

Том 16, № 4 Volume 16, Number 4 2025

ISSN 2079-0910 (Print)
ISSN 2414-9225 (Online)

ТОМ 16 № 4 2025

СОЦИОЛОГИЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

СОЦИОЛОГИЯ

науки и технологий

Sociology of Science & Technology

Санкт-Петербург

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ
ИМ. С.И. ВАВИЛОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ФИЛИАЛ

СОЦИОЛОГИЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

2025

Том 16

№ 4

Санкт-Петербург

Главный редактор журнала

Ащеулова Надежда Алексеевна, кандидат социологических наук, Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова Российской академии наук, Санкт-Петербургский филиал, Санкт-Петербург, Россия

Заместители главного редактора

Зенкевич Светлана Игоревна, кандидат филологических наук, Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова Российской академии наук, Санкт-Петербургский филиал, Санкт-Петербург, Россия

Синельникова Елена Федоровна, кандидат исторических наук, Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова Российской академии наук, Санкт-Петербургский филиал, Санкт-Петербург, Россия

Редакционная коллегия

Аблажей Анатолий Михайлович, кандидат философских наук, Институт философии и права Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия

Аллахвердян Александр Георгиевич, кандидат психологических наук, Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова Российской академии наук, Москва, Россия

Банержи Пармасарати, Национальный институт исследований научного и технологического развития, Нью-Дели, Индия

Бао Оу, Университет Цинхуа, Пекин, Китайская Народная Республика

Держина Ирина Геннадиевна, доктор экономических наук, Сколковский институт науки и технологий, Москва, Россия

Душина Светлана Александровна, кандидат философских наук, Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова Российской академии наук, Санкт-Петербургский филиал, Санкт-Петербург, Россия

Иванова Елена Александровна, кандидат исторических наук, Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

Иванчева Людмила, доктор социологических наук, Институт изучения общества и знаний Академии наук Болгарии, София, Болгария

Рентеци Мария, Университет им. Фридриха-Александра в Эрлангене и Нюрнберге, Германия

Скворцов Николай Генрихович, доктор социологических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Смирнов Николай Николаевич, доктор исторических наук, Санкт-Петербургский Институт истории Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

Соболев Владимир Семенович, доктор исторических наук, Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова Российской академии наук, Санкт-Петербургский филиал, Санкт-Петербург, Россия

Фуллер Стив, Факультет социологии Уорикского университета, Ковентри, Великобритания

Хименес Хайми, Национальный автономный университет Мексики, Мехико, Мексика

Юревич Андрей Владиславович, член-корреспондент Российской академии наук, Институт психологии Российской академии наук, Москва, Россия

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова Российской академии наук ISSN 2079-0910 (Print)

ISSN 2414-9225 (Online)

Журнал основан в 2009 г. Периодичность выхода — 4 раза в год.

Свидетельство о перерегистрации журнала ПИ № ФС 77–75017 выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовой коммуникации 11 февраля 2019 г.

Журнал индексируется с Т. 8, № 1, 2017

в “Emerging Sources Citation Index”

(Clarivate Analytics products and services)

Редакционный совет

Богданова Ирина Феликсовна, кандидат социологических наук, Институт подготовки научных кадров Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

Бороноев Асалан Ользонович, доктор философских наук, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Вишневецкий Рафал, Университет кардинала Стефана Вышинского в Варшаве, Варшава, Польша

Елисеева Ирина Ильинична, член-корреспондент Российской академии наук, Социологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

Козлова Лариса Алексеевна, кандидат философских наук, Институт социологии Российской академии наук, Москва, Россия

Паттнаик Бинай Кумар, Институт технологий г. Канпура, Канпур, Индия

Сулейманов Абульфаз, Университет Ускюдар, Стамбул, Турция

Тамаш Пал, Институт социологии Академии наук Венгрии, Будапешт, Венгрия

Адрес редакции:

190034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 5

Тел.: (812) 328-47-12,

Факс: (812) 328-46-67

E-mail: school_kugel@mail.ru

Сайт: <http://sst.nw.ru>

Выпускающий редактор номера: *С.И. Зенкевич*

Редакторы англоязычных текстов: *В.А. Куприянов, Н.В. Никифорова*

Корректор: *Т.К. Добряна*

Подписано в печать: 1.12.2025.

Дата выхода в свет: 1.12.2025.

Формат 70×100/16. Усл.-печ. л. 18,04

Тираж 300 экз. Заказ № 17580-1. Цена свободная.

Отпечатано в типографии «Скифия-Принт»,

Санкт-Петербург, 197198, ул. Б. Пушкарская, д. 10.

© Редколлегия журнала

«Социология науки и технологий», 2025

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова Российской академии наук, 2025

S.I. VAVILOV INSTITUTE FOR THE HISTORY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
ST PETERSBURG BRANCH

SOCIOLOGY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

2025

Volume 16

Number 4

St Petersburg

Editor-in-Chief of Journal

Nadia A. Asheulova, Cand. Sci. (Sociology), S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of the Russian Academy of Sciences, St Petersburg Branch, St Petersburg, Russia

Assistant Editors

Elena F. Sinelnikova, Cand. Sci. (History), S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of the Russian Academy of Sciences, St Petersburg Branch, St Petersburg, Russia

Svetlana I. Zenkevich, Cand. Sci. (Philology), S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of the Russian Academy of Sciences, St Petersburg Branch, St Petersburg, Russia

Editorial Board

Anatoliy M. Ablazhej, Cand. Sci. (Philosophy), Institute of Philosophy and Law, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Alexander G. Allakhverdyan, Cand. Sci. (Psychology), S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Parthasarathi Banerjee, Dr., National Institute of Science Technology and Development Studies — NISTADS, New Delhi, India

Ou Bao, Tsinghua University, Beijing, China

Irina G. Dezhina, Dr. Sci. (Economy), Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia

Svetlana A. Dushina, Cand. Sci. (Philosophy), S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of the Russian Academy of Sciences, St Petersburg Branch, St Petersburg, Russia

Elena A. Ivanova, Cand. Sci. (History), St Petersburg Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, St Petersburg, Russia

Ludmila Ivancheva, Dr. Sci. (Sociology), Institute for the Study of Societies and Knowledge, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

Nikolay G. Skvortsov, Dr. Sci. (Sociology), St Petersburg State University, St Petersburg, Russia

Nikolay N. Smirnov, Dr. Sci. (History), St Petersburg Institute for History of the Russian Academy of Sciences, St Petersburg, Russia

Vladimir S. Sobolev, Dr. Sci. (History), S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of the Russian Academy of Sciences, St Petersburg Branch, St Petersburg, Russia

Steve Fuller, Prof., Dr. Sci. (Philosophy), Social Epistemology Department of Sociology, University of Warwick, Coventry, United Kingdom

Jaime Jimenez, PhD, Autonomous National University of Mexico, Mexico City, Mexico

Maria Rentetzi, Prof., PhD, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Germany

Andrey V. Yurevich, Correspond. member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

The Journal was founded in 2009.

The Mass Media Registration Certificate:

PI № FC № 77–75017 on February 11th, 2019

Founder and Publisher: S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of the Russian Academy of Sciences

ISSN 2079-0910 (Print)

ISSN 2414-9225 (Online)

Publication Frequency: Quarterly

The Journal has been selected for coverage in Clarivate Analytics products and services. Beginning with V. 8 (1) 2017. This publication is indexed and abstracted in *Emerging Sources Citation Index*

Editorial Advisory Board

Irina F. Bogdanova, Cand. Sci. (Sociology), Institute for Preparing Scientific Staff, National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Asalhan O. Boronoev, Dr. Sci. (Philosophy), Saint Petersburg State University, St Petersburg, Russia.

Rafał Wiśniewski, PhD, Cardinal Stefan Wyszyński University in Warsaw, Poland

Irina I. Eliseeva, Correspond. member of the Russian Academy of Sciences, Sociological Institute of the Russian Academy of Sciences, St Petersburg, Russia

Larissa A. Kozlova, Cand. Sci. (Philosophy), Institute of Sociology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Binay Kumar Pattnaik, Dr. Sci. (Sociology), Indian Institute of Technology, Kanpur, India

Abulfaz D. Suleimanov, Dr. Sci. (Philosophy), Uskudar University, Istanbul, Turkey

Pal Tamas, Dr. Sci. (Sociology) Institute of Sociology, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary

Postal address:

Universitetskaya nab., 5, St Petersburg, Russia, 199034

Tel.: (812) 328-47-12 Fax: (812) 328-46-67

E-mail: school_kugel@mail.ru

Web-site: <http://sst.nw.ru>

Managing Editor: *Svetlana I. Zenkevich*

Editors of the English Texts: *Victor A. Kuprianov*,

Natalia V. Nikiforova

Corrector: *Tatyana K. Dobriyan*

- © The Editorial Board of the Journal “Sociology of Science and Technology”, 2025
- © S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of the Russian Academy of Sciences, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие главного редактора

Н.А. Ащеулова. К 15-летию журнала «Социология науки и технологий»7

Использование искусственного интеллекта в образовании. Международный опыт

Mofeed A. Abumosa. Improving Tenth Graders' Geometrical Thinking Skills via an Islamic Patterns-Based Program: Active Learning and Dynamic Applications.12

Roa'a Alsa'afi, Laila Almalki, Norah Al-Asheikh, Manal Alyoubi, Ahad Allam, Manal Abdullah. Generative AI in Saudi High Schools as Perceived by Teachers25

Said Jebara, Youssef Lghazi, Mustapha Bassiri. Constraints, Challenges, and Innovation Issues for Integrating Virtual Lab Sessions in Life and Earth Sciences Education in Morocco.50

Yassine Rahmani, Brahim Nachit, Mustapha Bassiri. The Impact of Online Peer Assessment on the Construction of ICT Skills and Student Performance65

Abdelmajid Tahiri, Mohamed Halim, Aissa Ahnay, Khalid El Khattabi, Yassir El Ghzizal, Rachida Gougil. Measures Likely to Promote the Successful Integration of ICTE in the Moroccan Context.77

Вопросы наукометрии и библиометрии

Boris N. Chigarev. Mapping Sustainable Energy Technologies for SDG-7: A Bibliometric Analysis of *Dimensions.ai* Data.95

О.В. Мухайлов. Двадцать лет «хиршеметрии»: ретроспективный взгляд114

Эмпирические исследования

Vladimir E. Drach, Julia V. Torkunova. Generative AI and the Transformation of Academic Norms in Higher Education127

Этические аспекты информационных технологий

А.В. Шендерюк-Жидков, А.Е. Храмов. Согласование этики и технологий: построение ответственного будущего нейротехнологий и искусственного интеллекта . . .138

И.А. Смекалин. Роль искусственного интеллекта в обнаружении недостоверной информации: обзор новейших исследований и их значение для социальных наук.155

Д.А. Константинова. Отклик больших языковых моделей на идеологизированные стимулы172

Обзор научного мероприятия

Elena F. Sinelnikova. Conference: Cooperation Through the Centuries: Chinese-Russian Relations from the 18th to the 21st Century.184

Информация для авторов.188

В следующем номере.189

CONTENT

Preface by the Editor-in-Chief

<i>Nadia A. Asheulova</i> . On the 15 th Anniversary of the Journal “Sociology of Science and Technology”	7
--	---

Practical Use of AI in Education. International Experience

<i>Mofeed A. Abumosa</i> . Improving Tenth Graders’ Geometrical Thinking Skills via an Islamic Patterns-Based Program: Active Learning and Dynamic Applications.	12
<i>Roa Alsaifi, Laila Almalki, Norah Al-Asheikh, Manal Alyoubi, Ahad Allam, Manal Abdullah</i> . Generative AI in Saudi High Schools as Perceived by Teachers	25
<i>Said Jebara, Youssef Lghazi, Mustapha Bassiri</i> . Constraints, Challenges, and Innovation Issues for Integrating Virtual Lab Sessions in Life and Earth Sciences Education in Morocco.	50
<i>Yassine Rahmani, Brahim Nachit, Mustapha Bassiri</i> . The Impact of Online Peer Assessment on the Construction of ICT Skills and Student Performance	65
<i>Abdelmajid Tahiri, Mohamed Halim, Aissa Ahnay, Khalid El Khattabi, Yassir El Ghizal, Rachida Gougil</i> . Measures Likely to Promote the Successful Integration of ICTE in the Moroccan Context	77

Questions of Scientometrics and Bibliometrics

<i>Boris N. Chigarev</i> . Mapping Sustainable Energy Technologies for SDG-7: A Bibliometric Analysis of <i>Dimensions.ai</i> Data.	95
<i>Oleg V. Mikhailov</i> . Twenty Years of “Hirsch Metrics”: A Retrospective View	114

Empirical Studies

<i>Vladimir E. Drach, Julia V. Torkunova</i> . Generative AI and the Transformation of Academic Norms in Higher Education	127
---	-----

Ethical Aspects of Information Technologies

<i>Alexander V. Shenderyuk-Zhidkov, Alexander E. Hramov</i> . Harmonization of Ethics and Technology: Building a Responsible Future for Neurotechnology and Artificial Intelligence	138
<i>Ivan A. Smekalin</i> . The Role of Artificial Intelligence in Detecting Misinformation: A Review of Recent Research and Its Implications for Social Sciences	155
<i>Daria A. Konstantinova</i> . The Response of Large Language Models to Ideologized Stimuli	172

A Review of a Scientific Event

<i>Elena F. Sinelnikova</i> . Conference: Cooperation Through the Centuries: Chinese-Russian Relations from the 18 th to the 21 st Century	184
--	-----

Information for Authors and Requirements for the Manuscripts of Articles for the Journal “Sociology of Science and Technology”	188
--	-----

In the Next Issue	189
-------------------------	-----

ПРЕДИСЛОВИЕ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

НАДЕЖДА АЛЕКСЕЕВНА АЩЕУЛОВА

кандидат социологических наук,
директор Санкт-Петербургского филиала
Института истории естествознания и техники
им. С.И. Вавилова Российской академии наук;
главный редактор журнала
«Социология науки и технологий»,
Санкт-Петербург, Россия;
e-mail: asheulova_n@bk.ru



К 15-летию журнала «Социология науки и технологий»

УДК: 316+050

DOI: 10.24412/2079-0910-2025-4-7-11

Дорогие коллеги, авторы и читатели!

Завершая шестнадцатый том нашего журнала, мы фиксируем важную веху в его истории. За минувшие годы журнал «Социология науки и технологий» (СНиТ) прошел путь от первого в России специализированного издания, посвященного социологическим аспектам научной деятельности, до признанной площадки для обсуждения актуальных проблем отечественного и зарубежного науковедения.

СНиТ был создан в 2010 г. по инициативе Санкт-Петербургского филиала Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова Российской академии наук. Его появление во многом было обусловлено накопленным опытом петербургской школы социологии науки. Международная школа социологии науки и техники, ежегодник «Проблемы деятельности ученого и научных коллективов», масштабные эмпирические исследования научного потенциала — все это заложило фундамент для нового издания.

За 15 лет вышло 62 выпуска, опубликовано 868 статей, суммарное число цитирований в РИНЦ превысило 3 770. Журнал обрел международное признание: с 2017 г. он индексируется в *Emerging Sources Citation Index* (Web of Science), включен в перечень ВАК, занимает 2-е место в рейтинге SCIENCE INDEX по тематике «Науковедение». Эти показатели отражают не только количественный рост, но и качественное развитие журнала, его укрепляющиеся позиции в научном сообществе.

© Ащеулова Н.А., 2025

Журнал изначально был ориентирован на широкий спектр проблем, связанных с социальными аспектами науки и технологий. Анализ тематического распределения публикаций показывает устойчивое ядро исследовательских интересов: науковедение (399 публикаций), социология (134), история науки (102), философия (61). Эта структура отражает междисциплинарный характер издания, его стремление объединить различные подходы к изучению науки как социального института. Публикации охватывают весь спектр типов научных текстов: от эмпирических исследований до рецензий, интервью, материалов конференций.

Особую роль в жизни журнала играют тематические выпуски, которые позволяют сфокусировать внимание научного сообщества на значимых событиях и проблемах. К 300-летию Российской академии наук было подготовлено восемь выпусков (2023–2024), ставших площадкой для осмысления истории и современного состояния российской науки. К 90-летию ИИЕТ РАН вышли номера, в специальных рубриках которых отдается дань уважения учреждению — основателю журнала.

Выпуск, посвященный искусственному интеллекту как драйверу социальных трансформаций (2024), продемонстрировал готовность журнала обсуждать самые острые вызовы современности. Материалы о 50-летию исследований науки и технологий (STS) позволили оценить динамику изменения этого междисциплинарного поля и наметить перспективы его развития. Международные тематические выпуски, посвященные науке и технологиям в Китае и Индии, расширили географию научного диалога.

За 15 лет своего существования СНИТ объединил широкое сообщество исследователей. Среди организаций, чьи аффилиации были заявлены авторами на страницах журнала, — ведущие российские научные центры и университеты: ИИЕТ РАН (204 публикации), Санкт-Петербургский государственный университет (85), Федеральный научно-исследовательский социологический центр РАН (47), Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (35). Представлены также зарубежные университеты — от Пекинского и Наньянского технологического до Колумбийского и Утрехтского.

Редакционная политика журнала всегда строилась на сочетании академической строгости и практической ориентированности. Мы стремились не только к теоретическому осмыслению социальных аспектов науки, но и к пониманию того, как эти знания могут способствовать совершенствованию научной политики, организации научной науки, работы с научными кадрами.

Проблематика научной мобильности, возрастной структуры научного сообщества, положения молодых ученых, которая поднималась в самых первых выпусках, остается актуальной и сегодня. Вопросы финансирования науки, механизмов государственного регулирования, взаимодействия науки и бизнеса продолжают требовать внимательного социологического анализа.

С самого начала журнал придерживается принципов открытого доступа. Все опубликованные статьи доступны бесплатно, пользователи могут читать, скачивать, распространять и цитировать материалы без специального разрешения. Это решение было принято исходя из убеждения, что научное знание должно быть доступным, что социология науки призвана служить не только узкому кругу специалистов, но и всем, кто интересуется проблемами развития науки и технологий.

Включение журнала в международные базы данных, получение DOI для всех статей, индексация в *Web of Science*, изначальная двуязычность (русский и английский

ский язык) — все это расширяет аудиторию издания, делает результаты российских исследований видимыми для мирового научного сообщества.

СНиТ бережно хранит память о своих основателях. Самуил Аронович Кугель, стоявший у истоков издания, определил его лицо и цели. Юбилейные выпуски, посвященные выдающимся ученым — от Роберта Мертона до Александра фон Гумбольдта, от классиков российской социологии до современных исследователей, — напоминают о важности исторической памяти, о необходимости диалога между поколениями, между научными традициями.

Вместе с тем журнал открыт новому. Раздел «Первые шаги в науке», материалы молодых исследователей, публикации аспирантов и начинающих ученых свидетельствуют о внимании к научной молодежи, о стремлении поддержать формирование нового поколения специалистов в области социологии науки и технологий.

Подготовив шестнадцатый том, мы видим перед собой как достижения, так и нерешенные задачи. Научный ландшафт стремительно меняется: цифровизация науки, трансформация системы научных коммуникаций, новые формы организации исследований, проблемы искусственного интеллекта и больших данных требуют пристального социологического внимания. Перед российской наукой стоят серьезные вызовы, связанные с необходимостью сохранения научного потенциала, обеспечения воспроизводства научных кадров, интеграции в глобальное научное пространство при сохранении национальной идентичности.

Мы от чистого сердца благодарим всех, кто на протяжении этих лет поддерживал журнал: авторов, рецензентов, членов редакционной коллегии и редакционного совета, читателей. Журнал «Социология науки и технологий» намерен и впредь оставаться площадкой для обсуждения этих проблем, для поиска ответов на сложные вопросы, стоящие перед научным сообществом.

On the 15th Anniversary of the Journal “Sociology of Science and Technology”

NADIA A. ASHEULOVA

S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology
of the Russian Academy of Sciences, St Petersburg Branch;
St Petersburg, Russia;
e-mail: asheulova_n@bk.ru

As we reach the sixteenth volume of our journal, we mark a significant milestone in its history. In recent years, the “Sociology of Science and Technology” (SST) has evolved from the first specialized publication in Russia devoted to the sociological aspects of scientific activity into a recognized platform for discussing pressing issues in Russian and international science studies.

The St Petersburg Branch of S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology, Russian Academy of Sciences (IHST RAS) was the driving force behind the estab-

lishment of SST in 2009. The St Petersburg school of the sociology of science, which had been accumulating potential for some time, was the driving force behind this emergence. The foundation for the new journal was created by the International School for the Sociology of Science and Technology, the yearbook “Problems of the Activities of Scientists and Scientific Collectives,” and large-scale empirical studies of scientific potential.

It is evident that over a period of 15 years, a total of 62 issues have been published, incorporating 868 articles. In addition, the total number of citations in the Russian Science Citation Index (RSCI) has surpassed 3,770. The journal has gained international recognition, as evidenced by its indexation in the *Emerging Sources Citation Index* (Web of Science) since 2017, its inclusion in the list of journals approved by the *Higher Attestation Commission* (VAK), and its second-place ranking in the SCIENCE INDEX rating in the “Science Studies” category. These indicators not only reflect quantitative growth, but also the qualitative development of the journal and its strengthening position in the academic community.

From its inception, the journal has been oriented towards a wide range of issues related to the social aspects of science and technology. A thorough analysis of the thematic distribution of publications reveals a stable core of research interests, namely science studies (399 publications), sociology (134), history of science (102), and philosophy (61). It is evident that this structure is indicative of the interrelation between the various elements involved. The publications encompass the entire range of scientific genres, encompassing empirical research, reviews, interviews, and conference materials.

Thematic issues assume a particular significance in the life of the journal, enabling us to direct the scholarly community’s attention towards significant events and problems. A total of eight issues (2023–2024) were meticulously prepared for the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences. These issues served as a valuable platform for reflecting on the history and current state of Russian science. Special issues devoted to the 90th anniversary of IHST RAS paid tribute to the institution that founded the journal.

The issue dedicated to artificial intelligence as a driver of social transformations (2024) demonstrated the journal’s readiness to engage with the most acute challenges of our time. The materials marking 50 years of Science and Technology Studies (STS) enabled an assessment of the trajectory traversed by this interdisciplinary field, in addition to outlining prospects for its future development. The geographical scope of our scholarly dialogue has expanded to encompass international thematic issues on science and technology in China and India.

For a period of 15 years, SST has facilitated the establishment of a wide-ranging community of researchers. The institutions listed in author affiliations include prominent Russian research centers and universities. The following institutions have been identified as having published the greatest number of academic papers in the field: the Russian Academy of Sciences (204 publications), Saint Petersburg State University (85), the Federal Centre of Theoretical and Applied Sociology of the Russian Academy of Sciences (47), and the National Research University “Higher School of Economics” (35). Representation of foreign universities is also notable, with institutions such as Beijing University, Nanyang Technological University, Columbia University and Utrecht University among those in attendance.

The journal’s editorial policy has historically been founded on a duality of academic rigor and practical relevance. The present study has sought to provide theoretical insight into the social aspects of science. In addition, an attempt has been made to ascertain how this knowledge can contribute to improving science policy.

Issues such as scientific mobility, the age structure of the scientific community, and the situation of young researchers, which were already raised in the very first issues, remain highly relevant today. The ongoing necessity for rigorous sociological analysis is evidenced by the persistent challenges concerning research funding, state regulatory mechanisms, and the intricate relationship between scientific endeavors and commercial interests.

Since its inception, the journal has been committed to the principles of open access. All published articles are available, free of charge, and users are permitted to read, download, distribute, and cite the materials without requiring special permission. This decision was based on the conviction that scientific knowledge should be accessible, and that the sociology of science should serve not only a narrow circle of specialists, but also the general public interested in the development of science and technology.

The journal's inclusion in international databases, the assignment of DOIs to all articles, indexing in *Web of Science*, and its bilingual format (Russian and English) all contribute to broaden the journal's audience and make the results of Russian research visible to the global scholarly community.

SST is meticulous in its preservation of the memory of its founders. It is evident that Samuel Aronovich Kugel played a pivotal role in the genesis of the journal, significantly contributing to its conceptualization and the establishment of its overarching objectives. Anniversary issues dedicated to distinguished scholars — ranging from Robert K. Merton to Alexander von Humboldt, from the classics of Russian sociology to contemporary researchers — serve as a reminder of the significance of historical memory and the necessity for dialogue between generations and scholarly traditions.

Concurrently, the journal remains receptive to novel contributions. The section entitled “First Steps in Science,” which showcases contributions from young researchers, along with publications by doctoral and graduate students, serves as a testament to our commitment to nurturing academic youth and fostering the development of a new generation of specialists in the sociology of science and technology.

As the sixteenth volume is brought to a close, both the accomplishments achieved and the challenges that have yet to be addressed are evident. The scientific landscape is undergoing rapid transformation, characterized by the digitalization of science, the evolution of scholarly communication systems, novel forms of research organization, and the challenges posed by artificial intelligence and big data. These developments necessitate close sociological examination. Russian science is currently facing a number of significant challenges. These challenges are related to the preservation of its scientific potential, the assurance of the reproduction of research personnel, and the integration of the country into the global scientific community while maintaining national identity.

