и успеваемость обучающихся, эффективность управления. Это подтверждается результатами количественной оценки обозначенных факторов.

Регрессионный анализ позволил количественно оценить влияние использования сетей IoT на различные аспекты учебного процесса в университете. Увеличение количества устройств IoT на 1 единицу приводит к увеличению среднего балла студентов на 0,5 и сокращает время на административные задачи на 2 часа

Корреляционный анализ показал, что использование сетей интернета вещей в университете имеет положительное влияние на учебный процесс. Корреляция между использованием IoT и успеваемостью студентов (коэффициент корреляции $R = 0,65$) показывает умеренную положительную связь. Корреляция между IoT и экономией времени преподавателей (коэффициент корреляции $R = 0,72$) свидетельствует о сильной положительной связи.

Таким образом, данное исследование подтверждает влияние IoT на учебный процесс в университете, свидетельствует о необходимости разумного использования IoT, обозначает перед преподавательским составом новые методические задачи для повышения качества образовательного процесса.

Список литературы

- Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика. Основы эконометрики. В 2 томах. Т.1. Теория вероятностей и прикладная статистика: учебник для экономических специальностей вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001.
- Заславская О.Ю., Кириллов А.И. Новые возможности информатизации образования – «Интернет вещей» // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Информатизация образования». 2017. 14(2). 140–147.
- Хацкевич Г.А., Русилко Т.В. Эконометрика. М.: РИВШ, 2021.
- Шапкарина Г.Г. Корреляционный анализ в системах управления. М.: МИСиС, 2020.
- Aleryani A. The Impact of IoT on the Higher Education. Saba Journal of Information Technology and Networking. 2018. 6(2). 38–48.
- Hair J.F., Black W.C., Babin B.J., Anderson R.E. Multivariate Data Analysis. London. Pearson Education, 2019.
- Mircea M., Stoica M., Ghilic-micu B. Investigating the Impact of the Internet of Things in Higher Education Environment. IEEE Access. 2021. 99:1-1.
- Montgomery D.C., Peck E.A., Vining G.G. Introduction to Linear Regression Analysis. Hoboken, Wiley, 2012.
- Vishnyakov V.A. Specialized IoT networks: models, structures, algorithms, software and hardware. Minsk: BGUIR, 2023.

**COMPREHENSIVE STATISTICAL ANALYSIS FOR ASSESSING
THE USE OF INTERNET OF THINGS NETWORKS IN THE
EDUCATIONAL PROCESS OF THE UNIVERSITY**

Vishnyakov V. A. Dr. Sci. (Technical), professor vish@bsuir.by Minsk	Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
Zykova T. V. Ph.D (Physics and Mathematics), Associate professor zykovatv@mail.ru Krasnoyarsk	Siberian Federal University
Noskov M. V. Dr. Sci. (Physics and Mathematics), professor mvnoskov@yandex.ru Krasnoyarsk	Siberian Federal University

Abstract. The subject of the research is the assessment of the use of Internet of Things (IoT) networks in the university educational process. The aim of the article is to analyze the application of IoT networks in the organization and management of the university's educational process using factor, regression, and correlation analyses. The main aspects of IoT network implementation, their impact on students' academic performance, and the effectiveness of educational programs are examined. The use of IoT networks in the university educational process has significant potential for increasing the efficiency of learning. The key factors for the successful implementation of IoT are the university's technical infrastructure, faculty qualifications, and the availability of ready-made solutions. Regression models confirmed the positive impact

of IoT networks on students' academic performance and the reduction of time spent on administrative tasks. Correlation analysis revealed a moderate positive relationship between the use of IoT and students' academic performance, as well as a strong positive relationship between IoT and time savings for faculty members.

Keywords: Internet of things networks, professional education, factor, regression, correlation, analysis

References

- Ajvazyan, S. A., Mhitaryan, V. S. (2001). *Prikladnaya statistika. Osnovy ekonometriki. V 2 t. T.1. Teoriya veroyatnostej i prikladnaya statistika: uchebnik dlya ekonomicheskikh special'nostej vuzov*. Moscow: YuNITI-DANA. (In Russ.)
- Aleryani, A. (2018). The Impact of IoT on the Higher Education. *Saba Journal of Information Technology and Networking*, 6(2), 38–48.
- Hackevich, G. A., Rusilko, T. V. (2021). *Ekonometrika*. Moscow: RIVSh. (In Russ.)
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E. (2019). *Multivariate Data Analysis*. London. Pearson Education.
- Mircea, M., Stoica, M., Ghilic-micu, B. (2021). Investigating the Impact of the Internet of Things in Higher Education Environment. *IEEE Access*, 99, 1-1.
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., Vining, G. G. (2012). *Introduction to Linear Regression Analysis*. Hoboken, Wiley.
- Shapkarina, G. G. (2020). *Korrelyacionnyj analiz v sistemah upravleniya*. Moscow: MISiS. (In Russ.)
- Vishnyakov, V. A. (2023). *Specialized IoT networks: models, structures, algorithms, software and hardware*. Minsk: BGUIR.
- Zaslavskaya, O. Yu., Kirillov, A. I. (2017). Novye vozmozhnosti informatizacii obrazovaniya – «Internet veshchej». *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Seriya «Informatizaciya obrazovaniya»*, 14(2), 140-147. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 20.08.2025
Принята к публикации 05.09.2025