It is with great pleasure that we extend our profound gratitude to all those who have provided support to this journal over the past years. This includes the authors who have contributed their scholarly works, the reviewers who have diligently evaluated these contributions, the members of the editorial board and editorial council who have dedicated their time and expertise to the journal, and finally, our esteemed readers who have consistently demonstrated their interest and engagement with our publications. The journal “Sociology of Science and Technology” aims to provide a platform for the discussion of these issues and the pursuit of solutions to the complex questions facing the scientific community.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБРАЗОВАНИИ. МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ

MOFEED A. ABUMOSA

PhD (Curriculum and Instruction-Math Education),
Associate Professor of Department
of Education of Arab Open University (AOU),
Jordan;
e-mail: m_abumusa@aou.edu.jo



Improving Tenth Graders' Geometrical Thinking Skills via an Islamic Patterns-Based Program: Active Learning and Dynamic Applications

УДК: 004.8; 316.4; 37.01

DOI: 10.24412/2079-0910-2025-4-12-24

Islamic mathematicians developed several geometric forms that integrate mathematics and art. Arab mathematics educators and students are oblivious to this illustrious history. An engaging educational program is being created to address students' inadequacies in geometrical thinking. This study examines the geometrical reasoning abilities of tenth graders, active learning methodologies, and Islamic motifs. It seeks to establish an interactive educational atmosphere beyond the classroom by incorporating *Geogebra* and *MOODLE* as a Learning Management System. A quazi experimental design of two groups: experimental group 118 and control group 120. Pre-tests and post-tests were administered. A test of 20 items was developed. Validity and reliability (Cronbach's alpha 0.81) were assessed. The school's learning management system (LMS) was made accessible to students for the retrieval of course materials, assignments, training, and assessments beyond classroom hours. The results show the fewer levels in the experimental group significantly differ from those in the control group at $\alpha = 0.05$ on the geometrical thinking assessment. A statistically significant difference in geometrical thinking test means ($\alpha = 0.05$) exists among the four subgroups of the experimental group: poor, average, above average, and excellent, across visual, analytical, informal deduction, and formal deduction levels. The findings advocate for mathematics educators to implement the learning program and utilize its foundation to develop innovative teaching methodologies. Such studies are uncommon as they integrate active learning with Islamic culture, contemporary technology, geometric reasoning, and many educational ideas. This document facilitates integration for mathematics educators.

Keywords: geometrical thinking; Islamic patterns, dynamic applications; *GeoGebra*; *MOODLE*, active learning.

Introduction

Geometry is an essential component of mathematics that holds significant relevance in students' daily lives [Jablonski, Ludwig, 2023]. The study of geometry not only enhances students' problem-solving abilities but also serves as a tool for connecting various mathematical concepts [Desai et al., 2021]. *TIMSS* (Trends in International Mathematics and Science Study) 2019 provides comprehensive data on student achievement in mathematics and science across various countries, including Jordan.

The focus here is on Jordan's performance in geometry, a key domain in mathematics. Jordan is a developing country in the MENA region and shows a decrease in its students' level in *TIMSS*. Jordan's average mathematics achievement at the eighth-grade level was below the *TIMSS* scale center point of 500, indicating challenges in overall mathematics proficiency, including geometry [Murtiyasa et al., 2019]. The most important points raised in the report are: Geometry and Cognitive Development includes content domain analysis: Jordanian students demonstrated particular difficulty in the geometry content domain, with scores significantly lower compared to other mathematical domains such as algebra and data representation [Kuzle, 2023; Andini et al., 2017]. This suggests the need for targeted interventions to enhance students' geometrical thinking skills. Also, for International Comparison: When compared to international benchmarks, Jordanian students' performance in geometry was consistently below the international average, highlighting a need for targeted interventions in this area [Trimurtini et al., 2023]. The Contextual Factors includes the following: Teacher Preparation and Resources: Challenges in geometry achievement are partly attributed to inadequate teacher preparation and a lack of resources dedicated to teaching geometry effectively.

Teachers reported a need for more professional development in teaching geometry [*TIMSS 2019 Contextual Questionnaires*, 2019; Haj-Yahya, 2022]. Classroom Environment: Factors such as class size, availability of teaching materials, and instructional time also played a significant role in students' performance in geometry. Schools with better resources and more instructional time in geometry saw relatively higher achievement [*TIMSS 2019 Methods and Procedures*, 2019]. In summary, Jordanian students face significant challenges in geometry as reflected in the *TIMSS 2019* results. Addressing issues related to teacher preparation, resource availability, and instructional time could potentially improve performance in this critical area of mathematics. For more detailed information and specific data, you can refer to the *TIMSS 2019 International Results in Mathematics and Science* and the *TIMSS 2019 Methods and Procedures* [I.S.C. Boston College, 2023].

The objective of this study is to construct an instructional program that incorporates technology, specifically *Geogebra* and *MOODLE* as a Learning Management System, in order to establish an immersive learning environment outside the traditional classroom setting. Implementing active learning strategies can perhaps mitigate the issue of low academic performance in geometry.

The elaborate and repeated geometric forms of Islamic patterns offer a comprehensive framework for strengthening geometric thinking. These patterns frequently employ basic geometric shapes such as equilateral triangles, squares, and hexagons, which are carefully

organized to form intricate and visually appealing designs. A profound comprehension of geometric principles, such as symmetry, tessellation, and spatial reasoning, is essential for studying and creating Islamic patterns. The use of tools such as *GeoGebra* greatly improves the learning process by providing a dynamic and interactive platform where students can visualize and modify geometric forms [Gladys, 2023]. *GeoGebra* enables learners to investigate the connections between angles and sides, engage in experimentation with various geometric transformations, and experience the direct effects of their manipulations on the overall pattern. This practical method not only reinforces their comprehension of geometric principles but also enhances their imaginative and analytical thinking abilities, cultivating a deeper admiration for the aesthetic and mathematical elegance of Islamic designs.

The Van Hiele levels of geometric thinking, as examined in the study of Mahlaba and Mudaly (n. d.), provide a sequential framework for comprehending geometry. The theory, formulated by Pierre and Dina van Hiele during the 1950s, delineates five discrete stages: identification, examination, arrangement, inference, and precision. At the perceptual level, learners categorize shapes by their holistic visual characteristics. The analysis stage entails comprehending shapes based on their inherent features. At the level of ordering, learners can systematically arrange these qualities and comprehend the connections between distinct forms. The deduction level is defined by the capacity to employ axioms, definitions, and previously established theorems to infer new properties and demonstrate theorems. Ultimately, the rigour level encompasses comprehending the abstract essence of geometry and its fundamental frameworks, enabling logical thinking within and extending beyond Euclidean geometry. Advancement through these stages necessitates a transition from following set rituals to engaging in exploratory discussions, wherein learners progress from mimicking answers to autonomously investigating and substantiating geometric principles.

Table 1. The levels of geometric thinking distributed according to geometric skills

Level skill	Recognition	Analysis	Deduction
Visual	Recognize geometric shapes by its' picture without knowing the shapes prosperities	Recognize the relationship between different kinds of geometric shapes	Uses information about a geometric shape to deduce more information
Descriptive	Naming a geometric shape. Explain statements that describe geometric shape	Describes the relationships between geometric shapes. Defines geometric concepts clearly.	Understand the difference between the definition, postulate and theorem
Logical	Understand the meaning of shape reservation in different situations	Uses the prosperities of geometric shapes to identify the subset relation	Uses logic to prove and being able to deduce new knowledge from given facts

This study is focused only on four stages of geometric thinking: Visual, Analytic, Informal deduction, and Formal deduction. The four levels were obtained from table 1. In this work, the term “Visual level” refers to the ability to identify geometric shapes only based on their visual representation, without any knowledge of their specific properties. Analytic refers to the process of describing the relationships that exist between different geometric shapes. Provides precise definitions of geometric topics. Informal deduction refers to the process of using available information about a geometric shape to draw further conclusions.

Formal deduction refers to the process of utilizing logical reasoning to establish proof and derive new knowledge based on existing facts.

Problem Statement

Although Islamic mathematicians have a rich history of creating complex geometrical designs that combine mathematics and art, a considerable number of Arab mathematics educators and students are still unaware of this important heritage. The pupils' inadequate awareness of this topic leads to a deficiency in their ability to reason geometrically, which is a vital talent in the field of mathematics education. Conventional instructional techniques frequently fall short in captivating students and cultivating profound comprehension of geometrical principles. Thus, there is a requirement for inventive educational programs that not only integrate the cultural history of Islamic geometrical patterns but also utilize contemporary technical tools to improve students' geometrical thinking abilities.

Null Hypotheses

1. There is no significant difference in the geometrical thinking skills between tenth graders who participate in the *Islamic patterns-based program* and those who receive traditional geometry instruction.
2. The use of active learning strategies in conjunction with Islamic patterns-based geometry instruction does not result in significant improvements in students' post-test scores according to their level of achievement.

Operational Definitions

1. **Geometrical Thinking Skills:** The capacity to comprehend, analyses, and utilize geometric ideas and principles, assessed using a 20-question examination created exclusively for this research, guaranteeing accuracy and consistency with a Cronbach's alpha coefficient of 0.81.

2. The *Islamic patterns-based program* is an educational program that integrates the examination and utilization of historical Islamic geometric designs into geometry lectures. This is achieved through the use of dynamic apps like *GeoGebra* and is administered using the *MOODLE* learning management system.

3. Active learning refers to instructional techniques that involve students in the learning process through interactive activities, conversations, and hands-on exercises. This is in contrast to passive learning, where students simply absorb knowledge from the teacher without actively participating.

4. *GeoGebra*: A versatile mathematical software that combines geometry, algebra, and calculus, serving as a tool to enhance interactive learning and investigation of geometric principles.

5. *MOODLE* is an open-source learning management system that allows for the delivery of course materials, exercises, training, and assessments. It provides students with the

ability to access and interact with educational content outside of the traditional classroom environment.

6. Previous achievement level: the participants were categorized into two groups based on their academic performance in ninth grade. The threshold was set at 80 out of 100. If a student's grade exceeds 80, they are considered above average; otherwise, they are considered average or below.

Methodology

A quazi experimental design was employed, with two groups (Exp 118 and control 120). A pre- and post-test was administered. A 20-item exam was developed. Consideration was given to validity and reliability (Cronbach 0.81). So that students may engage with the program even when class was not in session, the school's learning management system (LMS) was made public, including all course materials, exercises, training, and exams.

The first step was creating a teaching framework. The researcher has constructed the subsequent framework to direct the process of lesson preparation. The initial component is the explanation, which involves the teacher providing a thorough and comprehensive explanation of the topic during class. This ensures that students understand the fundamental principles. Additionally, video explanations are available for students to access outside of class, allowing them to review and enhance their understanding at their own pace.

The second component is training, which emphasizes individual practice. Students engage in individualized training to hone their skills and deepen their understanding of the subject area. In addition, the option of group training is being taken into consideration. Interactive exercises that foster collaboration among students to collectively solve obstacles, hence enhancing their problem-solving skills.

The final element is sharing. Students present their work to the teacher. Teacher Feedback provides students with essential instructions, offering feedback on how to improve their work and highlighting their areas of expertise. Furthermore, the practice of providing feedback from peers is strongly promoted. Students participate in the evaluation and constructive critique of their peers' work, offering useful insights and suggestions to help improve their peers' work. Furthermore, a *Knowledge Assessment* was conducted. Periodic assessments are conducted to assess students' understanding and retention of the material, ensuring their advancement towards their educational goals. Finally, *Direct Teacher Assistance* occurred. The teacher offers personalized assistance to address specific requirements and respond to queries from students. This framework ensures a comprehensive approach to teaching by incorporating clear instruction, practical training, and continuous feedback to support student learning and development.

The second step was developing lessons based on *Dynamic Instructional Design* (DID) to deliver the activities [Y. An, 2021]. The following is an example of a lesson prepared for the experimental group. The same content was used the control group with a main difference represented with using the usual geometric tools and grid papers instead of using *Geogebra* in creating the Islamic pattern.

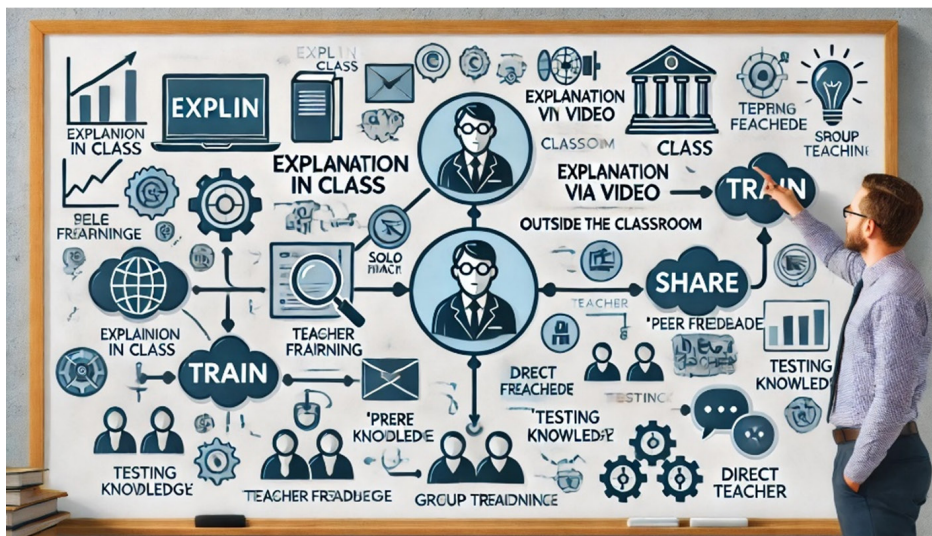


Fig. 1. Elements of the Teaching Framework¹

Lesson Plan (DID Model) Dynamic Instructional Design

Title: Islamic Pattern Using Equilateral Triangles. Subject: Geometry and the process of using logical thinking to solve geometric problems.

Summary: Students can create Islamic patterns using *Geogebra*. At first, students manipulate the activity by moving the points using a dragging motion. Afterwards, they watch an educational film. Subsequently, students proceed to create a similar pattern and subsequently analyze the arrangement they have constructed in order to develop an innovative design. Additionally, they are driven to investigate new relationships between angles or sides.

Step 1: Understand The Learner

- Tenth grade students: Individuals aged 15-16, undergoing simultaneous growth in their academic and social-emotional domains. Transition to high school: Involves experiencing increased autonomy and accountability, as well as undergoing hormonal and physiological transformations. Academic challenges: Overcoming heightened expectations and heavy workloads, effectively navigating social dynamics in a more expansive educational setting [12].

Step 2: Define Objectives

Learning outcomes:

- comprehend the constituent elements of an Islamic pattern employing Equilateral Triangles;
- utilize *Geogebra* software to generate an Islamic pattern composed of equilateral triangles;
- generate a novel Islamic motif by incorporating various polygons;
- examine the correlation between the lengths of the sides and the measures of the angles;

¹ The picture was generated via *ChatGPT*.

Skills to acquire:

- proficiency in creating geometric forms using *Geogebra*;
- creating a geometric design inspired by Islamic art;
- engaging in the exchange of ideas with colleagues;

Geometric reasoning abilities:

- enhancing spatial visualization skills;
- analysis of patterns;
- uncovering novel connections.

Step 3: Establish The Learning Environment

Physical Environment:

- classroom Arrangement: Organize the desks into clusters to promote collaborative work and facilitate group discussions. Make sure that every cluster is equipped with a computer or tablet that has *Geogebra* software installed;
- required materials: Computers or tablets, internet connectivity, projector, instructional videos;

Emotional Environment:

- cultivate a nurturing and cooperative ambiance that promotes students' willingness to openly express their thoughts and seek clarification;
- promote the appreciation of different viewpoints and innovative methods in the design of patterns.

Distance learning Environment: *MOODLE* learning management system (LMS) was used to publish the learning material and to create online environment for students to share ideas.

Step 4: Identify Teaching and Learning Strategies

Educational Approaches:

In Class:

- Explanation: Commence the session with a concise discourse on Islamic patterns and the utilization of equilateral triangles, accompanied by visual illustrations;
- Demonstration: Illustrate the process of utilizing *Geogebra* to generate patterns. Enable students to engage in hands-on practice by manipulating points and observing the instructive film;
- Training and Sharing via Collaborative Learning: Facilitate students to engage in small group activities where they can collectively develop their patterns, promoting peer interaction and receiving feedback;
- Training Independent Practice: Instruct students to individually build a new pattern using different polygons, promoting creativity and the application of previously learnt ideas;

Learning Activities:

- Manipulative Exercise: Students manipulate points by dragging them in *Geogebra*;

At home:

- Educational Video at home: Watch a Video at home that provides an explanation of the process behind the production of Islamic patterns;
- Pattern Creation: Students generate a comparable pattern and analyses its structure in order to develop an original design;
- Exploration: Foster students' curiosity and urge them to investigate novel relationships between angles and sides.

Step 5 involves the identification and selection of support technologies.

- *Geogebra*: Principal instrument for generating and manipulating geometric patterns;
- Instructional Videos: Visual resources designed to assist comprehension of geometric principles and the process of pattern formation;
- Online Resources: Gain access to supplementary tutorials and exemplars of Islamic patterns (<https://www.geogebra.org/f/svqqd6bcdz>);
- Projector: Used to exhibit demonstrations and educational movies to the entire class;
- Tablets / Computers: To facilitate students' usage of *Geogebra* and enable their access to online resources.

Step 6: Assessment Strategy

Formative Assessment:

Observation: Continuously observe students' participation and advancement in activities, offering prompt feedback and support.

- Group Feedback: Facilitate collective conversations to evaluate comprehension and promote peer evaluation.

Summative Assessment:

- Pattern Submission: Assess students' final patterns made in *Geogebra* based on their inventiveness, correctness, and utilization of geometric principles. The students submit their pattern via the lesson link created by the researcher (<https://www.geogebra.org/classroom/t6hxvrec>).
- Reflective Essay: Instruct students to compose a concise essay in which they contemplate their process of learning, the obstacles they encountered, and the novel connections they uncovered between angles and sides.

Step 7: Reflection, Evaluate, and Revise the Design

- Self-Reflection: Prompt students to introspect on their learning experience and evaluate the efficacy of the instructional tactics employed;
- Teacher Reflection: Evaluate the efficacy of the lesson, the level of student involvement, and the attainment of learning objectives.

Evaluation:

- Gather feedback from students regarding the lessons' comprehensibility, level of involvement, and the practicality of *Geogebra*;
- Evaluate assessment outcomes to identify areas of achievement and areas requiring enhancement.

Revision:

- Modify the lesson plan after carefully considering feedback and assessments to rectify any highlighted shortcomings;
- Please consider implementing supplementary assistance for students who are encountering difficulties with geometric concepts or the utilization of technology;
- Revise educational materials and resources as necessary to improve clarity and increase engagement.

The third step involved the creation of *Geogebra* applets and the production of instructional videos. The fourth step entailed the creation of the geometric thinking assessment. The test was verified by referees. Furthermore, the Cronbach alpha coefficient was employed to validate the recallability, yielding a value of 0.81. Two teachers were trained on the lesson plans as the final phase. The initial instructor, a female with a decade of expertise, is employed at a private educational institution in Amman. Previously, she instructed four sections consisting of tenth-grade students, totaling 118 individuals. The second individu-

al is a female who has accumulated eleven years of experience working at another private school in Amman. She formerly instructed four sections of tenth grade, including a total of 120 students. Both schools are situated in the eastern part of Amman and share numerous similarities. The allocation of the experimental and control group was randomized. Both teachers receive identical materials; the sole distinction is in the manner in which students generate and cultivate Islamic Patterns. The experimental group utilizes *Geogebra* software, while the control group employs traditional geometry instruments such as a protector, ruler, compass, and grid papers. The lessons were a weekly enrichment activity. These activities have a duration of six months. The delivery of the lessons starts in October 2023.

Results and Discussions

Table 2 shows statistical analysis of t test related to the first hypotheses.

Table 2. Independent Samples t Test

	group	N	Mean	SD	Levene's Test		t	df	Sig.	Partial Eta Squared
					F	Sig.				
Pretest	Exp	118	8.71	2.71	0.711	0.400	0.011	236	0.991	0.48
	Control	120	8.71	2.31						
Posttest	Exp	118	13.74	2.33						
	Control	120	10.99	1.82	6.374	0.012	10.138	236	0.000	

Data Description

The data presents the results of an Independent Samples t Test, comparing the means of two groups (Experimental and Control) across two conditions (pretest and posttest).

Variables and groups

Groups: Experimental and Control.

Pre-test Analysis:

- The variances between the Experimental and Control groups are not significantly different.
- There is no significant difference in the pretest scores between the Experimental and Control groups.

Post-test Analysis:

- The variances between the Experimental and Control groups are significantly different in fever of experimental group.
- There is significant difference in the post test scores between the Experimental and Control groups in fever of experimental group.

Effect Size: The effect size is large, indicating a significant impact of the group differences.

This analysis provides a detailed view of the comparison between the Experimental and Control groups, highlighting the significant difference in the post test scores in fever of the experimental group.

Table 3 shows statistical analysis of t-test related to the second hypotheses.

Table 3. One Way ANOVA test between the two subgroups (previous achievement level) of experimental group participants

Geometric thinking skill	Previous achievement level	N	Mean	SD	Source of variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Visual	Average and Below	79	4.16	0.59	Between Groups	8.754	1	8.754	27.98	0.00
	Above Average	39	4.74	0.50	Within Groups	36.297	116	0.313		
	Total	118	4.36	0.62	Total	45.051	117			
Analytic	Average and Below	79	3.86	0.80	Between Groups	5.831	1	5.831	11.64	0.00
	Above Average	39	4.33	0.48	Within Groups	58.135	116	0.501		
	Total	118	4.02	0.74	Total	63.966	117			
Informal deduction	Average and Below	79	2.90	0.61	Between Groups	18.637	1	18.637	34.52	0.00
	Above Average	39	3.74	0.94	Within Groups	62.626	116	0.540		
	Total	118	3.18	0.83	Total	81.263	117			
Formal deduction	Average and Below	79	1.65	1.03	Between Groups	69.925	1	69.925	71.17	0.00
	Above Average	39	3.28	0.92	Within Groups	113.973	116	0.983		
	Total	118	2.19	1.25	Total	183.898	117			

Groups: previous achievement level (Average and Below; Above Average)

Post-test Analysis

There is significant difference in the post test scores between the two groups of previous achievement level (Average and Below; Above Average). The results show significant difference in all geometric thinking skills for above average students.

The current study set out to test the hypothesis that tenth graders who take part in an Islamic patterns-based program and those who get more conventional geometry lessons do not differ significantly in their ability to think geometrically. A quantitative study was carried out to test this idea by comparing the geometrical reasoning abilities of two sets of tenth graders. According to the study's findings, students who were taught geometrical thinking skills through an Islamic patterns-based program outperformed their counterparts who were taught standard geometry. This discovery provides more evidence that teaching geometry with Islamic patterns can help students better grasp and apply the language of geometry. It is possible that the distinctive aspects of the Islamic patterns-based curriculum explain the disparity in geometrical reasoning abilities between the two sets of students. It seems that by relating the material to students' cultural and religious backgrounds, this method of teaching promotes a more profound awareness and comprehension of the fundamental mathematical concepts. In addition, the study agrees with other studies that have shown how effective it is to teach mathematics with real-world, practical applications in order to boost students' analytical and problem-solving skills. In general, the study's results have significant bearing on geometry teaching since they support the idea that incorporating Islamic patterns is a good way to enhance the geometrical reasoning abilities of tenth graders. The precise processes by which teaching geometric concepts using Islamic patterns improves students' learning should be the focus of future studies, as should the approach's long-term effects.

Furthermore, the findings demonstrated a noteworthy disparity in all aspects of geometric reasoning abilities among students who performed above average. Above-average students benefit from participating in Islamic patterns' activities. Furthermore, they have a significant capacity for self-directed learning, autonomy, and exceptional levels of achievement. This method has the potential to foster success among these students.

Conclusion

The results of this study have important implications for mathematics educators and curriculum developers. By incorporating Islamic patterns into geometry instruction, teachers can create a more inclusive and engaging learning environment that resonates with the cultural backgrounds of their students. Moreover, the findings suggest that a well-designed, culturally-responsive instructional program can effectively support the development of geometric thinking skills, even for students who may initially struggle with the subject matter.

In conclusion, the present study provides empirical evidence for the effectiveness of an Islamic pattern-based geometry program in improving the geometric thinking skills of students across various achievement levels. These findings contribute to the growing body of research on the integration of cultural elements in mathematics education and underscore the importance of tailoring instructional approaches to the diverse needs of learners.

References

- An, Y. (2021). A History of Instructional Media, Instructional Design, and Theories, *International Journal of Technology in Education*, 4 (1), 1–21.
- Andini, S., Fitriana, L., Budiyo, B. (2017). Elementary School Students Visual Spatial Comprehension Based on van Hiele Theory: The Case in Madiun, East Java, Indonesia, in *International Conference on Mathematics, Science and Education 2017 (ICMSE2017)*, Semarang, Indonesia. DOI: 10.1088/1742-6596/983/1/012097.
- Çavuş, H., Deniz, S. (2022). The Effect of Technology Assisted Teaching on Success in Mathematics and Geometry: A Meta-Analysis Study, *Participatory Educational Research*, 9 (2), 358–397. DOI: 10.17275/per.22.45.9.2.
- Cleary, T., Callan, G., Pawlo, E. (2020). *Self-Regulated Learning in School Contexts*, Cambridge University Press.
- Desai, S., Bush, S.B., Farshid, S. (2021). Mathematical Representations in the Teaching and Learning of Geometry: A Review of the Literature from the United States, *Electronic Journal for Research*, 25 (4), 6–22.
- Gladys, S. (2023). Technology Integration in Geometry Teaching and Learning: A Systematic Review (2010–2022), *International Journal on Math, Science and Technology Education*, 11 (3), 1–18. DOI: 10.31129/LUMAT.11.3.1938.
- Haj-Yahya, A. (2022). Using Theoretical and Empirical Background Information to Affect Noticing of Geometrical Thinking, *Educational Studies in Mathematics*, 111 (1), 493–513.
- I.S.C. Boston College (2023). *TIMSS 2019 International Results in Mathematics and Science*. Boston College. Available at: <https://timss2019.org/reports/> (date accessed: 10.11.2025).
- Jablonski, S., Ludwig, M. (2023). Teaching and Learning of Geometry — A Literature Review on Current Developments in Theory and Practice, *Education Sciences*, 13 (7), 682. DOI: 10.3390/educsci13070682.
- Kuzle, A. (2023). Geometry Teaching in Transition: An Investigation on the Importance of School Geometry in Primary Education, *The Center for Educational Policy Studies Journal*, 13 (2). DOI: 10.26529/cepsj.1267.
- Murtiyasa, B., Rejeki, S., Setyaningsih, R.R. (2019). Students Thinking in Solving Geometric Problems Based on PISA Levels, *Journal of Physics Conference Series*, 1320 (1), 012068. DOI: 10.1088/1742-6596/1320/1/012068.
- Trimurtini, Waluya, S., Sukestiyarno, Y., Kharisudin, I. (2023). Effect of Two-Dimensional Geometry Learning on Geometric Thinking of Undergraduate Students During the COVID-19 Pandemic, *Journal of Higher Education Theory and Practice*, 23 (3). DOI: 10.33423/jhetp.v23i3.5848.

Развитие навыков геометрического мышления у десятиклассников с помощью программы, основанной на исламских паттернах: активное обучение и динамическое применение

Мофид А. Абумоса

Открытый арабский университет,
Иордания;
e-mail: m_abumusa@aou.edu.jo

Исламские математики разработали несколько геометрических форм, объединяющих математику и искусство. Арабские преподаватели математики и студенты забывают эту славную историю. Сейчас создается увлекательная образовательная программа, призванная восполнить пробелы в геометрическом мышлении учащихся. Данное исследование изучает способности десятиклассников к геометрическому мышлению, методы активного обучения и исламские мотивы. Целью исследования является создание интерактивной образовательной среды за пределами класса путем использования *Geogebra* и *MOODLE* в качестве системы управления обучением. Проведен квазиэкспериментальный проект с двумя группами: экспериментальной (118 чел.) и контрольной (120 чел.). Проведены предварительные и итоговые тесты. Разработан тест из 20 пунктов. Оценивались валидность и надежность (альфа Кронбаха — 0,81). Система управления обучением (СУО) школы была предоставлена учащимся для поиска учебных материалов, заданий, тренингов и оценок вне аудиторных занятий. Результаты показывают, что при оценке геометрического мышления уровни в экспериментальной группе значительно отличаются от показателей в контрольной группе при $\alpha = 0,05$. Статистически значимая разница в средних значениях теста на геометрическое мышление ($\alpha = 0,05$) наблюдается между четырьмя подгруппами экспериментальной группы: «плохо», «средне», «выше среднего» и «отлично» по уровням визуального, аналитического, неформального и формального вывода. Результаты исследования свидетельствуют о необходимости внедрения этой учебной программы преподавателями математики и разработки на ее основе инновационных методик обучения. Подобные исследования встречаются редко, поскольку они интегрируют активное обучение с исламской культурой, современными технологиями, геометрическим мышлением и многими другими образовательными идеями. Данное исследование способствует интеграции преподавателей математики.

Ключевые слова: геометрическое мышление, исламские паттерны, динамическое применение, *GeoGebra*, *MOODLE*, активное обучение.

ROAA ALSAHAFI

Information Systems Department,
University of Jeddah;
Information Systems Department,
King Abdulaziz University,
Jeddah, Saudi Arabia;
e-mail: ralsahafi0063@stu.kau.edu.sa; ralsahafi@uj.edu.sa

LAILA ALMALKI

Information Systems Department,
King Abdulaziz University,
Jeddah, Saudi Arabia;
e-mail: lalmalki0081@stu.kau.edu.sa

NORAH AL-ALSHEIKH

Information Technology Department,
Imam Mohammad Ibn Saud Islamic University,
Riyadh, Saudi Arabia;
Information Systems Department,
King Abdulaziz University,
Jeddah, Saudi Arabia;
e-mail: nalsheikh0010@stu.kau.edu.sa;
naalshikh@imamu.edu.sa

MANAL ALYUBI

Information Systems Department,
King Abdulaziz University,
Jeddah, Saudi Arabia;
e-mail: malyobi0037@stu.kau.edu.sa

AHAD ALLAM

Information Systems Department,
King Abdulaziz University,
Jeddah, Saudi Arabia;
e-mail: aallam0019@stu.kau.edu.sa

MANAL ABDULLAH

Information Systems Department,
King Abdulaziz University,
Jeddah, Saudi Arabia;
e-mail: maaabdullah@kau.edu.sa

Generative AI in Saudi High Schools as Perceived by Teachers

УДК: 378+004.89

DOI: 10.24412/2079-0910-2025-4-25-49

Generative artificial intelligence (GenAI) is an emerging yet promising tool in education, and its use in classrooms is still at an early stage. Therefore, the present study explores Saudi high school teachers' awareness and existing practices as well as perceived challenges of GenAI in education. Data were collected using an online survey from 104 high school teachers and quantitatively analyzed. The analysis results reveal that most teachers reported being familiar with the use of GenAI in education (66%), but fewer indicated that they regularly use it in their teaching practices (43%). Generating presentations emerged as the most common use case, while *ChatGPT* is the most used tool. Moreover, nearly half of the participants indicated awareness of the possibility that GenAI produces biased or incorrect content. The findings point to several challenges hindering GenAI adoption in this context, among the most reported are a shortage of technological resources (84%), limited access to training programs (79%), and the absence of specialized support staff (78%). There were also concerns that GenAI tools might reduce opportunities for collaboration and knowledge sharing, and critical thinking skills. Additionally, among the shared concerns are maintaining privacy as well as academic integrity. Hence, the study provides a timely look at how this technology is being received in the context of Saudi high schools and emphasizes the need for training and infrastructure support to enable the effective integration into the educational system.

Keywords: generative artificial intelligence, educational technology, teaching practices, teacher perceptions, technology adoption.

Introduction

Over the past few years, there has been a noticeable shift in how content is created and a rise in tools capable of generating original content by learning from patterns found in

large datasets. These tools, often referred to under the general term of generative artificial intelligence (GenAI), can generate content from written text and images to computer code depending on how they are trained and the prompts they receive [Feuerriegel *et al.*, 2024; Sætra, 2023]. They have gained wide adoption in a short time due to their capability to produce content that is human-like [Wu *et al.*, 2023; Imran, Almusharraf, 2024]. However, regardless of their many benefits, especially in terms of convenience, efficiency, and streamlined tasks, they also raise new and at times complicated challenges.

In education, these tools can support teachers in lesson planning and in tailoring instructional materials to suit the diverse needs of their students as well as reimagining traditional teaching methods [Kasneci *et al.*, 2023; Pahi *et al.*, 2024]. They are shifting and transforming the way teachers, students, and technology interact within the classroom. Research also indicates that these tools have the potential to serve as active partners in the learning process and can foster more dynamic and engaging educational experiences [Tang *et al.*, 2024]. In addition, they can be especially helpful in the classroom by encouraging open discussion, supporting group work, and offering quick feedback that helps students think more critically and stay engaged with the subject. Beyond that, they can assist teachers with the practical side of their work, like putting together lesson plans, creating tests, or organizing class materials. This kind of support becomes even more valuable in larger classrooms where managing daily tasks can be overwhelming. By easing that load, teachers are better able to focus on connecting with their students and helping them learn more effectively.

However, and despite the aforementioned benefits, its use in education also brings several challenges. A key concern is its ability to produce correct responses, which students may misuse to complete assignments. This brings attention to issues related to academic honesty and the risk of AI-enabled misconduct [Mah *et al.*, 2024; Trust *et al.*, 2023]. When some students use these tools inappropriately, it creates an unfair advantage over those who choose to complete their work independently, which can be deeply discouraging for students who value integrity. Another concern is the impact on assessment. When students rely heavily on these tools, it can become difficult for teachers to accurately evaluate their students' actual understanding and progress. Importantly, as these technologies become more present in educational spaces, schools must find a way to embrace their benefits without compromising fairness or the authenticity of student learning. Addressing this challenge calls for clear guidelines that promote responsible and purposeful use in the classroom [Chiu, 2023; Kasneci *et al.*, 2023]. It also requires that teachers develop a deeper understanding of the capabilities and limitations of these tools in order to use them effectively and ethically.

Given this context, this study aims to investigate GenAI with a particular focus on its adoption by Saudi high school teachers, their level of awareness, their current practices, and the challenges that hinder its effective use. Our interest in GenAI research in the Saudi Arabian context is an extension of the research contributions that made the country one of the top ten contributors to GenAI research in education [Bahroun *et al.*, 2023]. This is due to GenAI's influence. For instance, within two months of its release in November 2022, *ChatGPT* had one hundred million users, making it the fastest-growing user application ever [Lo, 2023]. This extensive adoption makes it necessary to study its integration into high school education, especially given the lack of research in this particular area. Through this study, we seek to contribute to the ongoing discourse on how GenAI is shaping the future of education. The results are expected to offer insight, therefore contributing to shaping effective strategies and practical recommendations that support the thoughtful integration of GenAI into secondary education.

Research questions

The present study is guided by three research questions, as follows:

1. What is the level of awareness among high school teachers about using GenAI?
2. What are the current practices of high school teachers in using GenAI?
3. What are the main perceived challenges high school teachers face in using GenAI?

Following, Section 2 presents a general background. Section 3 presents related work. Section 4 presents the research methods, including participants, instruments used and procedures followed. Section 5 presents the results of the analysis. Section 6 discusses the results in light of relevant studies. Finally, Section 7 concludes the paper with directions for future research.

General Background

In its relatively short existence, GenAI is revolutionizing many industries. It is a type of artificial intelligence (AI) designed to generate new content by identifying and learning from patterns in a large amount of training data [Sætra, 2023]. This includes text, images, video, and audio. The advancements in deep learning have indeed driven this technology into mainstream applications. While traditional AI models focus on classification, prediction, or decision-making, GenAI moves further by producing original outputs based on probabilistic models [Banh, Strobel, 2024]. Deep learning architectures such as transformer-based models (e. g., GPTs and GANs) are at the core of GenAI. These models analyse big amounts of data and generate content that can hardly be distinguished from human-created work. For instance, GPT-4 and other language models can generate human-like text, while diffusion models such as Stable Diffusion create realistic images from textual descriptions.

One key characteristic of GenAI is its ability to generate probabilistically varied outputs, and as such, its models can yield different outputs for the same input prompt, unlike traditional AI, which produces deterministic results [Banh, Strobel, 2024]. This characteristic makes it powerful for creative applications where variability is desirable. Moreover, it operates at three levels: model, system, and application [Feuerriegel et al., 2024]. Spatialized algorithms at the model level generate new content by recognizing patterns within large training datasets and imitating them. At the system level, infrastructure components come into play and manage the flow of data and facilitate seamless interaction between users and the system. Lastly, at the application level, it is applied to real-world scenarios and supports tasks such as automated content creation, personalized recommendations, and creative design solutions.

This technology has many applications across industries and is widely used for content generation and creative writing [Htet et al., 2024]. Many organizations have started leveraging it to automate content production, reduce costs, and enhance personalization. For instance, these models generate need- tailored content, social media captions, video scripts, and marketing copies tailored to different audiences. They can also create articles, advertisements, product descriptions, and even fictional stories. Furthermore, they excel in generating and modifying visual content [Bansal et al., 2024]. For instance, models such as DALL·E and Midjourney create original artwork and images based on text descriptions. This capability makes them valuable for design, branding, education, and entertainment industries. Moreover, AI-generated videos and animations can enhance storytelling and streamline production processes. Additionally, these tools can assist in

video editing, deepfake creation, and special effects generation. In software development, it is revolutionizing the industry through AI-assisted coding tools such as *GitHub Copilot*, powered by *OpenAI Codex*. They help developers write code faster by generating suggestions, debugging, and automating repetitive coding tasks [Bandi et al., 2023; Idrisov, Schlippe, 2024]. They can improve efficiency and reduce errors. Thus, making software development more accessible to learners and non-experts. As it advances, this technology holds immense potential for innovation and collaboration between humans and intelligent systems. It is transforming industries by enabling automation, enhancing creativity, and supporting informed decision-making. Its applications include content creation, image and video generation, personalized education, and more.

In light of the rapid progress in AI, traditional education can no longer withstand these advancements [Oliveira, De Souza, 2022]. Educators and academic institutions must stay abreast of emerging technologies and the latest trends. Furthermore, curricula, teaching strategies, and assessment methods must evolve to align with the technological revolution, specifically in the AI field. AI has introduced profound changes in education through its analytical and predictive capabilities [Tahiru, 2021]. Within AI, GenAI provides highly advanced applications that simulate human conversations and intelligently interact with natural language. With its many features, students use GenAI as a study partner [Burger et al., 2023]. Teachers are also embracing GenAI for professional development [Alammari, 2024]. GenAI has significant opportunities and contributions in education to improve teaching and learning processes.

The presence of GenAI in students' education has many advantages that the traditional education system lacks. It offers a high-level learning environment that supports students in many aspects, helping to enhance their performance and develop their skills. GenAI can help create a personalized environment that generates learning resources and content based on the student's level of knowledge. In other words, it can provide personalized recommendations that suit students' strengths and weaknesses. In addition, it can automatically modify course difficulty and learning materials based on the student's performance [Raj, Renumol, 2022]. Many educational applications integrate GenAI technology to provide students with a personalized learning experience [Yu, Guo, 2023]. For instance, *Duolingo* is an application for language learning that offers customized study plans and personalized feedback to enhance students' learning outcomes. Additionally, *Squirrel AI* is an intelligent learning platform that tailors personalized plans and content based on students' progress.

For enhancing student learning, collaborative learning is a key element where students work together and share knowledge to solve problems; this helps students gain useful skills like leadership, problem-solving, and communication [Qureshi et al., 2023]. GenAI helps students brainstorm to come up with ideas and topics for discussions. Additionally, it is used to summarize group discussions to highlight the most important points. It could be used in research collaborations with students and gamified exercises that increase students' sense of engagement and belonging. GenAI can be integrated within a core curriculum or as learning activities for students [Zhou, Schofield, 2024].

It is undeniable that the student learning process is central to the entire educational landscape. The primary goal of educational curricula, activities, strategies, and systems is student learning. The presence of GenAI in the educational landscape creates a supportive environment for the student's educational process. This, in turn, is reflected in students' learning outcomes and skills. *ChatGPT* and other tools like *GitHub Copilot* help students understand and write code [Idrisov, Schlippe, 2024]. Moreover, GenAI tools enhance

students' writing skills, especially in correcting grammatical errors and sentence structure [Maphoto et al., 2024]. Chan and Hu [Chan, Hu, 2023] argued that GenAI plays a pivotal role as a virtual tutor that tailors educational assistance and promptly addresses students' inquiries. In addition, they serve as valuable research instruments for idea generation, information synthesis, and the summarization of extensive text data to assist researchers in data collection and analysis.

GenAI technologies are quality enhancement instruments for educators. GenAI can markedly diminish educators' workloads, enabling them to focus better on instruction and student interaction. GenAI offers enormous potential to generate diverse educational resources. The possibilities are immense, from creating tests, assignments, and videos to creating educational clips, games, and virtual reality for students' in-depth learning. Mittal et al. [Mittal et al., 2024] demonstrated various tools that can support teachers in providing diverse learning materials to enrich the experience of teaching and learning. For example, *Craiyon* AI tool generates images by converting the description entered as text into images. *Synthesia Studio* generates videos through models that generate numerous pictures concurrently and then combine them to create a movie. *AudioPaLM* is an extensive language model designed for voice comprehension and generation. *GameSynth* develops games by generating diverse critical elements of games, such as characters, objects, environments, sounds, and music.

GenAI tools reduce the burden on the teacher by automating repetitive tasks. They help in preparing the lesson plan, including all the processes and steps related to that, for instance, setting learning outcomes, writing the content, designing learning activities and teaching strategies, and creating a realistic timeline and assessment [van den Berg, du Plessis, 2023]. In addition, GenAI software can help educators with student assessments. It can automatically create diverse assignments and a variety of test questions, including multiple-choice, true or false, and short essay questions. In addition, it can create grading rubrics and grade handwritten assignments [Khlaif et al., 2024]. GenAI applications are witnessing rapid development, offering advanced capabilities that have changed many aspects of daily, professional, social, and academic life. Education has benefited greatly from integrating this technology into learning and teaching practices, as it has provided facilities and support to students during their educational journey and has offered assistance services to teachers in multiple forms. This can be reflected positively in the quality of educational outcomes.

Related Work

This section has two parts. The first part presents studies' findings on teachers' perceptions of GenAI integration into education and its major functions and benefits. The second part addresses the challenges from the teachers' perspective.

Teachers' perceptions of generative AI

One of the essential elements in exploring GenAI's role in education is examining teachers' perceptions of its integration in education. Kaplan-Rakowski et al. [Kaplan-Rakowski et al., 2023] studied teachers' perceptions and found that they had positive perceptions about GenAI, as 75.51% of teachers see this technology as enhancing professional development. In addition, Kong et al. [Kong et al., 2024] identified the key factors influencing teachers'

acceptance of GenAI in education, including self-efficacy (SE), perceived usefulness (PU), and attitude towards technology (ATT). However, subjective norms (SN) and perceived ease of use (PEU) show weaker influence.

Further studies explored GenAI's roles in teaching routines, on top of them are lesson preparation, assessment, and administrative tasks. For lesson preparation, GenAI helps teachers explore new teaching methods and strategies and provides feedback on performance [Chiu, 2023]. Most participating teachers were willing to adapt their teaching methods because they were aware they needed to keep up with advanced *technology*. Since that will affect students' readiness to integrate this technology into the workplace [Bower *et al.*, 2024]. On the other hand, Cooper [Cooper, 2023] stressed the role of teachers in examining all AI-generated content, as it can yield incorrect or misleading results. In addition, Tang *et al.* [Tang *et al.*, 2024] stated that the best way to utilize GenAI in teaching is by using it as a discussion and interactive partner rather than a reliable source of knowledge. Interestingly, Cheah *et al.* [Cheah *et al.*, 2025] and Beege *et al.* [Beege *et al.*, 2024] found that GenAI is rarely used within classroom activities.

For assessment tasks, Mena Octavio *et al.* [Mena Octavio *et al.*, 2024] pointed out some GenAI capabilities, such as automated grading that can attain unbiased grading, insightful writing feedback, and generate assignments tailored to each student's level. Chiu [Chiu, 2023] stated that usual homework should be reduced, and students should be given critical thinking tasks and oral evaluations. The emphasis on oral and face-to-face assessments is also recommended by [Bower *et al.*, 2024]. The necessity to adapt assessments is clearly noticeable, as different studies recommend different methods. For instance, Hadi Mogavi *et al.* [Hadi Mogavi *et al.*, 2024] suggested self- and peer-assessment and project-based tasks.

Regarding administrative tasks, teachers believe in GenAI's efficiency in automating these routine tasks. Thus, it would save teachers time for more productivity [Ng *et al.*, 2025]. However, the studies indicate that only a few teachers benefit from these advantages of GenAI, as shown in [Cheah *et al.*, 2025].

Teachers' challenges in using generative AI

Just as studies have presented the benefits and advantages of integrating GenAI tools in education, they have also highlighted the challenges that may hinder optimal use. The challenges are related to a lack of experience and training, technical and financial obstacles, administrative workloads, and differing levels of awareness among teachers. One of the major barriers to GenAI adoption is the lack of expertise and training among educators. Many teachers are unfamiliar with the GenAI tools and lack the proficiency necessary to integrate them effectively into their lesson plans [Kong *et al.*, 2024]. While some institutions offer short-term training workshops, these programs are often insufficient and fail to provide the practical skills required for a classroom application. As Aldawsary [Aldawsary, 2024] highlighted, the lack of training is one of the most significant challenges facing the use of GenAI in education. It is increasingly clear that there were few specialized training courses and programs designed to strengthen and augment teachers' use of GenAI as an effective tool in their classrooms. Moreover, few teachers continue to keep pace with the rapid developments of this technology. To address these challenges, structured training programs and standardized AI certification courses should be developed to help teachers feel confident in using GenAI educational tools [Aldawsary, 2024; Cheah *et al.*, 2025]. Overcoming these obstacles is crucial for the successful adoption of GenAI in schools.

Thus, establishing teacher training programs would increase the probability of successfully integrating GenAI into teaching without compromising the quality of education.

Furthermore, schools frequently struggle with outdated facilities that hinder effective GenAI adoption. Few classrooms possess the necessary computing power, internet bandwidth, or capabilities of cloud storage to facilitate the deployment of AI systems [Wardat et al., 2024; Petrucco et al., 2025]. This leads to a digital divide, where richer educational institutions benefit from GenAI while poorer institutions lag behind [Han et al., 2024]. In addition, the compatibility issue arises when AI-based tools fail to seamlessly fit into existing learning management systems (LMS) and learning applications [Cheah et al., 2025]. Educators also suffer from the reliability of content produced by GenAI, particularly in fields requiring precise accuracy, such as math and physics [Ng et al., 2025]. The possibility of AI-generated content being biased and misleading can also make these issues more complicated, requiring teachers to review and verify information before presenting it to students. Further, most teachers do not have technical support while teaching, which significantly leads to unsolved GenAI-related problems [Kong et al., 2024]. A study conducted by Wardat et al [Wardat et al., 2024] indicates that GenAI systems and techniques used by teachers are difficult and impractical to implement since they require technical skills and expertise, and most of the teachers are not technically trained. Therefore, facing such systems becomes difficult for them in the absence of technical support.

The cost of implementing GenAI in education remains a significant obstacle, too. Many schools, particularly those in low-income regions, cannot afford expensive GenAI tools, software subscriptions, and hardware upgrades [Petrucco et al., 2025]. Also, the free versions of GenAI tools often come with limited functionality, making it difficult for teachers to fully integrate these tools into their curriculum [Ng et al., 2025]. Additionally, financial constraints prevent institutions from investing in teacher training and professional development [Kong et al., 2024]. Government or private funding and developing cost-effective GenAI solutions are necessary to bridge the financial gap. Unfortunately, most educational institutions have limited budgets, restricting them from providing the required facilities [Aldawsari, 2024]. This can widen the gap in the use of GenAI, as some educational institutions suffer financial constraints.

The lack of clear policies and administrative support also limits GenAI adoption in schools. Many educational institutions have not established formal guidelines on the usage of GenAI. Thus, leaving teachers uncertain about ethical considerations, student data privacy, and the role of GenAI in assessments [Cheah et al., 2025; Wardat et al., 2024]. Furthermore, administrative resistance to technological change prevents the successful implementation of AI-driven solutions. Some decision-makers fear that GenAI could replace traditional teaching methods rather than integrate with them. To foster GenAI integration, policymakers must develop regulatory frameworks, provide administrative support, and create GenAI ethical policies that address concerns about bias and transparency [Han et al., 2024].

Many studies show differences in teachers' awareness of GenAI's educational possibilities [Bower et al., 2023]. While some educators view this technology as enhancing the quality of teaching and customizing content as per students' needs, others express concern over its impact on academic integrity and human interaction in classrooms. According to Lee and Song [Lee, Song, 2024], some teachers are worried that AI will reduce the need for teachers. Kong et al. [Kong et al., 2024] found that it is difficult for teachers to create customized educational content for each student in the class due to the lack of appropriate, affordable tools, lack of training, and the cost barrier. Therefore, the actual use remains limited.

In summary, the studies reviewed outlined several challenges teachers face in integrating GenAI into education. These are the lack of expertise and training, technological barriers, financial constraints, administrative hurdles, and varying levels of awareness among teachers. In addition, the absence of well-defined regulatory frameworks and ethical guidelines hinders the effective adoption of GenAI within teaching curriculum. While GenAI could improve teaching quality and tailor learning journeys, many questions arise regarding academic integrity and the role of the human teacher going forward. It is necessary that policymakers, educational institutions, and technology developers collaborate to come up with GenAI-powered education systems that benefit teachers and students alike.

Table 1 summarizes the key findings of the reviewed empirical studies on teachers' perceptions regarding the benefits and challenges of GenAI in education.

Table 1. Key findings from reviewed empirical studies

Reference	Method	Key Findings
<i>Cheah et al., 2025</i>	Mixed methods, 89 U.S. teachers	GenAI mostly used outside the classroom. Challenges: privacy, ethics, limited policies
<i>Beege et al., 2024</i>	Quantitative, 102 German STEM teachers	Limited in-class GenAI use. Challenges: plagiarism detection, legal risks.
<i>Kaplan-Rakowski et al., 2023</i>	Mixed methods, 147 teachers	GenAI aids professional growth. Challenges: privacy, limited readiness
<i>Kong et al., 2024</i>	Quantitative, 367 teachers in Hong Kong	Acceptance driven by SE, PU, ATT. Challenges: costs, bias, equity, adaptability
<i>Chiu, 2023</i>	Qualitative survey and focus groups, 88 teachers	GenAI supports innovation. Challenges: lack of K-12 integration strategy
<i>Bower et al., 2024</i>	Mixed methods, 318 teachers	Supports new teaching methods. Challenges: integrity risks, unequal access
<i>Cooper, 2023</i>	Exploratory self-study	Caution needed with GenAI content use
<i>Mena Octavio et al., 2024</i>	Qualitative case study, 1 teacher	GenAI enables personalised feedback and grading
<i>Hadi Mogavi et al., 2024</i>	Qualitative social media analysis	GenAI encourages self/peer and project-based assessments
<i>Ng et al., 2025</i>	Qualitative, 76 Canadian teachers	Used for admin tasks. Challenges: readiness, competence, literacy
<i>Tang et al., 2024</i>	Action research, 4 teachers, Australia	Best used interactively, not as authoritative source
<i>Aldawsari, 2024</i>	Quantitative, 390 U.S. school teachers	GenAI enhances outcomes. Challenges: funding, training gaps
<i>Al Darayseh, 2023</i>	Survey, 83 science teachers	GenAI acceptance based on SE, stress, and perceived ease
<i>Lee, Song, 2024</i>	Clustering, 162 teacher/ GPT responses	Need ethical standards. Concerns over GenAI replacing teachers
<i>Petrucchio et al., 2025</i>	Survey, 1,223 Italian teachers	Mixed views on GenAI. Challenges: confidence, experience
<i>Elstad, Eriksen, 2024</i>	SEM, 5 Oslo high schools	Self-efficacy links to GenAI utility. Challenges: poor guidance, privacy concerns
<i>Wardat et al., 2024</i>	Survey, Abu Dhabi math teachers	Integration depends on training and workload. Challenges: lack of experts

The literature review highlights significant gaps in research on GenAI in high school education, particularly in the Saudi context. While existing studies examined teachers' perceptions, readiness, and challenges related to GenAI integration in Western and Asian education systems, there is limited research focusing on Saudi high schools. Existing studies emphasize concerns such as technology affordability, ethical issues, lack of policies, and teachers' limited AI literacy, yet none directly address the unique educational landscape of Saudi Arabia. Furthermore, most research explores GenAI's role in STEM education or administrative tasks, leaving a gap in understanding its broader pedagogical applications and identifying which available tools and current practices are most widely adopted by teachers. Given Saudi Arabia's increasing focus on digital transformation in education, a study exploring teachers' perspectives on GenAI in Saudi high schools is crucial. It can inform policy decisions, teacher training programs, and AI implementation strategies, ensuring that GenAI adoption aligns with national educational goals and addresses local challenges effectively.

Research Method

Research participants

In this study, a quantitative method was used to collect data. The main objective was to explore and investigate the current practices of GenAI among Saudi high school teachers, and the benefits it provides, and the challenges and barriers that affect its effective use. Data were collected using a questionnaire of 34 items. The sample consisted of 104 teachers from different disciplines and working in various regions across Saudi Arabia. These participants shared their current use of GenAI, the benefits they gain from it, and the challenges and barriers that limit its integration in education. Table 2 shows the demographic data of participants.

Instrument

The present study used a survey to collect data from participants, as its approach was quantitative [Takona, 2024]. The questionnaire consists of 34 items. A total of 26 items based on a 3-point Likert scale and two items based on multiple-choice boxes, while six multiple-choice items related to demographic data. A 3-point Likert scale is commonly used in questionnaires to measure perceptions [Taherdoost, 2019]. It provides respondents with three options: disagree (1), neutral (2), and agree (3). This simplified format is useful in educational contexts where clarity and ease of completion are priorities. The questionnaire consists of five parts. Demographic data in the first section explores participants' profiles, including their gender, educational background, area of expertise, type of school they work in, years of experience, and region of work. This section seeks to provide essential information about participants' backgrounds. In the second section, teachers share their views on awareness of the use of GenAI in education. It focuses on their familiarity with this technology, their regular use of it, and their understanding that it may generate incorrect results. In the third section, teachers describe their current practices with GenAI and the tools they use. Teachers can select from the displayed options and also write their own responses. The fourth section describes the key challenges associated with integrating GenAI into education. It is divided into five subsections: Expertise and training, technology barriers, financial constraints, administrative constraints, and lastly, concerns. Each of

Table 2. Demographic data

Characteristics	Items	Number	Percentage
Gender	Male	28	26.9%
	Female	76	73.1%
Educational qualification	Diploma	1	1%
	Bachelor's degree	88	84.6%
	Master's degree	12	11.5%
	PhD	3	2.9%
Area of expertise	Science	39	28.8%
	Mathematics	8	7.7%
	Computing and Information Technology	14	13.5%
	Arabic language	9	8.7%
	English language	9	8.7%
	Social Sciences	11	10.6%
	Islamic studies	15	14.4%
	Business Administration	4	3.8%
	Art Education	1	1%
	Physical Education	1	1%
	Life Skills	1	1%
	Fitness and Physical Health	1	1%
Type of school	Public	82	78.8%
	Private	21	20.2%
	International	1	1%
Years of teaching experience	Less than one year	2	1.9%
	1 to 4 years	4	3.8%
	More than 4 years to 10 years	14	13.5%
	More than 10 years	84	80.8%
Region of work	Central Region	7	6.7%
	Western Region	90	86.5%
	Eastern Region	1	1%
	Southern Region	5	4.8%
	Northern Region	1	1%

them addresses a specific dimension of the barriers hindering the use and integration of this technology among high school teachers.

Procedure

The survey instrument was developed using Google Forms. It went through an expert review to ensure the clarity and relevance to the research questions. As a result, minor revisions were made, and the final version was then distributed through different online platforms used by high school teachers in Saudi Arabia. These include educational forums, *WhatsApp* groups, Telegram channels, and high schools' social media accounts. The data collection process took place over a period of four weeks. Participation was voluntary, and informed consent was obtained from all participants at the start of the survey. Participants were informed of the study's purpose. They were also assured of data confidentiality and anonymity. The data collected was then compiled into a secure *Excel* sheet for analysis.

Results

This section presents the analysis results of the collected data. The first subsection presents the analysis of teachers' current practices and how they are engaging with GenAI tools in their teaching. The second subsection presents the results of awareness and challenges teachers face with the use of GenAI. The challenges are categorised into expertise and training, technology barriers, financial constraints, administrative constraints, and lastly concerns.

Teachers' current practices of GenAI in education

In this section, teachers were asked two main questions about their practices and their GenAI tools. The results of the first question (What is your current use of GenAI?) indicated that the three most selected practices for teachers are generating presentations (55.8%), research (46.2%), and designing and preparing lessons (40.4%). Other popular applications include assisting in writing (30.8%), generating images (29.8%), and generating videos (26.9%). Less frequent uses involve grading (16.3%), developing assessments (e. g., homework and exams) (13.5%), ITQAN classes (12.5%), which are one of the developments of secondary education programs that aim to provide students with specific job skills that align with the needs of the labor market (Ministry of Education, Saudi Arabia), and administrative work (e. g., admissions and scheduling) (9.6%). Overall, the results suggested a strong trend toward using GenAI for content creation and search support, with limited use for administrative and assessment-related tasks. The minimal usage was for school radio (1%). Figure 1 shows how educators currently use GenAI in education based on 104 responses.

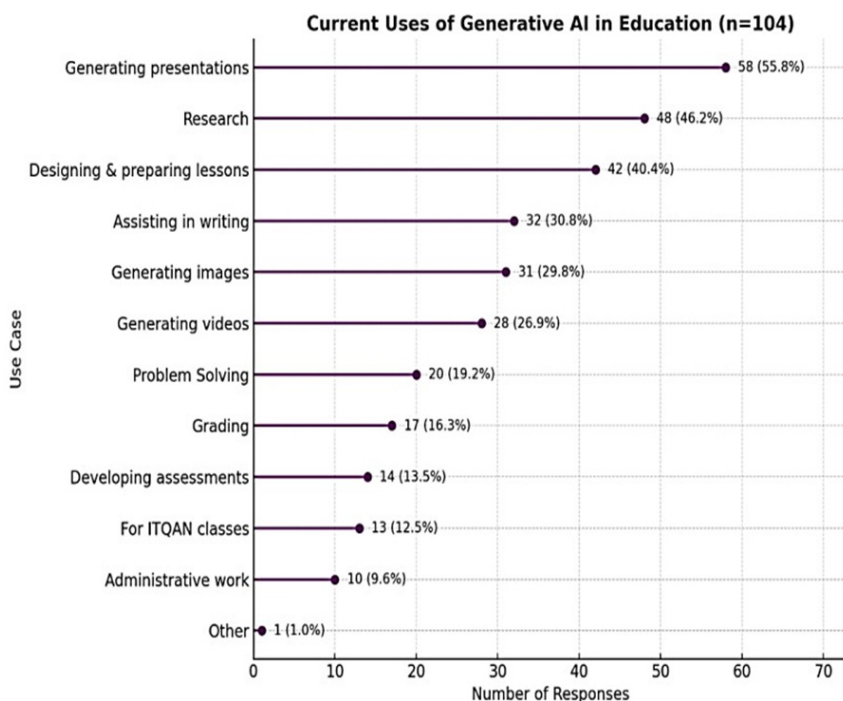


Fig. 1. Teachers' practices of GenAI

The results of the second question (Which GenAI tools have you used?) indicate that the three most common GenAI tools for teachers are *ChatGPT* (82.7%), *Canva* (56.7%), and *Google Gemini* (27.9%). A smaller percentage used presentation and media generation tools such as *SlidesAi.io*, *LimeWire*, and *Animated Drawings* (each at 4.8%). Tools like *Animaker* (3.8%) and *NapKin* (2.9%) had more limited use. Only 1% of respondents selected “Other,” which included *Grok*. These findings suggest that the most commonly integrated GenAI tools into educational practice are language-based tools, such as *ChatGPT*, and visually oriented tools, such as *Canva*. Figure 2 illustrates the tools of GenAI most commonly used by the participating high school teachers.

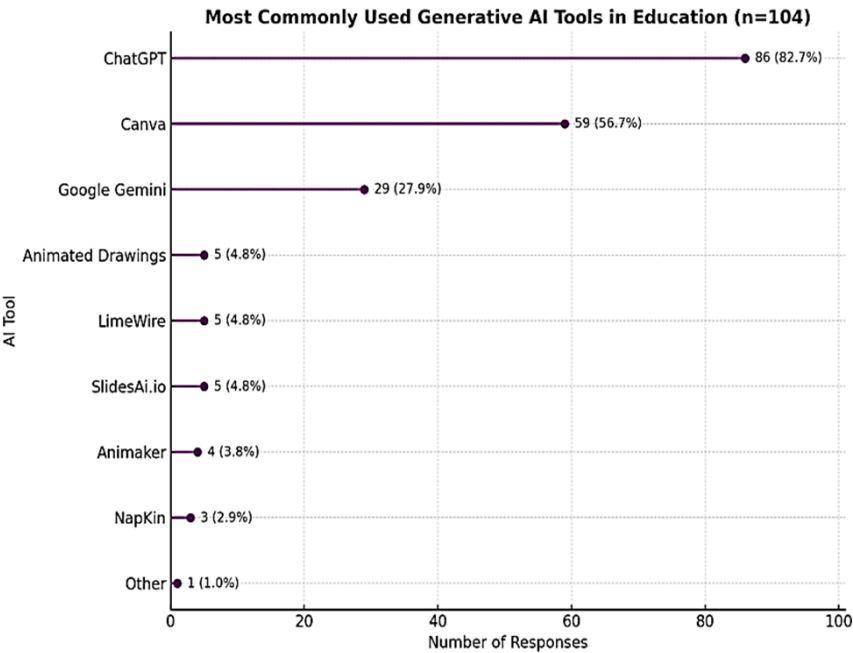


Fig. 2. Common GenAI tools used by teachers

Awareness and perceived challenges

In the two main dimensions, teacher awareness about the use of GenAI in education and the challenges facing its use, the frequency, percentage, mean, and standard deviation were used to analyze teachers’ opinions according to agreement, disagreement, or neutrality levels. The mean helps to understand the general opinion or perception of the respondents. On a 3 point Likert scale, a mean close to 3 suggests a high level of agreement. The standard deviation indicates the spread or variability of responses around the mean. Table 3 presents the results.

Table 3. Awareness and challenges

Survey Item	Disagree (1)	Neutral (2)	Agree (3)	Mean	SD
Teacher awareness about use of GenAI in Education					
1. I am familiar with the use of GenAI in education	14 (13%)	21 (20%)	69 (66%)	2.52	0.71

Continuation of the table 3

Survey Item	Disagree (1)	Neutral (2)	Agree (3)	Mean	SD
2. I regularly use GenAI tools in education	20 (19%)	39 (38%)	45 (43%)	2.24	0.75
3. I am aware that the use of GenAI may generate incorrect results	17 (16%)	31 (30%)	56 (54%)	2.37	0.74
4. I am aware that GenAI may generate biased or unfair results	9 (9%)	46 (44%)	49 (47%)	2.38	0.64
5. I follow the latest developments in the use of GenAI in education	20 (19%)	28 (27%)	56 (54%)	2.34	0.78
Challenges Facing the Use of GenAI in Education					
a. Expertise and Training					
6. There is a lack of specialists and experts in GenAI to consult when needed	3 (3%)	20 (19%)	81 (78%)	2.75	0.50
7. There is a lack of training programs to enhance the use of GenAI in education	8 (8%)	14 (13%)	82 (79%)	2.71	0.60
8. There is a lack of awareness among teachers about the importance of using GenAI	7 (7%)	22 (21%)	75 (72%)	2.65	0.60
b. Technology Barriers					
9. Using GenAI requires more effort compared to traditional teaching methods	41 (39%)	19 (18%)	44 (42%)	2.03	0.91
10. Using GenAI requires technology resources such as (Internet connection, Pc devices, computer lab, etc.) which may not available	4 (4%)	13 (13%)	87 (84%)	2.80	0.49
11. Using GenAI requires English language	28 (27%)	28 (27%)	48 (46%)	2.19	0.84
12. There is some difficulty in learning about various types of GenAI	17 (16%)	32 (31%)	55 (53%)	2.37	0.75
c. Financial Constraints					
13. The high financial costs associated with using and updating GenAI create a barrier	19 (18%)	39 (38%)	46 (44%)	2.26	.75
d. Administrative Constraints					
14. The school administration does not prioritize the use of GenAI in the educational process	42 (40%)	25 (24%)	37 (36%)	1.95	0.87
15. The workload placed on teachers hinders their ability to use GenAI	15 (14%)	21 (20%)	68 (65%)	2.51	0.74
16. The number of students in the classroom makes it difficult to use GenAI effectively in education	29 (28%)	18 (17%)	57 (55%)	2.27	0.87
e. Concerns					
17. Using GenAI will limit opportunities to interact with colleagues to exchange knowledge and expertise	24 (23%)	30 (29%)	50 (48%)	2.25	0.81
18. Using GenAI will hinder the development of common or transferable skills, such as teamwork, problem-solving, and leadership skills	32 (31%)	23 (22%)	49 (47%)	2.16	0.87

End of the table 3

Survey Item	Disagree (1)	Neutral (2)	Agree (3)	Mean	SD
19. Using GenAI will diminish critical thinking, leading to over-reliance on it	11 (11%)	31 (30%)	62 (60%)	2.49	0.68
20. Using GenAI in education increases the risk of creating incorrect or fabricated content	11 (11%)	31 (30%)	62 (60%)	2.49	0.68
21. Using GenAI in education may compromise user privacy and security	11 (11%)	39 (38%)	54 (52%)	2.41	0.67
22. Using GenAI for grading can be incorrect compared to human grading in terms of fairness and accuracy	11 (11%)	41 (39%)	52 (50%)	2.39	0.67
23. Using GenAI tools may lead to parity of academic assessment among students in a way that does not reflect their actual levels	12 (12%)	37 (36%)	55 (53%)	2.41	0.69
24. Using GenAI makes students more independent, potentially reducing their appreciation for the expertise of teachers	19 (18%)	31 (30%)	54 (52%)	2.34	0.77
25. Using GenAI makes it difficult for teachers to evaluate how students arrived at their answers	18 (17%)	30 (29%)	56 (54%)	2.37	0.76
26. Using GenAI increases plagiarism and cheating	11 (11%)	29 (28%)	64 (62%)	2.51	0.68

Teacher awareness about use of GenAI in education

This analysis presents the results of five items that explore teachers' awareness of the use of GenAI in education. In response to the first statement, "I am familiar with the use of GenAI in education," 66.35% of respondents agreed, while 13.46% disagreed ($M = 2.5$, $SD = 0.7$) which therefore suggests that most teachers are aware of GenAI in educational contexts. The 13.46%, however who disagreed give the indication that there are still teachers who are not familiar with GenAI. As a result, highlighting the need for further awareness initiatives. In response to the second statement, "I regularly use GenAI tools in education," 43% of teachers reported that they regularly use such tools ($M = 2.24$, $SD = 0.75$). On the other hand, a relatively high percentage (38%) responded neutrally, which may suggest that these teachers have only recently begun using GenAI tools or may not yet fully understand their practical applications in education. Additionally, 19% of teachers indicated that they do not use these tools at all. For the third item, "I am aware that the use of GenAI may generate incorrect results," more than half of the teachers (54%) agreed, indicating that they understand these tools can produce incorrect results ($M = 2.4$, $SD = 0.74$). However, 30% of teachers responded neutrally, which may suggest that they are not fully aware or may not realize that GenAI tools can sometimes generate incorrect outputs. In response to statement 4, "I am aware that GenAI may generate biased or unfair results," the responses showed a lower standard deviation ($M = 2.38$, $SD = 0.64$), indicating stronger consistency among participants. The percentage of teachers who were aware of the potential bias in GenAI was 47%, which is relatively lower compared to their awareness of the risk of incorrect results. Additionally, 44% of teachers responded neutrally, suggesting that some may not fully understand the concept of bias in GenAI outputs. In response to statement 5, "I follow

the latest developments in the use of GenAI in education,” the results showed ($M = 2.35$, $SD = 0.78$), a total of 54% of teachers reported that they stay informed about the latest developments in GenAI. However, nearly half of the teachers were either neutral (27%) or disagreed (19%), indicating that while some teachers are proactive and stay updated, others are not yet engaged in following recent advancements.

Perceived challenges

The results related to perceived challenges are organized into five dimensions, as follows:

Expertise and Training

The analysis of the questionnaire revealed varying levels of agreement among respondents regarding the perceptions of GenAI challenges in education. The results of the expertise and training analysis indicated a strong perception among participants regarding the insufficiency of support and preparedness for using GenAI in education. The statement “There is a lack of specialists and experts in GenAI to consult when needed” received a high level of agreement ($M = 2.75$, $SD = 0.50$). This analysis shows that there is limited expert consultation. The item “There is a lack of training programs to enhance the use of GenAI in education” also showed notable agreement ($M = 2.71$, $SD = 0.60$). It emphasizes the shared concern of teachers about the availability of professional development programs. The last item “There is a lack of awareness among teachers about the importance of using GenAI” had a lower mean ($M = 2.65$, $SD = 0.60$). However, it still indicates an awareness issue. The low standard deviations of all items suggest that responses were consistent.

Technology barriers

This part highlights perceived technology-related challenges in teachers’ experiences with GenAI. The item “Using GenAI requires more effort compared to traditional teaching methods” received a relatively low mean score ($M = 2.03$, $SD = 0.91$), indicating moderate disagreement and notable variation in responses. This implies that, although some teachers find GenAI challenging, others may not perceive it as a significant barrier. On the other hand, the item “Using GenAI requires technology resources such as Internet connection, PC devices, computer lab, etc., which may not be available” showed the highest level of agreement in this section ($M = 2.80$, $SD = 0.49$). This reflects a strong concern about infrastructural limitations. Moreover, the items “Using GenAI requires English language” ($M = 2.19$, $SD = 0.84$) and “There is some difficulty in learning about various types of GenAI” ($M = 2.37$, $SD = 0.75$) revealed moderate levels of agreement. That indicates that language proficiency and tool complexity present challenges for some teachers. The responses generally varied regarding technological infrastructure, language requirements, and the perceived effort required in using GenAI.

Financial constraints

The survey results suggest that financial barriers play a moderate role in limiting the adoption of GenAI in education. More precisely, for the statement “The high financial costs associated with using and updating GenAI create a barrier” ($M = 2.26$, $SD = 0.75$), although 44% of respondents agreed, 38% remained neutral, and 18% disagreed. This distribution indicates that while cost is recognized as a barrier by many, it is not universally perceived as a major barrier. The presence of a substantial number of neutral responses suggests that financial limitations may be more significant in some schools than others, possibly influenced by budget allocations, access to funding, or differing stages of GenAI integration.

Administrative constraints

For administrative-related challenges, responses were more varied. The statement asserting that school administrations do not prioritize the use of GenAI had the lowest mean score across the survey and a relatively high standard deviation ($M = 1.95$, $SD = 0.87$). A considerable number of respondents (40%) disagreed with this claim, indicating that in many cases, school leaders may indeed be supportive of GenAI integration. However, the variability in responses points to contextual differences across schools. In contrast, the workload placed on teachers was viewed as a significant barrier to GenAI use, receiving a higher mean score of 2.51. With 65% of respondents agreeing, this issue emerged as one of the most widely acknowledged challenges, suggesting that even when administrative support exists, practical burdens on teachers may still hinder effective integration. The size of classrooms was also affirmed as a barrier ($M = 2.27$, $SD = 0.87$), with agreement from 55% of respondents, emphasizing that logistical constraints can further complicate GenAI adoption in educational settings.

Concerns

Several concerns about the broader adoption of GenAI were affirmed by participants. Many high school teachers agreed that GenAI may hinder essential educational outcomes and ethical standards. For instance, two statements, “Using GenAI will diminish critical thinking and lead to overreliance” and “Using GenAI in education increases the risk of creating incorrect or fabricated content,” each received a high mean score of 2.49, with 60% of respondents agreeing with both. These concerns reflect deep apprehensions about the intellectual quality of learning experiences shaped by GenAI tools. Similarly, issues such as plagiarism and cheating ($M = 2.51$, $SD = 0.68$), as well as challenges in fairly grading students ($M = 2.39$, $SD = 0.67$), were strongly endorsed, underscoring fears that GenAI could disrupt academic integrity. Other concerns, including privacy risks ($M = 2.41$, $SD = 0.67$), reduced opportunities for peer interaction ($M = 2.25$, $SD = 0.81$), and difficulties in assessing how students arrive at their answers ($M = 2.37$, $SD = 0.76$), were also acknowledged. While some items, such as the effect on transferable skill development, received slightly lower mean scores (e. g., $M = 2.16$), the overall pattern points to a prevalent unease about how GenAI may affect the depth, fairness, and relational aspects of the learning process.

Discussion

In this section, we discuss the study’s results through which we address the research questions. The questions were about the level of high school teachers’ awareness of using GenAI, their current practices, and the challenges they encounter while using it. The following subsections discuss the study results for each question.

Teachers’ awareness of GenAI (RQ1)

To address the first research question (What is the level of awareness among high school teachers about using GenAI?), we used five core indicators: familiarity, regular use, inaccurate and biased results awareness, and follow-up with the latest developments in its application in education. According to the study’s findings, the percentage of teachers reporting familiarity with GenAI use in education is higher than that of those who regularly use it. This indicates a gap between GenAI familiarity and its implementation. This aligns with

one of the most frequent conclusions drawn from numerous global studies: teachers' use of GenAI is limited, as shown in [Beege *et al.*, 2024; Ng *et al.*, 2025]. Moreover, the results showed modest agreement with GenAI's potential to produce inaccurate or biased results. Therefore, the lack of awareness of these important issues inevitably confirms the necessity of enhancing teachers' AI literacy. Lastly, regarding whether teachers follow the most recent advancements in using GenAI in education, the results show differing degrees of interest among teachers. This finding is corroborated by Cheah *et al.* [Cheah *et al.*, 2025]. Overall, the study's findings suggest that the Saudi high school teachers were generally familiar with GenAI. However, they employed GenAI less frequently in their work practices. This indicates the importance of promoting teachers' AI literacy and establishing ethical and instructional guidelines.

Teachers' current practices of GenAI (RQ2)

The study findings also answer the second research question (What are the current practices of high school teachers in using GenAI?). The study showed that applying GenAI for content generation received significant attention and good usage by Saudi high school teachers. This indicates two key points: First, multimedia is appropriately utilized by teachers, which enhances the teaching and learning process [Salinas-Navarro *et al.*, 2024]. Second, teachers tend to engage more with direct and familiar uses of GenAI, such as content generation, rather than indirect or support-oriented tasks, like handling administrative work (scheduling and planning, data entry, and summarizing meeting notes). Similarly, several studies showed the lack of GenAI usage in facilitating administrative work [Cheah *et al.*, 2025; Kong *et al.*, 2024]. The results also show a variation in the number of teachers benefiting from GenAI in their most important practices: two-fifths reported using GenAI to design and prepare lessons. At the same time, fewer teachers have applied these tools to develop assessments or perform grading. These findings align with [Cheah *et al.*, 2025]. This consistency underscores a common trend among teachers to prioritize content preparation over evaluative tasks when adopting GenAI. In addition to these basic practices, the results showed that teachers have adopted GenAI to assist in several academic tasks and student support. By way of illustration, GenAI was employed for research, problem solving, and writing assistance. Furthermore, fewer teachers incorporated GenAI into ITQAN classes, showing some teachers' awareness of the role of GenAI in personalized and skill-focused education. All these uses illustrate a new trend of employing GenAI for cognitive engagement and student development.

Regarding the most commonly used tools among teachers, the results revealed four distinct tiers of tool usage, aligning closely with their reported practices. At the top tier, *ChatGPT* stands out as the most widely used tool, likely due to its popularity, ease of use, and multifunctionality. In the second tier, *Canva* was used by more than half of the participants, reflecting its strong presence as a tool for creating presentations. The third tier includes *Google Gemini*, which was used by just over a quarter of the participating teachers. *Gemini* and *ChatGPT* work on natural language processing and generating helpful and precise text. However, *Gemini* seemed less popular among Saudi teachers. These top three tools reflect the predominant ways teachers engage with GenAI, primarily for content creation and research. Lastly, the fourth tier includes *Animated Drawings*, *LimeWire*, *SlidesAI.io*, *Animaker*, and *NapKin*, each reported by only a few teachers. Despite their specialized functions, the limited interest in these tools may stem from teachers' unfamiliarity or the challenges associated with their use, which may necessitate training or guidance.

Our findings indicate that teachers leverage GenAI primarily focusing on content generation, research, and instructional support, specifically lesson preparation. Also, the results related to the most commonly used tools confirmed the nature of teachers' practices with GenAI.

Challenges in GenAI use (RQ3)

The findings of this study provide clear insights into the main challenges that high school teachers in Saudi Arabia perceive when integrating GenAI tools into their teaching practices. These findings are directly tied to the third research question (What are the main perceived challenges high school teachers face in using GenAI?). Five primary areas of concern emerged: lack of expertise and training, technological barriers, financial constraints, administrative challenges, and ethical concerns. These results align with previous research on GenAI adoption in educational contexts.

The most noticeable challenge identified was the lack of sufficient training and the absence of expert support. These results reveal that teachers strongly recognize the need for structured, in-depth training and professional development programs customized to their practical needs. Previous research has highlighted the importance of training and support. According to Al Darayseh [Al Darayseh, 2023], training is essential to enable science teachers to integrate GenAI tools to boost learning outcomes. Similarly, Wardat et al. [Wardat et al., 2024] emphasized that mathematics teachers require well-prepared training on how to integrate GenAI tools into their curricula effectively. In addition, Cheah et al. [Cheah et al., 2025] have also previously pointed out that most current workshops are short and inadequate to support meaningful classroom integration.

Technological challenges were also reported as a major obstacle to GenAI adoption. The majority of respondents showed that GenAI requires adequate infrastructure, such as internet access, PCs, and other computing devices. Although GenAI may help to automate aspects of the teaching process, challenges associated with language abilities and the complex nature of GenAI tools still occur for some teachers. These results are in line with previous studies. For instance, Wardat et al. [Wardat et al., 2024] emphasize collaborating with technology companies to obtain adequate technology infrastructure and GenAI-enhanced educational resources.

Financial constraints were also considered as an obstacle, even to a slightly lesser extent. Teachers expressed concerns about affordability in respect to GenAI tools and updates, suggesting that full integration of such technologies would at least be delayed by these costs. This is particularly problematic where access to full versions is restricted (free tools generally provide only minimal capabilities). In addition, financial limitations can limit investment in schools' infrastructure and teacher development [Ng et al., 2025]. Such economic differences may lead to uneven availability of AI resources, especially across public schools [Han et al., 2024].

The administrative impediments findings provide an important insight: the lowest mean score in the entire dataset is in the items' perceptions or beliefs related to the support and crucial part that school administration plays in the successful implementation of GenAI tools within the classroom. In addition, the relatively large standard deviation and range of responses demonstrate variability across diverse school contexts; some teachers work in supportive environments, and others do not.

This disparity demonstrates the significance of the school's leadership in the development of perceptions towards educational innovation. In our work, the Saudi context indi-

cates a positive administrative attitude towards embracing GenAI tools in the curriculum. This result is different from previous worldwide studies such as: [Al Darayseh, 2023; Aldawsari, 2024; Chiu, 2023; Elstad, Eriksen, 2024; Kong et al., 2024; Wardat et al., 2024; Cheah et al., 2025], where less support for GenAI integration was received from the administration.

Moreover, teacher workload and large class sizes hinder the practical implementation of GenAI. Although some teachers may incorporate GenAI tools into everyday teaching responsibilities (e. g., lesson planning, grading, assessment, etc.) as supported and prioritized by school leadership, they are still burdened by other responsibilities. Without a supportive administrative framework, even highly motivated teachers may struggle to effectively integrate GenAI into their daily teaching [Cheah et al., 2025; Wardat et al., 2024]. Beyond classroom conditions and infrastructural barriers, the study revealed substantial concerns about including the GenAI tool in education. Participants were most concerned that the GenAI could lead to increased plagiarism and cheating, reduced critical thinking, overreliance on technology, and the development of false or misleading content. There were also fears over potential privacy risks to students and whether AI-assisted grading was accurate and fair. These ethical and pedagogical concerns are present in many other GenAI studies. Which emphasizes the importance of human supervision and the responsible use of GenAI tools in education [Bower et al., 2023; Lee, Song, 2024].

In general, despite a high inclination to the use of GenAI tools by high school teachers in Saudi Arabia, there are also a few obstacles in the way of that happening. Lack of training and expert assistance, as well as financial issues. These are considered the most important obstacles that reduce the utilization of these technologies.

Conclusion

This study sought to explore Saudi high school teachers' awareness of GenAI, their current practices, and perceived challenges in using it in education. Participants showed a considerable level of awareness and there is as well a growing interest among them in following GenAI latest developments and trends. In addition, the findings of the study revealed that the common current uses among teachers were generating presentations, research, and designing lessons. However, despite increased awareness and interest in this technology among teachers, they shared many challenges and concerns. Most teachers reported that there is a lack of technological infrastructure. In addition, there is a clear consensus on the need for expert guidance and professional development programs to enhance GenAI use. The finding suggested that economic factors are not the key impediment for Saudi teachers. The results of the administrative constraints indicated that teaching workloads limit teachers' ability to adopt GenAI tools in their practice. There are numerous reported concerns regarding the use of GenAI. The most significant is the potential for increased cheating and plagiarism. Other frequent concerns were the decrease in critical analysis skills as well as the creation of incorrect content. To enhance the GenAI experience for Saudi teachers in high schools, it is essential to provide targeted professional development, access to expert guidance, and improved technological infrastructure within the educational environment. Our study has some limitations that need to be clarified. First, the findings were based only on the quantitative analysis of the collected data from the questionnaire. Second, the study focused on the high school teacher's perspective, without involving other perspectives, for instance, from students and leaders. Third, the study was conducted using a cross-sectional approach.

References

- Al Darayseh, A. (2023). Acceptance of Artificial Intelligence in Teaching Science: Science Teachers' Perspective, *Computers and Education: Artificial Intelligence*, no. 4. DOI: 10.1016/j.caeai.2023.100132.
- Alammari, A. (2024). Evaluating Generative AI Integration in Saudi Arabian Education: A Mixed-Methods Study, *PeerJ Computer Science*, no. 10, e1879. DOI: 10.7717/peerj-cs.1879.
- Aldawsari, R. (2024). Role of Artificial Intelligence in Education from the Perspectives of Teachers, *Library Progress (International)*, 44 (3), 17740–17753. Available at: https://www.researchgate.net/publication/385345421_Role_of_Artificial_Intelligence_In_Education_from_The_Perspectives_of_Teachers (date accessed: 08.11.2025).
- Bahroun, Z., Anane, C., Ahmed, V., Zacca, A. (2023). Transforming Education: A Comprehensive Review of Generative Artificial Intelligence in Educational Settings through Bibliometric and Content Analysis, *Sustainability*, 15 (17), 12983. DOI: 10.3390/su151712983.
- Bandi, A., Adapa, P.V.S.R., Kuchi, Y.E.V.P.K. (2023). The Power of Generative AI: A Review of Requirements, Models, Input–Output Formats, Evaluation Metrics, and Challenges, *Future Internet*, 15 (8), 260. DOI: 10.3390/fi15080260.
- Banh, L., Strobel, G. (2023). Generative Artificial Intelligence, *Electronic Markets*, 33 (1), 63. DOI: 10.1007/s12525-023-00680-1.
- Bansal, G., Nawal, A., Chamola, V., Herencsar, N. (2024). Revolutionizing Visuals: The Role of Generative AI in Modern Image Generation, *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications*, 20 (11), 1–22. DOI: 10.1145/3689641.
- Beege, M., Hug, C., Nerb, J. (2024). AI in STEM Education: The Relationship between Teacher Perceptions and ChatGPT Use, *Computers in Human Behavior Reports*, no. 16. DOI: 10.1016/j.chbr.2024.100494.
- Bower, M., Torrington, J., Lai, J. W.M., Petocz, P., Alfano, M. (2024). How Should We Change Teaching and Assessment in Response to Increasingly Powerful Generative Artificial Intelligence? Outcomes of the ChatGPT Teacher Survey, *Education and Information Technologies*, vol. 29, 15403–15439. DOI: 10.1007/s10639-023-12405-0.
- Burger, B., Kanbach, D.K., Kraus, S., Breier, M., Corvello, V. (2023). On the Use of AI-Based Tools Like ChatGPT to Support Management Research, *European Journal of Innovation Management*, 26 (7), 233–241. DOI: 10.1108/EJIM-02-2023-0156.
- Chan, C.K.Y., Hu, W. (2023). Students' Voices on Generative AI: Perceptions, Benefits, and Challenges in Higher Education, *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20 (1), 43. DOI: 10.1186/s41239-023-00411-8.
- Cheah, Y.H., Lu, J., Kim, J. (2025). Integrating Generative Artificial Intelligence in K-12 Education: Examining Teachers' Preparedness, Practices, and Barriers, *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 8, 100363. DOI: 10.1016/j.caeai.2025.100363.
- Chiu, T.K.F. (2023). The Impact of Generative AI (GenAI) on Practices, Policies and Research Direction in Wducation: A Case of ChatGPT and Midjourney, *Interactive Learning Environments*, 32 (10), 6187–6203. DOI: 10.1080/10494820.2023.2253861.
- Cooper, G. (2023). Examining Science Education in ChatGPT: An Exploratory Study of Generative Artificial Intelligence, *Journal of Science Education and Technology*, 32 (3), 444–452. DOI: 10.1007/s10956-023-10039-y.
- Elstad, E., Eriksen, H. (2024). High School Teachers' Adoption of Generative AI, *Nordic Journal of Comparative and International Education*, 8 (1). DOI: 10.7577/njcie.5736.
- Feuerriegel, S., Hartmann, J., Janiesch, C., Zschech, P. (2024). Generative AI, *Business & Information Systems Engineering*, 66 (1), 111–126. DOI: 10.1007/s12599-023-00834-7.
- Hadi Mogavi, R., Deng, C., Juho Kim, J., Zhou, P., D. Kwon, Y., Hosny Saleh Metwally, A., Tlili, A., Bassanelli, S., Bucchiarone, A., Gujar, S., Nacke, L.E., Hui, P. (2024). ChatGPT in Education: A Blessing or a Curse? A Qualitative Study Exploring Early Adopters' Utilization and

Perceptions, *Computers in Human Behavior: Artificial Humans*, 2 (1), 100027. DOI: 10.1016/j.chbah.2023.100027.

Han, A., Zhou, X., Cai, Z., Han, S., Ko, R., Corrigan, S., Peppler, K.A. (2024). Teachers, Parents, and Students' Perspectives on Integrating Generative AI into Elementary Literacy Education, in *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. DOI: 10.1145/3613904.3642438.

Htet, A., Liana, S.R., Aung, T., Bhaumik, A. (2024). ChatGPT in Content Creation: Techniques, Applications, and Ethical Implications, in *Advanced Applications of Generative AI and Natural Language Processing Models* (pp. 43–68), IGI Global Scientific Publishing. DOI: 10.4018/979-8-3693-0502-7.ch003.

Idrisov, B., Schlippe, T. (2024). Program Code Generation with Generative AIs, *Algorithms*, 17 (2), 62. DOI: 10.3390/a17020062.

Imran, M., Almusharraf, N. (2024). Google Gemini as a Next Generation AI Educational Tool: A Review of Emerging Educational Technology, *Smart Learning Environments*, 11 (1), 22. DOI: 10.1186/s40561-024-00310-z.

Kaplan-Rakowski, R., Grotewold, K., Hartwick, P., Papin, K. (2023). Generative AI and Teachers' Perspectives on Its Implementation in Education, *Journal of Interactive Learning Research*, 34 (2), 313–338.

Kasneci, E., Seßler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., ... Kasneci, G. (2023). ChatGPT for Good? On Opportunities and Challenges of Large Language Models for Education, *Learning and Individual Differences*, no. 103, 102274. DOI: 10.1016/j.lindif.2023.102274.

Khlaif, Z.N., Ayyoub, A., Hamamra, B., Bensalem, E., Mitwally, M.A., Ayyoub, A., ... Shadid, F. (2024). University Teachers' Views on the Adoption and Integration of Generative AI Tools for Student Assessment in Higher Education, *Education Sciences*, 14 (10), 1090. DOI: 10.3390/educsci14101090.

Kong, S.C., Yang, Y., Hou, C. (2024). Examining Teachers' Behavioural Intention of Using Generative Artificial Intelligence Tools for Teaching and Learning Based on the Extended Technology Acceptance Model, *Computers and Education: Artificial Intelligence*, no. 7. DOI: 10.1016/j.caeai.2024.100328.

Lee, S., Song, K. (2024). Teachers' and Students' Perceptions of AI-Generated Concept Explanations: Implications for Integrating Generative AI in Computer Science Education, *Computers and Education Artificial Intelligence*, no. 7, 100283–100283. DOI: 10.1016/j.caeai.2024.100283.

Lo, C.K. (2023). What Is the Impact of ChatGPT on Education? A Rapid Review of the Literature, *Education Sciences*, 13 (4), 410. DOI: 10.3390/educsci13040410.

Mah, C., Walker, H., Phalen, L., Levine, S., Beck, S.W., Pittman, J. (2024). Beyond CheatBots: Examining Tensions in Teachers' and Students' Perceptions of Cheating and Learning with ChatGPT, *Education Sciences*, 14 (5), 500. DOI: 10.3390/educsci14050500.

Maphoto, K.B., Sevnarayan, K., Mohale, N.E., Suliman, Z., Ntsopi, T.J., Mokoena, D. (2024). Advancing Students' Academic Excellence in Distance Education: Exploring the Potential of Generative AI Integration to Improve Academic Writing Skills, *Open Praxis*, 16 (2), 142–159. DOI: 10.55982/openpraxis.16.2.649.

Mena Octavio, M., González Argüello, M.V., Pujolà, J.-T. (2024). ChatGPT as an AI L2 Teaching Support: A Case Study of an EFL Teacher, *Technology in Language Teaching & Learning*, 6 (1), 1–25. DOI: 10.29140/tltl.v6n1.1142.

Ministry of Education, Saudi Arabia. (n. d.). *Secondary School Tracks System*. Available at: <https://moe.gov.sa/ar/education/generaleducation/StudyPlans/Pages/SecondarySchoolTracks.aspx> (date accessed: 28.04.2025).

Mittal, U., Sai, S., Chamola, V., Sangwan, D. (2024). A Comprehensive Review on Generative AI for Education, *IEEE Access*, no. 12, 142733–142759. DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3468368.

Ng, D.T.K., Chan, E.K.C., Lo, C.K. (2025). Opportunities, Challenges and School Strategies for Integrating Generative AI in Education, *Computers and Education: Artificial Intelligence*, no. 8. DOI: 10.1016/j.caeai.2025.100373.

Oliveira, K.K.D.S., De Souza, R.A. (2022). Digital Transformation towards Education 4.0, *Informatics in Education*, 21 (2), 283–309. DOI: 10.15388/infedu.2022.13.

Pahi, K., Hawlader, S., Hicks, E., Zaman, A., Phan, V. (2024). Enhancing Active Learning through Collaboration between Human Teachers and Generative AI, *Computers and Education Open*, no. 6, 100183. DOI: 10.1016/j.caeo.2024.100183.

Petrucchio, C., Favino, F., Conte, A. (2025). Teachers' Perceptions on the Introduction of Generative AI in Schools: A Mixed-Method Study on the Opinions of 1,223 Teachers in the Veneto Region, Italy, *Education Sciences and Society*, no. 2, 17–37. DOI: 10.3280/ess2-2024oa18406.

Qureshi, M.A., Khaskheli, A., Qureshi, J.A., Raza, S.A., Yousufi, S.Q. (2023). Factors Affecting Students' Learning Performance through Collaborative Learning and Engagement, *Interactive Learning Environments*, 31 (4), 2371–2391. DOI: 10.1080/10494820.2021.1884886.

Raj, N.S., Renumol, V.G. (2022). A Systematic Literature Review on Adaptive Content Recommenders in Personalized Learning Environments from 2015 to 2020, *Journal of Computers in Education*, 9 (1), 113–148. DOI: 10.1007/s40692-021-00199-4.

Sætra, H.S. (2023). Generative AI: Here to Stay, but for Good?, *Technology in Society*, no. 75, 102372. DOI: 10.1016/j.techsoc.2023.102372.

Salinas-Navarro, D.E., Vilalta-Perdomo, E., Michel-Villarreal, R., Montesinos, L. (2024). Using Generative Artificial Intelligence Tools to Explain and Enhance Experiential Learning for Authentic Assessment, *Education Sciences*, 14 (1), 83. DOI: 10.3390/educsci14010083.

Taherdoost, H. (2019). What Is the Best Response Scale for Survey and Questionnaire Design? Review of Different Lengths of Rating Scale / Attitude Scale / Likert Scale, *International Journal of Academic Research in Management (IJARM)*, 8 (1), 1–10.

Tahiru, F. (2021). AI in Education: A Systematic Literature Review, *Journal of Cases on Information Technology*, 23 (1), 1–20. DOI: 10.4018/JCIT.2021010101.

Takona, J.P. (2024). Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches (6th ed.), *Quality & Quantity*, no. 58, 1011–1013. DOI: 10.1007/s11135-023-01798-2.

Tang, K.S., Cooper, G., Rappa, N., Cooper, M., Sims, C., Nonis, K. (2024). A Dialogic Approach to Transform Teaching, Learning & Assessment with Generative AI in Secondary Education: A Proof of Concept, *Pedagogies: An International Journal*, 19 (3), 493–503. DOI: 10.1080/1554480X.2024.2379774.

Trust, T., Whalen, J., Mouza, C. (2023). Editorial: ChatGPT: Challenges, Opportunities, and Implications for Teacher Education, *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 23 (1). Available at: <https://citejournal.org/volume-23/issue-1-23/editorial/editorial-chatgpt-challenges-opportunities-and-implications-for-teacher-education> (date accessed: 09.11.2025).

Van den Berg, G., du Plessis, E. (2023). ChatGPT and Generative AI: Possibilities for Its Contribution to Lesson Planning, Critical Thinking, and Openness in Teacher Education, *Education Sciences*, 13 (10), 998. DOI: 10.3390/educsci13100998.

Wardat, Y., Tashtoush, M., Alali, R., Saleh, S. (2024). Artificial Intelligence in Education: Mathematics Teachers' Perspectives, Practices and Challenges, *Iraqi Journal for Computer Science and Mathematics*, 5 (1), 60–77. DOI: /10.52866/ijcsm.2024.05.01.004.

Wu, T., He, S., Liu, J., Sun, S., Liu, K., Han, Q.L., Tang, Y. (2023). A Brief Overview of ChatGPT: The History, Status Quo and Potential Future Development, *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 10 (5), 1122–1136. DOI: 10.1109/JAS.2023.123618.

Yu, H., Guo, Y. (2023). Generative Artificial Intelligence Empowers Educational Reform: Current Status, Issues, and Prospects, *Frontiers in Education*, no. 8, 1183162. Frontiers Media SA. DOI: 10.3389/feduc.2023.1183162.

Zhou, X., Schofield, L. (2024). Using Social Learning Theories to Explore the Role of Generative Artificial Intelligence (AI) in Collaborative Learning, *Journal of Learning Development in Higher Education*, 30 (30). DOI: 10.47408/jldhe.vi30.1031.

Применение генеративного искусственного интеллекта в высшей школе Саудовской Аравии глазами преподавателей

Р. АЛСАХАФИ

Университет Джидды,
Университет Короля Абдул-Азиза,
Джидда, Саудовская Аравия;
e-mail: ralsahafi0063@stu.kau.edu.sa; ralsahafi@uj.edu.sa

Л. АЛФАЛКИ

Университет Короля Абдул-Азиза,
Джидда, Саудовская Аравия;
e-mail: lalmalki0081@stu.kau.edu.sa

Н. АЛ-АЛШЕЙХ

Исламский университет Имама Мохаммада Ибн Сауда,
Рияд, Саудовская Аравия;
Университет Короля Абдул-Азиза,
Джидда, Саудовская Аравия;
e-mail: nalsheikh0010@stu.kau.edu.sa; naalshikh@imamu.edu.sa

М. АЛИУБИ

Университет Короля Абдул-Азиза,
Джидда, Саудовская Аравия;
e-mail: malyobi0037@stu.kau.edu.sa

А. АЛЛАМ

Университет Короля Абдул-Азиза,
Джидда, Саудовская Аравия;
e-mail: aallam0019@stu.kau.edu.sa

М. АБДУЛЛА

Университет Короля Абдул-Азиза,
Джидда, Саудовская Аравия;
e-mail: maaabdullah@kau.edu.sa

Генеративный искусственный интеллект (GenAI) — это только возникающий в сфере образования, хоть и многообещающий инструмент, и его использование в классах все еще находится на ранней стадии развития. Следовательно, предлагаемая работа исследует осведомленность преподавателей высшей школы Саудовской Аравии и существующие практики,

а также предполагаемые проблемы использования GenAI в сфере образования. Данные были собраны с использованием онлайн-опроса 104 преподавателей высшей школы, а затем количественно проанализированы. Результаты анализа показали, что преподаватели в большинстве своем знакомы с использованием GenAI в образовании (66%), но регулярно используют его в преподавательской деятельности меньше (43%). Создание презентаций оказалось самым всеупотребительным случаем использования, а *ChatGPT* — самым используемым инструментом. Более того, половина участников продемонстрировали осведомленность о том, что GenAI может создать пристрастный или некорректный контент. Полученные результаты указывают на несколько проблем, препятствующих принятию GenAI в этой сфере; среди наиболее известных — нехватка технологических ресурсов (84%), ограниченный доступ к учебным программам (79%) и отсутствие специализированного вспомогательного персонала (78%). Звучали также опасения, что инструменты GenAI могут сократить возможности для сотрудничества и расширения знаний, а также навыков критического мышления. К общим проблемам также относится сохранение конфиденциальности, а также академическая честность. Следовательно, исследование дает своевременный взгляд на то, как новая технология проникает в высшую школу Саудовской Аравии, и подчеркивает необходимость обучения и поддержки инфраструктуры для обеспечения эффективной интеграции этой технологии в систему образования.

Ключевые слова: генеративный искусственный интеллект, образовательные технологии, педагогические практики, преподавательское восприятие, внедрение технологий.

SAID JEBARA

Multidisciplinary Laboratory in Educational sciences
and Training Engineering,
Higher Normal School (ENS-C),
Hassan II University of Casablanca,
Casablanca 20470, Morocco;
e-mail: said.jebara-etu@etu.univh2c.ma
ORCID: 0009-0002-2153-1938



YOUSSEF LGHAZI

Bio-Geosciences and Materials Engineering Laboratory,
Higher Normal School (ENS-C)
Hassan II University of Casablanca,
Casablanca 20470, Morocco



MUSTAPHA BASSIRI

Multidisciplinary Laboratory in Educational Sciences
and Training Engineering,
Higher Normal School (ENS-C),
Hassan II University of Casablanca,
Casablanca 20470, Morocco



Constraints, Challenges, and Innovation Issues for Integrating Virtual Lab Sessions in Life and Earth Sciences Education in Morocco

УДК: 37+004.8

DOI: 10.24412/2079-0910-2025-4-50-64

Information and Communication Technologies for Education play a central role in the Moroccan educational landscape. This article provides a comprehensive mapping of the constraints, challenges, and issues related to implementing virtual lab sessions in teaching Life and Earth Sciences in

© Said Jebara, Youssef Lghazi, Mustapha Bassiri, 2025

Morocco. The methodological approach used in this study is based on two main axes. On the one hand, a series of surveys was conducted among teachers and students to assess their perceptions of virtual labs, identify major obstacles, and suggest potential solutions. On the other hand, a qualitative analysis of current practices was conducted to establish the current state of virtual labs in Moroccan educational institutions. The results reveal that the limited use of virtual labs is due to obstacles such as lack of access to technological resources, the need for teacher training, and logistical challenges. Additionally, teachers often express reluctance to adopt these methods due to a lack of awareness or confidence in their effectiveness. By highlighting these challenges, the article recommends the implementation of specific strategies to promote a more successful adoption of virtual labs, primarily through teacher training, improved access to technological resources, and the gradual integration of virtual labs into the Life and Earth Sciences curriculum.

Keywords: educational innovation, ICT in education, virtual lab sessions, Life and Earth Sciences, pedagogical integration.

Introduction

Practical work in Life and Earth Sciences (LES) represents a fundamental component of science education. According to Millar (s. d.), it is defined as “any science teaching and learning activity in which students, working individually or in small groups, observe and / or manipulate the objects or materials they are studying.” This definition emphasizes the importance of direct observation and manipulation in practical sessions, enabling students to develop a deeper and more concrete understanding of scientific concepts.

Information and Communication Technologies for Education (ICTE) are opening up new opportunities for practical work in science. Simulations and virtual models can replicate laboratory experiments, granting students greater autonomy in their learning process while offering teachers innovative methods to enhance student engagement. These tools provide key advantages such as flexibility, safety, and personalized monitoring of student progress.

However, despite the rise of online learning platforms such as MOOCs, remote scientific experiments have not yet become widespread. The lack of appropriate equipment continues to pose a challenge to the implementation of practical activities. The integration of virtual labs (tele-practicals, e-labs), whether in-person or remote, therefore presents a complex technical and pedagogical issue that is currently the focus of numerous studies.

Previous research [Mastafi, 2014; Madhi, 2014] has highlighted the many challenges linked to the use of Information and Communication Technologies (ICT) in educational settings, particularly in scientific disciplines such as LES. Our study builds on these findings by focusing specifically on virtual practical work, an area that remains underexplored in the Moroccan context. Other studies [El Kartouti, Juidette, 2023; Btissam, Aziz, 2023; Benali et al., 2021] have reported significant improvements in student learning outcomes through ICT, a result that aligns with the objectives of our research centered on virtual labs. Nevertheless, few investigations have directly examined the contribution of virtual practicals in LES, where the use of simulations and virtual environments shows great promise for boosting student engagement and comprehension.

The analysis by Nafidi and Alami (s. d.) on the adoption of ICT by science teachers highlights key barriers to integration. Our study distinguishes itself by specifically addressing virtual practical work in LES, offering a fresh perspective on how these tools can enrich science education for Moroccan learners. This same study also demonstrates the effectiveness of digital simulations in the teaching of Earth Sciences, providing valuable support to

our research. It illustrates the positive impact that digital technologies can have on student learning, reinforcing the case for deeper integration of such tools into pedagogical practices in Morocco, especially in the sciences.

In this context, our research question is as follows: What is the current state of integration of virtual practical work in LES education in Morocco, and what are the main challenges to be overcome for successful implementation?

This central question can be broken down into the following sub-questions.

- 1) To what extent are virtual practicals currently used in Moroccan educational institutions?
- 2) What are the main obstacles and innovation challenges related to the adoption of virtual practical work in LES education in Morocco?
- 3) What are the perceptions of teachers and students regarding virtual practicals, and how do they compare in effectiveness to traditional in-person practical sessions?

This study follows a three-phase analytical approach. First, we assess the material and pedagogical limitations of traditional practical work in Moroccan schools. Second, we examine the actual adoption of digital tools in LES education, with a particular focus on virtual practicals. Lastly, we analyze teachers' and students' perceptions of these new methods before presenting recommendations for their effective integration into the Moroccan educational system.

Methodology

This study is based on a descriptive and exploratory approach, using two anonymous questionnaires designed to survey LES teachers and secondary school students in Morocco. The aim was to compare the perceptions of these two key actors in order to analyze current practices related to practical work, the use of educational technologies, as well as the barriers and enablers associated with the integration of virtual practical work in science education.

The questionnaires specifically aimed to gather information on:

- the condition and use of school laboratories;
- student involvement in experimental activities;
- perceived obstacles to traditional practical work;
- the use of ICT in LES courses and practical sessions;
- perceptions of virtual practical work as an alternative or complementary solution.

The instruments were distributed online (via *Facebook*, *WhatsApp*, and email), with the support of educational inspectors, school principals, and teachers. The responses were analyzed to identify general trends, perception gaps, and possible avenues for improving the integration of digital technologies into LES teaching.

Analysis and Interpretation of Results

We conducted this study during the 2023–2024 school year. The survey was carried out across several provincial delegations of the National Education in Morocco. Our study targeted a sample of 4 000 teachers and 2 500 secondary school students, distributed as detailed in the table below.

Table 1. Target population of the study

Group	Questionners sent	Responses received
Teachers	4 000	720
Learners	2 500	575

Results related to the teacher questionnaire

Section 1. General Information

This first section aims to analyze the influence of several contextual factors on the implementation of practical work in schools. These factors include age, level of education, teaching experience, class size, weekly workload, as well as the geographical location and type of institution.

The data show that the majority of surveyed teachers are between 30 and 40 years old (40%), followed by those over 40 years old (34%), while teachers under the age of 30 represent 26% of the sample.

Regarding academic background, 45% of respondents hold a bachelor's degree, 30% a master's degree, 12% a diploma from a teacher training college (ENS), 7% a doctorate, and 6% a CPR diploma.

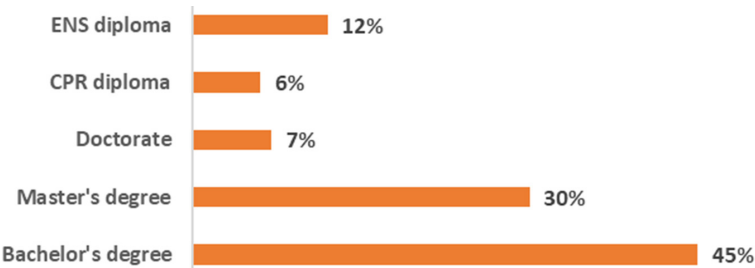


Fig. 1. Distribution of teachers by academic degree

The majority of teachers work in urban areas (75.4%), compared to 24.6% in rural settings. In terms of sector distribution, 97.7% of participants are employed in public schools, while only 2.3% work in the private sector. Concerning teaching experience, 30.8% report having between 5 and 10 years of experience, 26.3% more than 15 years, 21.7% between 10 and 15 years, and 21.14% less than 5 years.



Fig. 2. Distribution of teachers by teaching experience

Section 2. Teaching conditions and laboratories in institutions

The responses collected help to better understand the impact of teaching conditions on the implementation of practical work in schools.

With regard to weekly teaching hours, 45.7% of teachers report working 24 hours per week, while 44.5% report working 20 hours per week.

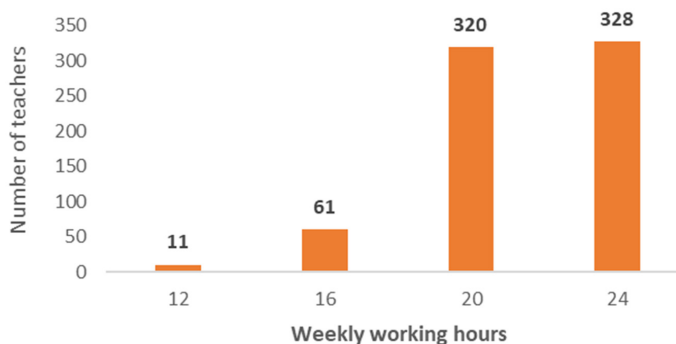


Fig. 3. Distribution of teachers by weekly teaching hours

In terms of class size, 86% of teachers supervise groups of 30 to 45 students, 9% work with fewer than 30 students, and 4% with more than 45 students.

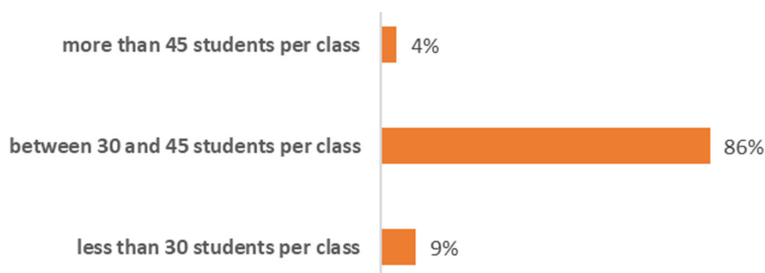


Fig. 4. Average class size as reported by teachers

Regarding the presence of a laboratory, all surveyed teachers report that their institution has a space dedicated to practical work. However, a large majority indicate that these laboratories are not always suitable for experimental activities. The frequency of practical sessions varies significantly: nearly 60% of teachers report organizing them rarely, while around 20% schedule them once a month.

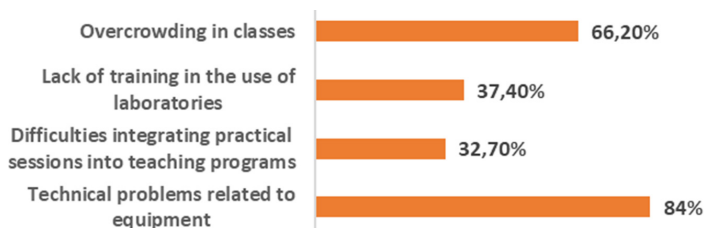


Fig. 5. Obstacles to implementing practical work as perceived by teachers

The main obstacles identified are technical in nature, mentioned by 84% of respondents (lack of equipment, expired materials). Oversized classes are reported by 66.2%, followed by insufficient training in the use of laboratory equipment (37.4%) and curriculum overload (32.7%).

Section 3. Use of ICTE in the teaching of LES

In this section, teachers were asked about the types of digital tools they use in LES classes, as well as their pedagogical purposes.

Regarding practical uses, 89.7% of teachers report using *PowerPoint* to present their lessons. *YouTube* videos are also widely used, with 72.9% of teachers indicating their use. Digital educational resources (software, animations, interactive modules) are used by 45%, while 35.5% rely on Internet searches to enhance their sessions. Digital encyclopedias are mentioned less frequently, at 10.3%.

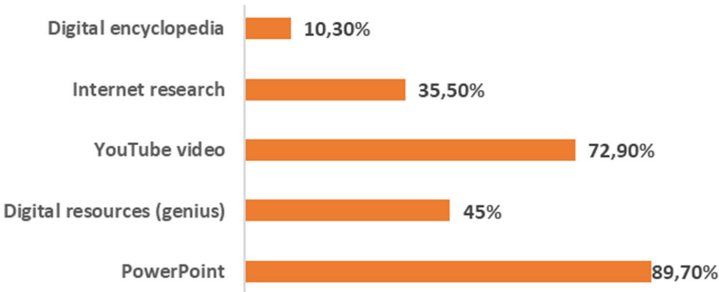


Fig. 6. Types of digital tools used by LES teachers

As for the pedagogical purposes of these uses, the majority of teachers (84.9%) report using ICT primarily to present visual content (slideshows, videos, images). Approximately 56.6% use them to carry out simulations of scientific phenomena. Just over a third (34.2%) employ them to support collaborative work, and 24.3% use them for formative or summative assessment.

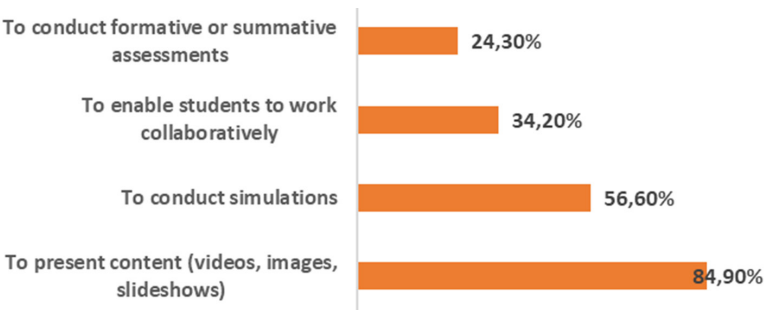


Fig. 7. Pedagogical purposes of ICT in LES according to teachers

Section 4. Use of Virtual Lab Sessions (Simulations)

This section aims to assess the use of ICT as an alternative to traditional practical work, through the analysis of their frequency of use, the resources involved, the perceived bene-

fits, and the limitations identified by teachers. Regarding laboratory equipment, 51.5% of teachers report having access to a computer and a projector, while 48.5% do not have either of these devices. On the question of replacing practical sessions with ICT tools, 80.5% of teachers report having already used digital tools to replace certain sessions, while 19.5% have never done so.

Among the main reasons mentioned are the lack of materials (87.9%), the complexity of carrying out certain practical activities in real conditions (49.3%), and time savings (47.1%). Other reasons include facilitating access to experiments outside class hours (22.9%), improving teaching effectiveness (22.1%), and reducing costs (15.7%).

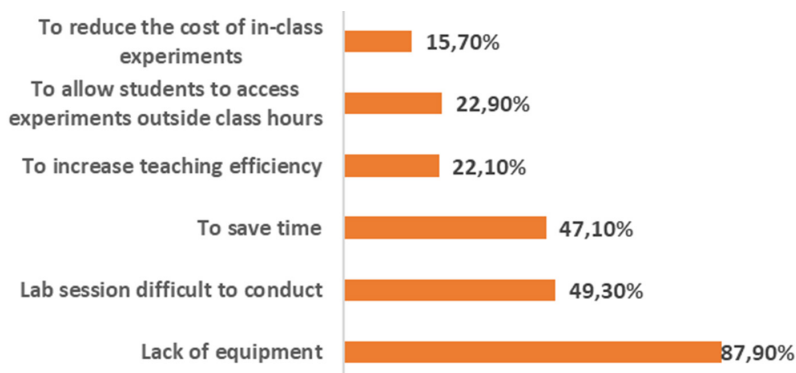


Fig. 8. Reasons for using ICT to replace certain practical sessions

The most commonly used tools during virtual practical sessions are animations (78.3%), digital resources (47.8%), simulation software (44.9%), and applications (29%).

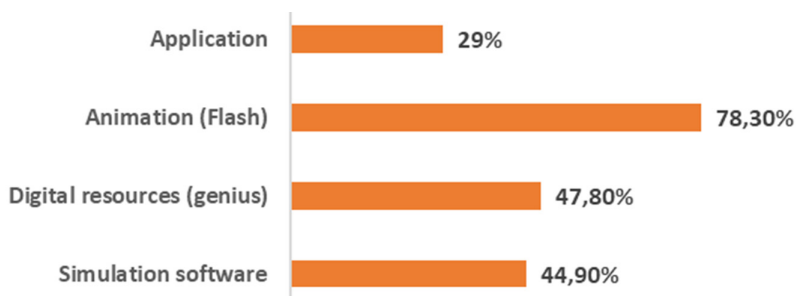


Fig. 9. Types of ICT use during the substitution of practical sessions

Regarding training, 42.9% of teachers report having received training in the use of ICT in LES, while 57.1% have never received such training. Skill acquisition was mainly achieved through self-training (60.3%), in-person training sessions (30.8%), online courses (17.8%), or collaboration with colleagues (26.7%).

Teachers identify several advantages of virtual practical work compared to traditional laboratory sessions. The most frequently cited benefits include reduced risks for students (58.5%), broader access to experimental activities (53.5%), ease of organization (52.4%), cost reduction (31.3%), and simplified preparation (45.6%).

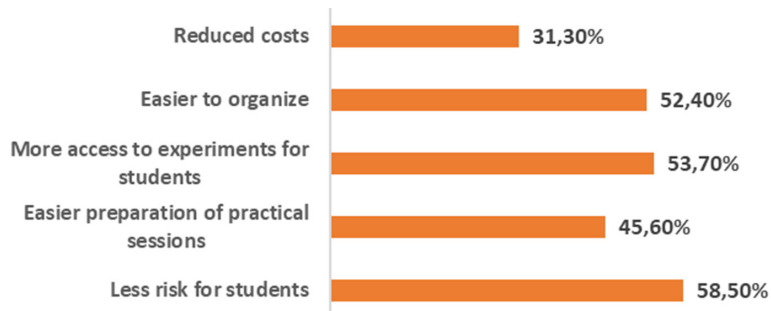


Fig. 10. Advantages of virtual practical work according to teachers

On the other hand, several limitations are also reported. The lack of physical contact with equipment is mentioned by 87.7% of respondents, followed by decreased student motivation (47.9%), difficulties in solving experimental problems (39%), and challenges in enforcing safety instructions (24.7%).

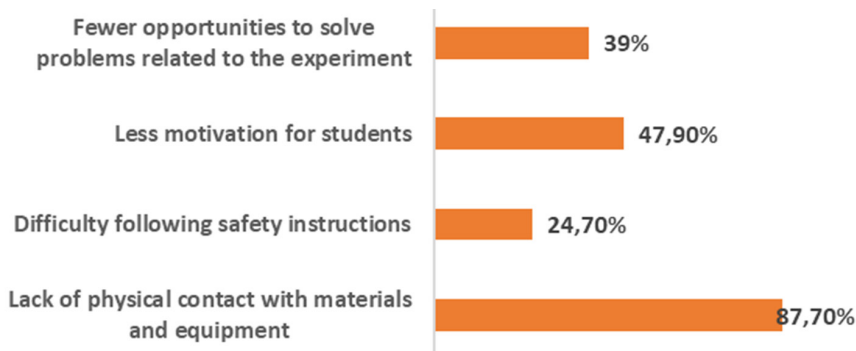


Fig. 11. Disadvantages of virtual practical work according to teachers

Finally, 74.8% of the teachers surveyed state that they would recommend the use of virtual practical work to their colleagues, while 25.2% would not.

Results Related to the Student Questionnaire

The analysis of responses to the questionnaire addressed to students provided significant information about the implementation and method of practical work in educational institutions.

Section 1. General Information

This section describes the general profile of the students who responded to the questionnaire. The variables collected relate to their level of education, the geographical location of their school, and other contextual information related to their learning environment.

The results show that the majority of participating students — 81.9% — are enrolled in upper secondary education, while 18.1% are in lower secondary education.

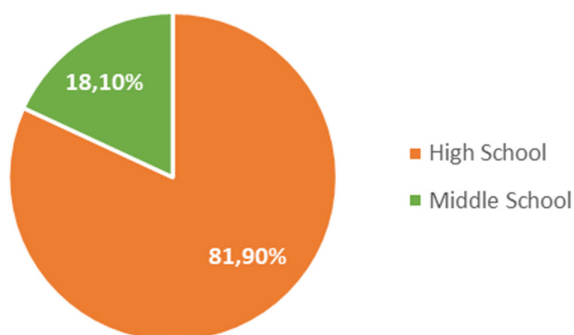


Fig. 12. Distribution of students by level of education

Next, students were asked to indicate whether their school was located in an urban or rural area. The results show that the vast majority of students (92.8%) attend school in an urban setting, while a minority (7.2%) are enrolled in rural schools.

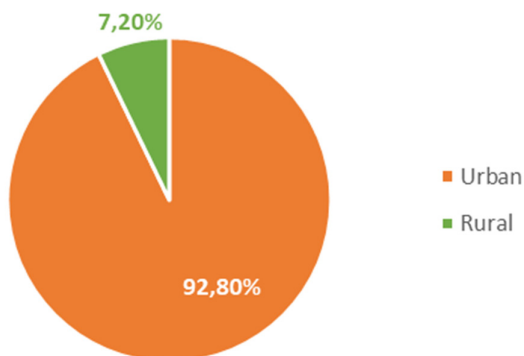


Fig. 13. Distribution of schools by geographical setting

Section 2. Use of ICT in the teaching of LES

In this section, students were asked about their experience with ICTE during LES classes, in terms of usage, accessibility, types of tools used, and their perceived impact on learning.

The results show that 76.8% of students report using ICT during LES sessions, while 23.2% state that they do not.

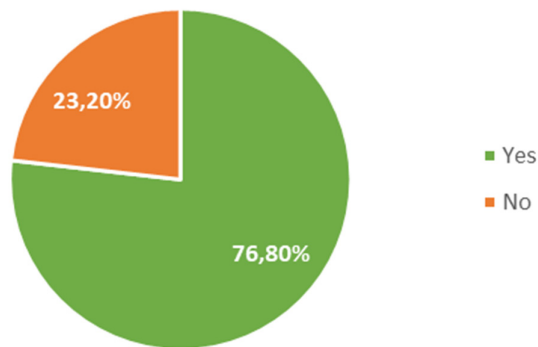


Fig. 14. Use of ICT in LES according to students

Regarding the most commonly used tools, 60.5% of students report watching *YouTube* videos, 58% conduct Internet searches, 55.6% use *PowerPoint* presentations, while 29.6% use digital resources and 7.4% rely on digital encyclopedias.

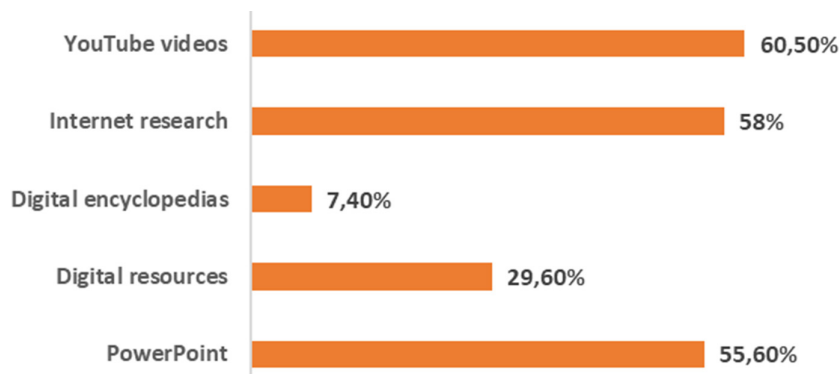


Fig. 15. Types of ICT tools used in LES according to students

In terms of access to ICT, 57.3% of students use school computers, 30.5% connect directly via the Internet, and 17.1% access ICT through applications installed on their personal devices.

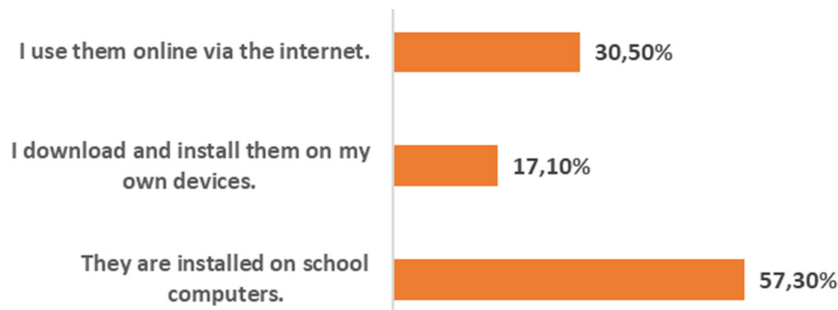


Fig. 16. Modes of access to ICT during LES sessions according to students

Regarding classroom motivation, 89% of students believe that the use of ICT makes LES lessons more engaging, while 11% do not share this view.

Finally, on the question of learning ease, 87.8% of students agree or strongly agree that ICT facilitates their learning, 9% disagree or strongly disagree, and 2.2% report being neutral.

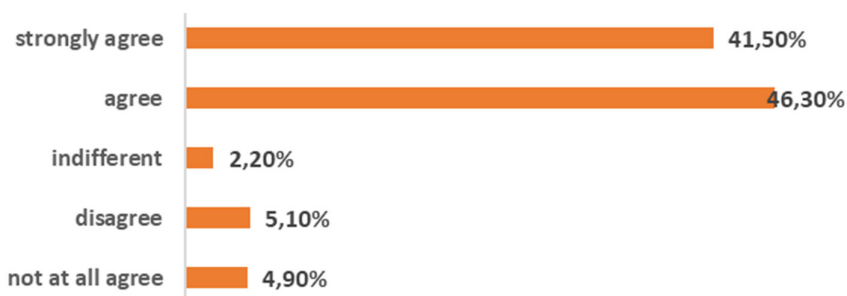


Fig. 17. Perceived impact of ICT on learning ease according to students

Section 3. Use of virtual labs (simulation)

In this section, students were asked about their use of ICT during practical work sessions, particularly as an alternative or complement to traditional laboratory activities. The results show that 59.3% of students report having used ICT to replace certain practical sessions, while 40.3% state that they have never done so in this context. When asked about the frequency of using digital resources to supplement practical work in class, 26.8% of students say they use them very often, 39% from time to time, 19.5% rarely, and 14.6% never.

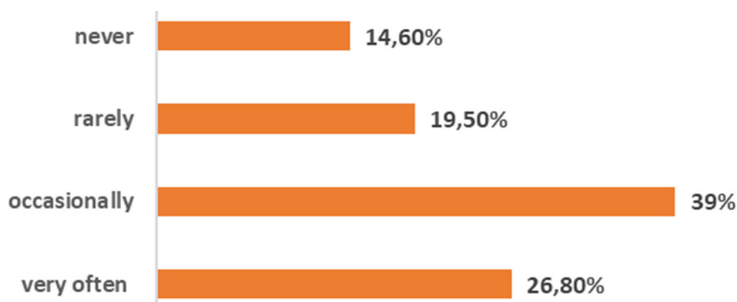


Fig. 18. Frequency of digital resource use to support practical work

Finally, students were asked to give their opinion on whether virtual practical work (simulators, interactive animations) could replace real-life experiments. The results reveal that 62.2% of students believe that ICT cannot replace hands-on experiences, while 37.8% think they can serve as a substitute.

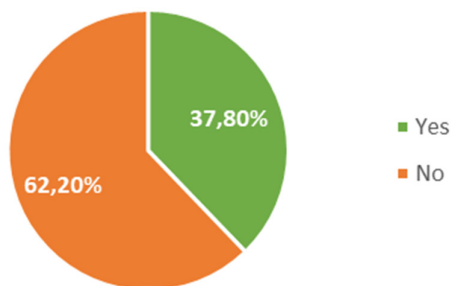


Fig. 19. Students' opinions on replacing real experiments with virtual practical work

Discussion of Results

The results obtained from both teachers and students provide valuable insight into the integration of virtual practical work in life and earth sciences education in Morocco. They highlight favorable perceptions, promising trends of adoption, as well as significant challenges that need to be addressed.

The analysis of life and earth sciences teachers' profiles reveals a predominantly young (30–40 years), qualified, and experienced workforce. This combination creates favorable conditions for the adoption of pedagogical innovations, provided that teachers are supported through targeted training programs. Disparities between urban and rural areas, particularly in terms of equipment, underscore the need for inclusive policies to ensure equitable access to digital resources.

On an organizational level, constraints related to teaching workload, class size, and inadequate laboratory facilities represent significant barriers to the implementation of traditional practical work. These findings reinforce the relevance of alternatives such as virtual practical work, which can help address certain structural limitations.

LES teachers already make extensive use of ICT in their teaching practices — *Power-Point*, videos, simulations, and digital resources are commonly employed. This familiarity with digital tools provides a fertile ground for the gradual introduction of virtual practical work. However, the success of this transition depends on institutional support, access to quality resources, and ongoing professional development.

The results indicate a relatively widespread adoption of virtual practical activities (tele-TP). Their use is primarily driven by the lack of equipment, the complexity of conducting certain experiments, and the search for practical logistical solutions. Teachers recognize several benefits, including reduced risk, increased accessibility, and time efficiency. Nevertheless, important limitations remain: lack of direct contact with materials, reduced student motivation, and difficulty in replicating all dimensions of hands-on experimentation.

These findings advocate for the complementary integration of tele-TP alongside traditional practical work, rather than as a full replacement. The fact that most teachers recommend tele-TP to their peers reflects a generally positive attitude toward this approach.

From the students' perspective, ICT is generally perceived positively. It makes lessons more engaging and facilitates understanding. The variety of tools used reflects a diversity of digital learning practices. However, access to resources remains unequal, particularly

depending on school location or availability of personal devices. This highlights issues of digital equity that must be considered in any virtual practical work integration strategy.

Regarding tele-TP, while students acknowledge their usefulness, the majority believe they cannot fully replace real-life experiments. This perspective echoes that of the teachers and underlines the importance of combining virtual and hands-on approaches to provide a well-balanced and effective scientific learning experience.

Conclusion

Our study highlights the potentials and challenges associated with the integration of virtual labs in the teaching of life and earth sciences in Morocco. Through the analysis of perceptions and experiences of teachers and learners, it is evident that virtual labs offer significant opportunities to enrich LES education. They provide a flexible, safe, and interactive pedagogical approach, capable of overcoming some of the inherent limitations of traditional lab work. However, the results also emphasize major obstacles to their widespread adoption, including the lack of access to necessary technological equipment, variability in access to digital resources, and the increased need for teacher training in the use of these innovative technologies.

The general enthusiasm for virtual labs, as shown by the positive recommendation of their use by a majority of teachers, suggests a fertile ground for their further integration into the LES curriculum in Morocco. However, this study underscores the importance of a balanced approach that seeks not to replace, but rather to complement traditional labs with virtual practices. Combining both methods appears to be the most promising way to offer a complete and enriching learning experience to students.

To foster a broader and more effective adoption of virtual labs, it is crucial to invest in improving technological infrastructure within educational institutions, develop targeted training programs for teachers, and devise pedagogical strategies that fully leverage the benefits of virtual labs while addressing their limitations. The future of LES education in Morocco will largely depend on the educational system's ability to seamlessly integrate technological innovations into its pedagogical practices, in order to prepare students to navigate an increasingly digitalized world.

References

- Alj, O., Benjelloun, N. (2013). Integration of ICT in the Teaching of Physical Sciences in Morocco within the Framework of the GENIE Program: Difficulties and Obstacles, *International Journal of Technologies in University Teaching*, 10 (2), 49–65.
- Benali, M., Boukare, M., Elouelji, S., Blej, M. (2021). Moroccan Teachers' Readiness to Adopt Open Educational Resources: Current Situation and Perspectives, *ITM Web of Conferences*, no. 39, 03010. DOI:10.1051/itmconf/20213903010.
- Bitssam, I.L., Aziz, B. (2023). ICT and Teachers' Pedagogical Training: An Integrated Approach — Case of Primary Education: Fès–Meknès Region, *SHS Web of Conferences*, no. 175, 01046. DOI: 10.1051/shsconf/202317501046.
- El Hassouny, E., Kaddari, F., Elachqar, A., Alami, A. (2014). Teaching / Learning Mechanics in High School with the Help of Dynamic Software, *Procedia — Social and Behavioral Sciences*, no. 116, 4617–4621.

El Kartouti, S.E., Juidette, S. (2023). The Impact of ICT Use in Education on Improving the Learning of School Students, and Its Consequences on the Environment, *SHS Web of Conferences*, no. 175, 01015. DOI: 10.1051/shsconf/202317501015.

Madhi, Y. E. (2014). Constraints Related to the Integration of ICT in the Teaching of Life and Earth Sciences in Morocco.

Mastafi, M. (2014). *Obstacles to the Integration of Information and Communication Technologies (ICT) in the Moroccan Educational System*.

Millar, R. (n. d.). *Analysing Practical Activities to Assess and Improve Effectiveness*.

Nafidi, Y., Alami, A. (n. d.). *Impacts of the Use of a Digital Simulation on Learning in Earth Sciences*.

Ограничения, вызовы и проблемы интеграции занятий в виртуальной лаборатории в процесс преподавания наук о земле и о жизни в Марокко

САИД ЖЕБАРА

Университет Хасана II в Касабланке,
Касабланка, Марокко;
e-mail: said.jebara-etu@etu.univh2c.ma

ИОССЕФ ЛГАЗИ

Университет Хасана II в Касабланке,
Касабланка, Марокко

МУСТАФА БАССИРИ

Университет Хасана II в Касабланке,
Касабланка, Марокко

Информационно-коммуникационные технологии в образовании (ICTE) играют главную роль в системе образования Марокко. Предлагаемая статья представляет комплексный анализ ограничений, вызовов и проблем, относящихся к проведению занятий в виртуальной лаборатории в процессе преподавания наук о земле и наук о жизни в Марокко. Методологический подход, использованный в этом исследовании, основан на двух основных осях. С одной стороны, была проведена серия опросов среди учителей и учащихся, чтобы оценить их восприятие виртуальных лабораторий, выявить основные препятствия и предложить возможные решения. С другой стороны, был проведен качественный анализ современных практик, чтобы установить текущее состояние виртуальных лабораторий в марокканских образовательных учреждениях. Результаты показывают, что препятствиями, ограничивающими использование виртуальных лабораторий, являются отсутствие доступа к технологическим ресурсам, необходимость подготовки учителей и логистические проблемы. Кроме того, учителя часто выражают нежелание использовать эти методы по причине недостаточной осведомленности или недостаточной уверенности в их эффективности. Подчеркивая эти проблемы, авторы статьи рекомендуют реализацию конкретных стратегий для продвижения более успешного внедрения виртуальных лабораторий, прежде всего — подготовку учителей,

улучшение доступа к технологическим ресурсам и постепенность в интеграции виртуальных лабораторий в программы наук о земле и о жизни.

Ключевые слова: инновации в образовании, ИКТ в образовании, занятия в виртуальной лаборатории, науки о жизни и о земле, педагогическая интеграция.

YASSINE RAHMANI

PhD student (Education Sciences),
Higher Normal School,
Hassan II University of Casablanca,
Casablanca, Morocco;
e-mail: yassine.rahmani@enscasa.ma



BRAHIM NACHIT

Doctor of Didactics of Mathematics,
Professor of Didactics of Mathematics, Higher Normal School,
Hassan II University of Casablanca,
Casablanca, Morocco;
e-mail: nachitbrahim@yahoo.fr



MUSTAPHA BASSIRI

Doctor of Training Engineering and Didactics
of Sciences and Technology,
Professor of Training Engineering, Higher Normal School,
Hassan II University of Casablanca,
Casablanca, Morocco;
e-mail: bassiri.mustapha@gmail.com



The Impact of Online Peer Assessment on the Construction of ICT Skills and Student Performance

УДК: 37+004.8

DOI: 10.24412/2079-0910-2025-4-65-76

Online peer assessment is an evaluation tool that allows the student to make a value judgment on the work of peers. This method supports student-centered learning and aims to reinforce their knowledge through abundant comments and reflective judgment. The current study seeks to examine the impact of frequent online peer assessment on the construction of the student's skills in Information and Communication Technology and consequently on their performance in the final exam. To achieve this objective, a two-step approach was adopted. Firstly, a questionnaire that allowed a multidimensional

census of student satisfaction with this evaluation method. Secondly, Learning Analytics which made it possible to group students according to their frequent participation in scheduled peer assessments, and then compare them according to their final exam marks of the module. The results showed that the students who frequently participated in the scheduled peer assessments were satisfied with the contribution of this experience to their learning, and the comparison test demonstrated that students' grades in the final exam have been improved due to their frequent participation in peer assessments. The current findings forecast that the frequent online peer assessment could be a better support for students learning and consequently improving their results.

Keywords: online peer assessment, LMS, frequent assessment, blended learning.

Introduction

The traditional practice of assessment is focused on the summative function and the feedback of information from the teacher, resulting in a simple evaluation of learning and making the learner a passive receiver of the information [Letina, 2015].

Teaching has evolved from a unidirectional transition of knowledge towards the creation of learning communities where knowledge is generated in a collaborative manner [Loureiro, Gomes, 2023]. Increased technological development and the need for the development of 21st century skills [Saykili, 2019] have forced educational stakeholders to integrate alternative assessment methods into their educational scenarios. Online peer assessment (OPA) is one of these methods.

Learning with peers is a key skill highly required for lifelong learning, OPA improves learning of students, effectiveness and critical thinking while promoting the proliferation of professional skills, such as thinking skills, decision-making, and autonomy [Hoang et al., 2022]. Appropriating the required standards and being able to evaluate the work of peers in their light, involves students in a process of self-reflection, which improves their understanding of the course content [Amendola, Miceli, 2018], encourages them to optimize their productions, and strengthens their critical thinking [Zhang et al., 2021].

Adopting OPA as a programmatic or frequent assessment can help learners stay focused on the material being taught. It provides frequent feedback, whether from teachers or their peers, and allows the regulation of learning [I. Day et al., 2021]. On the one hand, the OPA allows learning gains compared to traditional assessments, and on the other hand, it ensures speed of delivery and portability. The learner can be informed outside of regular course hours [Carless, Boud, 2018], which will increase their contact with the material and allow them to conceptualize reflective feedback on their learning and that of their peers.

Programmatic evaluation is an evaluation design spread out along the training course, comprising several lightly weighted evaluations that inform both the student and the teacher on the evolution of learning and can be grouped together in failure/success decisions [I.N.Z. Day et al., 2018]. A programmatic assessment designed according to a rational methodology optimizes learning because it increases the time spent by students on the task and helps them to better distribute their study effort [van der Vleuten et al., 2012].

The aforementioned advantages are proven in advanced educational systems where the learner acts in an innovative and mediated environment from a young age. In Morocco, traditional evaluation governs the evaluative practices of teachers, the use of alternative evaluative practices such as peer assessment either in class or digitally remains very rare [Abder-

rahmane, 2019]. Moreover, all of the students involved in this research do not have previous experience in peer assessment.

Through this study, we will examine the impact of a programmatic evaluation based on OPA on the development of skills of students of the first-year physical education and sports teaching license in information and communication technology in teaching (ICT) and consequently on the marks obtained in the final exam of the module.

There are two fundamental questions that arise:

- Are students satisfied with the programmatic assessment, and do they identify its effect on the development of their ICT skills?
- Does the frequency of OPA positively affect learner's results in the final exam?

For this last question, we put the following two hypotheses:

H0: Frequent OPA has no significant impact on improving student's performance in the final exam.

Ha: Frequent OPA has a significant positive impact on improving student's performance in the final exam.

Methodology

Study context

The study took place at the Higher Normal School of Tétouane, Morocco, during the first semester of the 2022–2023 academic year, it addresses students ($n = 204$) of the first year of the physical education and sports teaching license enrolled in the module Technology Information and Communication for Teaching (ICT1). This module aims at introducing students to the new digital technologies and their integrating them into the teaching field.

The ICT1 module was designed in hybrid mode (face-to-face courses, remote programmatic assessments) by adopting a project-based pedagogy. Three OPA were scheduled throughout the semester (rewarded by 10% of the continuous assessment grade for each), while the final exam of the module was organized in person.

We have created a Moodle platform (*tice.gnomio.com*) to host the scheduled assessments and facilitate the extraction of learning analytics. As all of the students had no prior experience in using Moodle or in OPA, a special attention was paid to support and training.

We provided technical support in the form of a tutorial to access the platform, as well as simulations of the OPA phases in Moodle. An outsourced technical help area of the platform has also been made available to students. The evaluation grids were presented and discussed with the students during the sessions preceding the opening of each OPA workshop. The design of these workshops borrowed the typology of Adachi: [Adachi *et al.*, 2018].

In each of the OPA, students were asked to solve a problem encountered in the teaching of physical education and sports using ICT, then submit their project on the platform for peer assessment. Each student evaluated 4 projects, and theirs was evaluated by 4 peers to ensure a good level of reliability in accordance with the literature on this subject [Falchikov, Goldfinch, 2000; Li *et al.*, 2016]. Providing a numerical score and at least one qualitative piece of feedback for each project was mandatory to mark the assessment task as completed.

At the end of each evaluation workshop, a regulatory session was organized to discuss both, the evaluation process and the quality of the projects in light of the scores and feedback given by the peer evaluators. Samples of the highest and lowest rated projects, as well as their corrections, were presented anonymously. This phase aimed to highlight the strong

and weak points of the projects and provide instructions on the ethics of feedback provided to peers. Figure 1 summarizes the process that we followed to implement this OPA.

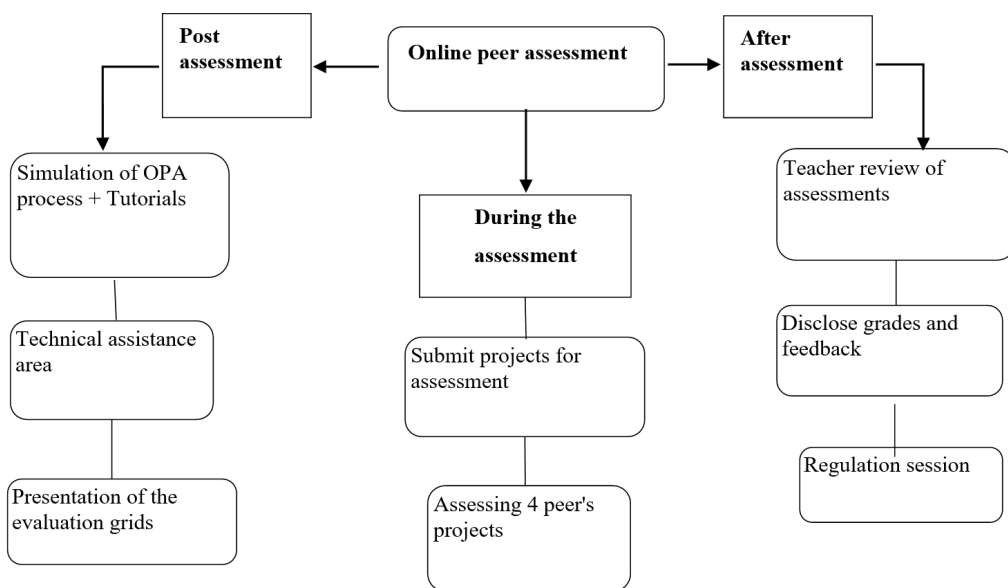


Fig. 1. Online peer assessment implementation process

Research design

A two-step approach was adopted in this study to answer the research questions. First, to measure learner satisfaction with programmatic assessments through a questionnaire, we referred to the first level of the Kirkpatrick model [Kirkpatrick, 1996] revisited by War and Bounce [Warr, Bunce, 1995], which identifies three facets of satisfaction. To achieve an in-depth understanding of learner satisfaction with OPA, we examined the data using descriptive statistics and then assessing the correlation strength between each pair of facets [Schober et al., 2018].

Secondly, to measure the impact of the frequency of the OPA on the results of the learners, we checked by crossing the results of the learners in the final exam with the number of the OPA in which they participated, through an Anova one-way test.

Data collection and analysis

To measure learner satisfaction, data were collected using an online questionnaire via Google Form addressed to students who participated in at least two scheduled OPA workshops ($n = 115$).

Learner satisfaction was evaluated on the spot by a questionnaire built on a 5-points Likert scale. The questionnaire focused on reported enjoyment (2 items), perceived usefulness (5 items) and perceived difficulty (1 item). The 8 items were intended for the 115 students. A good internal consistency has been achieved, Cronbach's Alpha = 0,717.

The questionnaire results were collected and then coded in SPSS statistics v26 to generate descriptive statistics and the potential correlations between the three facets. The five

points of the Likert scale are converted into intervals to situate the results obtained [Pimentel, 2010], table 1. The means obtained through a questionnaire are modeled on this table to define the degree of agreement.

Table 1. Scoring range of Likert scale of the survey

Likert Scale	Interval	Description
1	1–1,8	Strongly disagree
2	1,8–2,6	Disagree
3	2,6–3,4	Neither agree nor disagree
4	3,4–4,2	Agree
5	4,2–5	Strongly agree

To cross-reference the grades of students (dependent variable) with their frequency of participation in the OPA (independent variable), Learning Analytics extracted from the platform were used to form 4 groups according to the frequency of participation in the OPA:

- Group 1: those who participated in all 3 OPA;
- Group 2: those who participated in 2 OPA;
- Group 3: those who participated in just one OPA;
- Group 4: those who participated in none of the OPA.

After forming the groups, an exhaustive list of grades and numbers of participations in the OPA was established. A one-way Anova test [Howell, 2013] was conducted to determine the differences between the groups formed in terms of final exam results.

Results and Discussions

Questionnaire results

First, we evaluated the reactions of the students to the OPA workshops scheduled throughout the module, with three facets of satisfaction through a questionnaire. The descriptive statistics are presented in table 2.

Table 2. Descriptive statistics of the Likert scale questionnaire

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Reported Enjoyment	115	2,00	5,00	4,37	0,61
Perceived Usefulness	115	3,00	5,00	4,3	0,44
Perceived Difficulty	115	2,00	5,00	4,40	0,64
Valid N (listwise)	115				

For the reported enjoyment facet, we asked students whether they enjoyed this new assessment experience, the majority of them totally agreed ($M = 4.37$, $SD = 0.61$) that assessing peers and receiving feedback from them was a satisfying experience.

The perceived usefulness questions focused attention on the relationship between the improvement of students' ICT skills and participation in OPA workshops, ($M = 4.34$, $SD = 0.43$) which affirms a consensus among students towards the positive effect of OPA frequency on their skills development.

For the last facet concerning the difficulties encountered, we asked the students if the gain in competence deserves the time and cognitive investment spent ($M = 4.40$, $SD = 0.65$), indicating that the students do not regret the time and effort spent in the OPA workshops, this facet has the highest standard deviation, suggesting more variation in experiences compared to the other two facets.

Second, to examine the strength of the correlation between the three facets of satisfaction and to gain a deeper understanding of their interconnection, we opted for the correlation analysis of Spearman (table 3).

Table 3. Strength of correlation between the three facets of satisfaction

		Reported Enjoyment	Perceived usefulness	Perceived difficulty
Reported Enjoyment	Correlation Coefficient	1,000	,463**	,450**
	Sig. (2-tailed)	.	,000	,000
	N	115	115	115
Perceived Usefulness	Correlation Coefficient	,463**	1,000	,362**
	Sig. (2-tailed)	,000	.	,000
	N	115	115	115
Perceived Difficulty	Correlation Coefficient	,450**	,362**	1,000
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	.
	N	115	115	115

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

All correlations were positive (0.463, 0.450, 0.362), indicating a positive linear relationship between each facet pair. These values suggest a weak to moderate correlation (ρ between 0.3 and 0.69). The results also showed that all the P values were lower than 0.01 attesting that the observed correlations are statistically significant.

Strength of correlation between reported enjoyment and perceived usefulness (0.463): here we observed a moderate correlation, students who appreciated the paired evaluation process also tended to perceive it as beneficial in terms of acquisition of knowledge and ICT skills.

Strength of correlation between reported enjoyment and perceived difficulties (0.450): these two facets also correlate moderately with each other; the students appreciated this new evaluation method despite the cognitive investment and the additional workload that it requires.

Strength of correlation between reported enjoyment and perceived usefulness (0.362): We observed a positive association between these two facets, but it was slightly weaker than the previous correlations. Students perceive the OPA as beneficial to their course, despite the effort required to participate in it, which remains remarkable.

Anova test results

We first conducted a normality test (table 4). The Kolmogorov — Smirnov normality test revealed that the distribution of student's final grades was normal ($P > 0.05$) in all study groups, which allowed us keep the null hypothesis h_0 and carry out the parametric Anova test.

Table 4. Kolmogorov — Smirnov normality test

	OPA_participation	Kolmogorov — Smirnov		
		Statistic	df	Sig.
Student's grades	Never participated to OPA	0,129	33	0,174
	Participated 1 time to OPA	0,110	56	0,091
	Participated 2 times to OPA	0,075	77	0,200
	Participated 3 time to OPA	0,137	38	0,069

To measure the impact of OPA frequency on student grades and compare the averages obtained by each group, we conducted a one-way Anova test (table 5) to identify the relationship between the final exam scores of students and OPA frequency.

Table 5. One-way Anova test result for student grades and participation in OPA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig*.
Between Groups	1282,527	3	427,509	162,729	,000
Within Groups	525,426	200	2,627		
Total	1807,953	203			

* $P < 0,05$.

The results showed that the groups had significant differences in the grades obtained, with a Fisher index well above ($F = 162.729$). The P value ($P = 0.000$) confirms that there are at least two groups that are significantly different from each other in terms of the score obtained on the final exam. Eta squared ($\eta^2 = 0.709$), indicating a large effect of the frequency of OPA on grades of students. These results led us to retain the alternative hypothesis H_a . To compare all the groups with each other one by one, we opted for a Tamhane post-hoc test (table 6).

Table 6. Intergroup Comparison by Tamhane post-hoc test

(I) OPA_participation	(J) OPA_participation	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
Never participated to OPA	participated 1 time to OPA	-2,71631*	,46376	,000
	participated 2 times to OPA	-5,76136*	,42256	,000
	participated 3 times to OPA	-7,40969*	,45858	,000
Participated 1 time to OPA	never participated to OPA	2,71631*	,46376	,000
	participated 2 times to OPA	-3,04505*	,27432	,000
	participated 3 times to OPA	-4,69337*	,32710	,000
Participated 2 times to OPA	never participated to OPA	5,76136*	,42256	,000
	participated 1 time to OPA	3,04505*	,27432	,000
	participated 3 times to OPA	-1,64833*	,26547	,000
Participated 3 times to OPA	never participated to OPA	7,40969*	,45858	,000
	participated 1 time to OPA	4,69337*	,32710	,000
	participated 2 times to OPA	1,64833*	,26547	,000

* The mean difference is significant at the 0.05 level.

The Tamhane test, which allows multiple comparisons to be made between groups one by one, gave P values that were well below 0.05 ($\text{sig} = 0.000$), this shows that the average of

the results obtained by each group differs significantly from the other groups. Inter-group comparisons showed that the differences in final exam scores between groups increased as a function of the frequency of participation in the scheduled OPA. As a result, the difference in averages obtained in the final exam of the module rose to ($I - J = 7.40$) points between group 4 and 1, then gradually decreases to a value of ($I - J = 1.64$) points if we compare the scores obtained by groups 1 and 2, but it remains significantly different.

Quantitatively speaking, the grades obtained by each group in the final exam show that the performance of learners improves with their participation in programmatic assessment, as shown in table 7.

Table 7. The obtained average score for each group

Student's grades	N	Mean	Std. Deviation	95% Confidence Interval for Mean	
				Lower Bound	Upper Bound
Never participated to OPA	33	7,1364	2,29200	6,3237	7,9491
Participated 1 time to OPA	56	9,8527	1,76907	9,3789	10,3264
Participated 2 times to OPA	77	12,8977	1,22117	12,6206	13,1749
Participated 3 times to OPA	38	14,5461	1,39358	14,0880	15,0041
Total	204	11,4369	2,98432	11,0249	11,8489

This table shows that students who never participated in the OPA had the lowest average score (7.13). A gradual increase in the average exam score was observed with a higher frequency of participation in the OPA. As a result, students who participated in all scheduled OPA obtained the highest average score (14.54). We also observe that the standard deviation generally decreased with increasing participation, suggesting a closer distribution of scores around the mean in groups with higher OPA participation.

Discussion

Previous studies have demonstrated that OPA is one of the most effective methods to motivate learners [Saeedi *et al.*, 2021], involve them in the construction of their learning, and develop their transferable skills [Tai *et al.*, 2016].

Our research reinforced these claims in Moroccan context. The study of satisfaction has been dissected into three facets; we have emphasized the usefulness facet perceived by the learner of the frequency of OPA on the development of skills in ICT. This facet of satisfaction can be associated with the development of domain-specific skills and changes in behavior in an authentic situation [Yennek, 2015]. The analysis of the questionnaire showed that the learners are completely satisfied with the contribution of this method of evaluation to the construction of their skills. They greatly appreciated the fact that they had frequent feedback and the opportunity to compare their projects with those of their peers. This may be due to the anonymity that governs the evaluation process, which improves student's perceptions of the learning value of activity [Panadero, Alqassab, 2019], but also to the frequency of OPA, which each time allows the student to conduct a reflective review of his projects in light of what he consults and the feedback he receives.

The Spearman correlation test demonstrated that the three facets of satisfaction are well correlated. The students appreciated the fact of evaluating the work of their peers and receiving feedback from them; they also perceived the frequency of the OPA as beneficial

to the development of their ICT skills, despite the intellectual investment required for complete peer assessment workshops.

However, the correlation between reported enjoyment and perceived usefulness was the weakest. This implies that gaining ICT skills through the OPA required a remarkable effort from students. This finding was expected because we were looking to increase student contact with the course through programmatic assessment.

To consolidate the positive findings detected by the questionnaire, we cross-referenced the results obtained by the learners in the final exam of the module with the number of participants in the OPA. The ANOVA test leaves no doubt about the positive effects of OPA frequency on learner performance. The statistical results showed significant differences between the groups in terms of performance in the final exam, bearing in mind that all the students had the same starting point regarding the use of ICT in teaching.

The group that had high averages is the one that participated in all the OPA scheduled along the module; this can be attributed to the large number of projects consulted (4 projects per evaluation, i. e., 12 in total) and also to the amount of feedback received from peers, which undoubtedly provided considerable support for their learning. We also found that the averages obtained in the final exam decreased with the decrease in participation in the programmatic assessments, which may be due to the nature of the pedagogical system based on the construction of learning by the learners. However, when learners avoided the OPA activity or only participated in it to a limited extent, they had less chance to identify their strengths, their weaknesses and then regulate them.

Conclusion

This study aimed to determine the contribution of a programmatic OPA to learning of the students in ICT. We explored this contribution by taking two paths. The first was the measurement of student satisfaction with this evaluation strategy, while the second made it possible to detect the existence of significant differences in scores obtained by the students, depending on their frequency participation in OPA.

Generally, numerous studies have mentioned the role of the OPA as a learning facilitator for students engaged in this process [Hodgson *et al.*, 2014], it allows the reception of diversified information on the quality of the work submitted and consequently guarantees the opportunity to improve learning [Iglesias Pérez *et al.*, 2022]. We mention that the majority of these studies come from developed countries where students are accustomed to new evaluation strategies such as OPA and to the uses of ICT in teaching.

In our study, the results of the questionnaire or the ANOVA test made it possible to prove a positive contribution of this evaluation strategy to the learning of the students who participated permanently, knowing that all of the students involved in this study are novices in ICT and have no previous experience with traditional or online peer assessment.

However, the reproduction of such results requires careful design of the evaluation system while ensuring permanent support for students during the various OPA phases. The post-assessment regulatory sessions also play an important role, because, alongside the regulatory function, it encourages students to take the process seriously, knowing that their artifacts and their evaluations are controlled by the teachers.

In conclusion, this study reinforced the findings of previous studies that validated the importance of OPA in building skills, promoting learning, and demonstrating its positive

impact on student outcomes. However, the transfer of the skills acquired in ICT to the professional environment thanks to this experience requires a more in-depth study and a follow-up of the students in their professional situation.

References

- Abderrahmane, B. (2019). Alternative Assessment and English Language Teaching and Learning in Morocco: High School Teachers' Perceptions and Favourite Methods and Techniques, *Education and Training Paths*, 2 (2), Article 2. DOI: 10.48403/IMIST.PRSM/massalek-v2i2.20171.
- Adachi, C., Tai, J., Dawson, P. (2018). A Framework for Designing, Implementing, Communicating and Researching Peer Assessment, *Higher Education Research & Development*, 37 (3), 453–467. DOI: 10.1080/07294360.2017.1405913.
- Amendola, D., Miceli, C. (2018). Online Peer Assessment to Improve Students' Learning Outcomes and Soft Skills, *Italian Journal of Educational Technology*, 26 (3), 71–84. DOI: 10.17471/2499-4324/1009.
- Carless, D., Boud, D. (2018). The Development of Student Feedback Literacy: Enabling Uptake of Feedback, *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 43 (8), 1315–1325. DOI: 10.1080/02602938.2018.1463354.
- Day, I., Admiraal, W., Saab, N. (2021). Designing Assessment and Feedback to Improve Student Learning and Student Success, in M. Shah, S. Kift, L. Thomas (Eds.), *Student Retention and Success in Higher Education. Institutional Change for the 21st Century* (pp. 217–249), Palgrave Macmillan. DOI: 10.1007/978-3-030-80045-1_11.
- Day, I.N.Z., van Blankenstein, F.M., Westenberg, M., Admiraal, W. (2018). A Review of the Characteristics of Intermediate Assessment and Their Relationship with Student Grades, *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 43 (6), 908–929. DOI: 10.1080/02602938.2017.1417974.
- Falchikov, N., Goldfinch, J. (2000). Student Peer Assessment in Higher Education: A Meta-Analysis Comparing Peer and Teacher Marks, *Review of Educational Research*, 70 (3), 287–322. DOI: 10.2307/1170785.
- Hoang, L.P., Le, H.T., Van Tran, H., Phan, T.C., Vo, D.M., Le, P.A., Nguyen, D.T., Pong-Inwong, C. (2022). Does Evaluating Peer Assessment Accuracy and Taking It into Account in Calculating Assessor's Final Score Enhance Online Peer Assessment Quality?, *Education and Information Technologies*, 27 (3), 4007–4035. DOI: 10.1007/s10639-021-10763-1.
- Hodgson, P., Chan, K., Liu, J. (2014). Outcomes of Synergetic Peer Assessment: First-Year Experience, *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 39 (2), 168–178. DOI: 10.1080/02602938.2013.803027.
- Howell, D.C. (2013). Simple Analysis of Variance, in David C. Howell, *Statistical Methods for Psychology*, 8th ed., International ed. (pp. 325–368), Wadsworth Cengage Learning.
- Iglesias Pérez, M.C., Vidal-Puga, J., Pino Juste, M.R. (2022). The Role of Self and Peer Assessment in Higher Education, *Studies in Higher Education*, 47 (3), 683–692. DOI: 10.1080/03075079.2020.1783526
- Kirkpatrick, D. (1996). Great Ideas Revisited, *Training and Development*, 50 (1), 54–60.
- Letina, A. (2015). Application of Traditional and Alternative Assessment in Science and Social Studies Teaching, *Croatian Journal of Education*, 17 (1), 137–152. DOI: 10.15516/cje.v17i0.1496.
- Li, H., Xiong, Y., Zang, X., L. Kornhaber, M., Lyu, Y., Chung, K.S., K. Suen, H. (2016). Peer Assessment in the Digital Age: A Meta-Analysis Comparing Peer and Teacher Ratings, *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 41 (2), 245–264. DOI: 10.1080/02602938.2014.999746.
- Loureiro, P., Gomes, M. (2023). Online Peer Assessment for Learning: Findings from Higher Education Students, *Education Sciences*, 13 (3), 253. DOI: 10.3390/educsci13030253.
- Panadero, E., Alqassab, M. (2019). An Empirical Review of Anonymity Effects in Peer Assessment, Peer Feedback, Peer Review, Peer Evaluation and Peer Grading, *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 44 (8), 1253–1278. DOI: 10.1080/02602938.2019.1600186.

Pimentel, J. (2010). A Note on the Usage of Likert Scaling for Research Data Analysis, *USM R&D Journal*, 18 (2), 109–112.

Saeedi, M., Ghafouri, R., Tehrani, F.J., Abedini, Z. (2021). The Effects of Teaching Methods on Academic Motivation in Nursing Students: A Systematic Review, *Journal of Education and Health Promotion*, no. 10, 271. DOI: 10.4103/jehp.jehp_1070_20.

Saykili, A. (2019). Higher Education in the Digital Age: The Impact of Digital Connective Technologies, *Journal of Educational Technology and Online Learning*, no. 2, 1–15. DOI: 10.31681/jetol.516971.

Schober, P., Boer, C., Schwarte, L.A. (2018). Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation, *Anesthesia & Analgesia*, 126 (5), 1763. DOI: 10.1213/ANE.0000000000002864.

Tai, J.H.-M., Canny, B.J., Haines, T.P., Molloy, E.K. (2016). The Role of Peer-Assisted Learning in Building Evaluative Judgement: Opportunities in Clinical Medical Education, *Advances in Health Sciences Education: Theory and Practice*, 21 (3), 659–676. DOI: 10.1007/s10459-015-9659-0.

van der Vleuten, C.P.M., Schuwirth, L.W.T., Driessen, E.W., Dijkstra, J., Tigelaar, D., Baartman, L.K.J., van Tartwijk, J. (2012). A Model for Programmatic Assessment Fit for Purpose, *Medical Teacher*, 34 (3), 205–214. DOI: 10.3109/0142159X.2012.652239.

Warr, P., Bunce, D. (1995). Trainee Characteristics and the Outcomes of Open Learning, *Personnel Psychology*, no. 48, 347–375. DOI: 10.1111/j.1744-6570.1995.tb01761.x.

Yennek, N. (2015). La satisfaction en formation d'adultes, *Savoirs*, 38 (2), 9–54 (in French). DOI: 10.3917/savo.038.0009.

Zhang, Y., Pi, Z., Chen, L., Zhang, X., Yang, J. (2021). Online Peer Assessment Improves Learners' Creativity: not Only Learners' Roles as an Assessor or Assessee, but Also Their Behavioral Sequence Matter, *Thinking Skills and Creativity*, no. 42, 100950. DOI: 10.1016/j.tsc.2021.100950.

Влияние взаимного онлайн-оценивания на успеваемость студентов и на формирование у них навыков в области информационно-компьютерных технологий

Я. РАХМАНИ

Университет Хасана II в Касабланке,
Касабланка, Марокко;
e-mail: yassine.rahmani@enscassa.ma

Б. НАХИТ

Университет Хасана II в Касабланке,
Касабланка, Марокко;
e-mail: nachitbrahim@yahoo.fr

М. БАССИРИ

Университет Хасана II в Касабланке,
Касабланка, Марокко;
e-mail: bassiri.mustapha@gmail.com

Взаимное онлайн-оценивание — это инструмент, который позволяет студенту выносить оценочные суждения о работе своих коллег. Этот метод поддерживает обучение, ориентированное на студентов, и направлен на закрепление их знаний посредством обширных комментариев и рефлексивного суждения. Данное исследование направлено на изучение влияния регулярной взаимной онлайн-оценки на формирование у студентов навыков в области информационно-коммуникационных технологий и, следовательно, на их результаты на итоговом экзамене. Для достижения этой цели был использован двухэтапный подход. Во-первых, анкетирование позволило собрать многоаспектные сведения об удовлетворенности студентов этим методом оценки. Во-вторых, аналитика обучения позволила сгруппировать студентов по частоте их участия в запланированных взаимных оценках, а затем сравнить их по итоговым баллам за модуль. Результаты показали, что студенты, часто участвовавшие в запланированных взаимных оценках, были удовлетворены вкладом этого опыта в свое обучение, а сравнительный тест продемонстрировал, что оценки студентов на итоговом экзамене улучшились благодаря их частому участию в взаимных оценках. Текущие результаты прогнозируют, что частая взаимная онлайн-оценка может стать более эффективной поддержкой для обучения студентов и, следовательно, для улучшения их результатов.

Ключевые слова: взаимное онлайн-оценивание, система управления обучением, частая оценка, смешанное обучение.

ABDELMAJID TAHIRI

Educational Sciences, Philosophy and Humanity Laboratory,
Normal High School, Moulay Ismail University,
Meknes, Morocco;
e-mail: tahiriabdelmajid@gmail.com



MOHAMED HALIM

Interdisciplinary Physics And Computing Laboratory,
Normal High School, Sidi Mohamed Ben Abdellah University,
Fez, Morocco;
e-mail: mohamed.halim@usmba.ac.ma



AISSA AHNAY

Applied Human Sciences Laboratory,
Normal High School, Sidi Mohamed Ben Abdellah University,
Fez, Morocco;
e-mail: aissa.ahnay@usmba.ac.ma



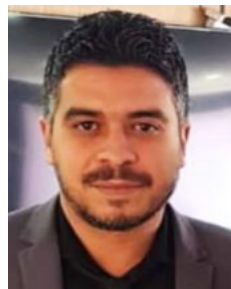
KHALID EL KHATTABI

Interdisciplinary Physics And Computing Laboratory,
Normal High School, Sidi Mohamed Ben Abdellah University,
Fez, Morocco;
e-mail: khalid.elkhattabi2018@gmail.com



YASSIR EL GHZIZAL

Interdisciplinary Physics And Computing Laboratory,
Normal High School, Sidi Mohamed Ben Abdellah University,
Fez, Morocco;
e-mail: yassir.elghzizal@usmba.ac.ma

**RACHIDA GOUGIL**

Applied Human Sciences Laboratory,
Normal High School, Sidi Mohamed Ben Abdellah University,
Fez, Morocco;
e-mail: rachida.gougil@usmba.ac.ma



Measures Likely to Promote the Successful Integration of ICTE in the Moroccan Context

УДК: 37+004.8

DOI: 10.24412/2079-0910-2025-4-77-94

This article contributes to an exploratory study examining the integration of Information and Communication Technologies in Education within teachers' instructional practices as well as its effects on teaching and learning outcomes. This paper analyses the current state of ICTE within the Moroccan context and identifies measures that may facilitate the effective integration of these tools into teachers' practices, addressing the constraints and challenges impacting the education system. The measures implemented by stakeholders for the integration of ICTE in Morocco and other regions have been analysed, drawing from specialised literature on the topic. These findings were then compared with the results of semi-directive interviews conducted with a sample of 20 participants engaged in the ICTE sector. The analysis of data from our qualitative study revealed two primary dimensions: the institutional dimension and the human dimension. These dimensions are central to the measures that may enhance the effective integration of ICTE within the Moroccan education system.

Keywords: teachers' practices, ICTE, education, Moroccan teachers, learner, instructional, education system.

Introduction

The swift advancement of Information and Communication Technologies in Education (ICTE) has significantly altered teaching and learning methodologies globally, presenting

new avenues for improving educational results [Fullan, Langworthy, 2014]. The integration of these technologies into instructional practices presents a complex challenge, shaped by institutional, infrastructural, and human factors [Teräs, 2022]. The favourable outcomes attained through ICTE in leading nations motivated educational authorities in various regions to oversee the substantial influence of ICTE on pedagogical approaches and learning modalities and to engage in the digital sphere [UNESCO, 2021]. This involvement aims to align with the technological advancements mandated by globalization and address the challenges and hindrances associated with the educational system.

The literature scrutiny provides insights into typologies categorizing factors relevant to ICTE integration, such as the model emphasized in the research conducted by [Rasmy, Fiévez, 2015] underscoring technological, pedagogical, and human dimensions as fundamental prerequisites for pedagogical innovations in education. Alternatively, the typology proposed by [Asamoah et al., 2022] emphasizes initiatives like establishing computer labs, staff resource center, internet facilities, learning management systems, and library software solutions. Incorporating ICTE, requiring educators to have adequate technological training for effective implementation [Gogia et al., 2024; Kraft, Lyon, 2024], ICT positively affects all stakeholders in Education, especially Teachers' pedagogical beliefs and attitudes.

In Morocco, as in other regions, the integration of ICTE presents potential benefits and significant challenges, requiring a thorough analysis of the current environment and the strategies necessary for effective implementation [Voogt et al., 2013]. This article presents an exploratory study that investigates the role of ICTE in teachers' instructional practices and its effects on teaching and learning outcomes. This study examines the current state of ICTE integration within the Moroccan context, identifies significant challenges, and investigates potential solutions to enhance its application in education. This research examines specialized literature alongside insights from semi-structured interviews with 20 stakeholders in the ICTE sector, identifying two critical dimensions — institutional and human — that influence the successful adoption of these technologies.

The results highlight the necessity for collaborative initiatives among policymakers, educators, and other stakeholders to overcome obstacles and fully utilize ICTE's potential within Morocco's educational framework. This report delivers a diagnostic evaluation of existing conditions and presents recommendations to inform future strategies for sustainable and effective ICTE integration.

Literature Review

The integration of Information and Communication Technologies (ICT) into our daily lives significantly influences our lifestyles and cognitive functions [Catapani, 2018]. Integral to the progress of several sectors, ICT is pivotal in the contemporary age of digital transformation and globalization. Consequently, the ways of learning and teaching are likewise influenced. The literature study evaluates existing research on the efficiency and usability of ICTE, summarizes its perceived advantages, and its positive impact on the educational system. The purpose is to determine the measures and situations conducive to the effective integration of ICTE. This review is split into two sections: perceived benefits of incorporating ICTE into the international education system and integration of ICTE in the Moroccan setting.

Perceived benefits of integrating ICTE into the international education system

Numerous studies [*Ahmed Al-Hunaiyyan I et al.*, 2021] have illustrated the benefits of integrating ICTE into educational systems, highlighting favourable results for all individuals involved in teaching and learning activities. ICTE is recognised as a significant factor impacting educational quality, particularly in relation to academic achievement [*Adarkwah*, 2021], student engagement, and teaching methodologies [*Martin et al.*, 2022]. This research has facilitated an analysis of the effects of ICTE on educational processes.

The impact of ICT on educational processes

The incorporation of ICTE in educational environments presents two outcomes: initial resistance to change and subsequent advancements in the integration process, notwithstanding challenges such as diminished social interaction, inadequate teacher preparation, and issues related to inefficiencies and disruptions within the educational system [*Bibeau, Québec*, 2007]. Through ICT, the instructional engagement becomes more effective and relevant in terms of communication and knowledge sharing between educators and students [*Tahiri et al.*, 2023]. This interaction is largely rooted in a constructivist framework rather than an instructive one under the cover of ICTE [*Medina-García et al.*, 2021].

The integration of ICTE should not be perceived merely as an incorporation of educational tools but rather as a transformation of educational methodologies, as innovative teaching methodologies, enhanced pedagogical strategies, and skillfully utilizing diverse tools and innovative technologies to improve the quality of education. The capabilities and contributions of ICTE contribute to strengthen various educational demonstrations and communication initiatives [*Messaoudi, Talbi*, 2012]. Through simulation software reflecting reality, complicated processes at microscopic and macroscopic levels can be clarified, overcoming constraints associated with hazardous or short-lived experimental equipment.

The impact of ICTE integration on teachers

Teachers hold a vital place in the education system, and any introduction of innovation within the system necessarily leads in a shift in their duties and instructional methods. When teachers engage in the process of implementing ICTE, they typically enhance their abilities by exploring new instructional activities with their learners. Teachers' ICT expertise increases motivation and usage of ICT [*Medina-García et al.*, 2021]. The amount to which ICTE is incorporated differs among teachers based on their particular skill levels: some educators try to create interdisciplinary abilities through ICTE utilization, while others confine themselves to its didactic application. Three unique sorts of teachers arise based on their interest levels in new technologies: innovators, hesitant adopters, and resisters [*Ertmer et al.*, 2012].

The integration of ICTE represents not merely a shift in teaching practices but rather a significant challenge involving the strategic use of technology to foster student autonomy, promote innovative approaches, and ensure quality knowledge acquisition; this transition necessitates a considerable amount of time. Benefits of ICTE, such enhanced pedagogies and technology integration, which are connected to change in teachers' attitudes and the increase of their competencies, can only be realized if educators possess inventive, analytical, and imaginative talents [*Kearney et al.*, 2020].

The vast array of resources and information accessible on the internet enables teachers to design and implement their lessons effectively, as well as compensate for any lack of materials [Pettersson, 2021], teachers praised the ICTE role in boosting teaching quality. In their work [Medina-García et al., 2021] highlights out in a conceptual model created and validated through PLS with 142 teachers that ICTE in education increases inclusiveness, motivates teachers, and supports various needs. On other hand, Multimedia is a vital educational instrument that fulfils teachers' interests, promotes their roles and enhances comprehension [Mayer, 2021]. Collaboration among professionals is essential for success, hence the role of ICTE, which empowers teachers to collaborate with peers in a community of practice setting, offering opportunities to enhance the learning process [Trust et al., 2023], evaluate learners, and guide them effectively towards solutions through asynchronous (forums, emails, etc.) and / or synchronous (webinars, video conferences, etc.) modes [Seufferheld, Scagnoli, 2011].

The impact of integrating ICTE on learners

The implementation of ICTE is transforming the methods by which learners acquire knowledge and skills. This transition prompts inquiries into the benefits for learners and the potential skills that may be developed. Currently, students can utilize e-learning to access university services remotely, eliminating the need for physical attendance and effectively addressing educational disruptions, thereby creating a flexible educational framework [Dhawan, 2020; Teräs, 2022]. This action signifies a departure from the traditional notion that knowledge is exclusively acquired within the confines of a physical university [Rapanta et al., 2021]. The modern educational environment features collaborative discussions, shared resources, and enhanced accessibility for a wider audience [Kurnaedi, 2025]. This is achieved through direct control and interaction, which promote effective lesson delivery and greater participation in remote learning contexts. There exists a mutually beneficial relationship between technology and learners that can accelerate the integration of ICTE.

ICTE encourages learners to take ownership of their educational journey and jointly develop knowledge alongside educators and peers; this can be achieved through the dedication of practitioners in collaborative design. This collaborative approach increases motivation among learners, encouraging active engagement and exploitation of their talents for the collective growth of the class [Bovill, 2020]. ICTE supports easy communication between learners and overcoming communication obstacles; this may enable the training of virtual communities through various communication technologies such as discussion forums, e-learning platforms, and social networks [Khan et al., 2021]. The advantages of ICTE emerge in higher academic achievement, cognitive development, increased autonomy [Sailer, Homner, 2020], and a deeper comprehension of knowledge among learners [Mayer, 2021].

Integration of ICTE in the Moroccan context

The integration of ICTE: a multidimensional effort by the Moroccan government

Any educational approach must utilise human, material, and financial resources, considered essential for its efficacy. The improvement of infrastructure and the upskilling of stakeholders engaged in ICTE integration, together with the development of contextually appropriate digital resources, are the primary concerns for education policymakers [Nto-

rukiri et al., 2022]. The initiatives and procedures enacted demonstrate the Moroccan government's steadfast dedication to integrating ICTE within the educational system [OECD, 2018]. This commitment beyond simple policy requirements or legislative texts, manifesting in concrete actions and efforts aimed at the effective execution of ICTE, coupled with the provision of substantial people and material resources [Ajhoun, Daoudi, 2018]. The technological advancements in Morocco were acknowledged in a report by the ECA¹, ranking Morocco among the top five North African countries that have effectively implemented policies for digital integration, alongside initiatives to develop action plans for enhancing ICTE integration in education.

The incorporation of technology into the curriculum was a collaborative choice. The engagement of stakeholders and a bottom-up approach resulted in success [Pañares, 2025]. The Ministry of National Education is creating favourable conditions to enable educators and students to engage effectively in the ICTE integration process by offering access to digital resources and promoting autonomous learning among students [Lamtara, Bouziane, 2025a]. Furthermore, the Ministry provides school administrators with resources for effective management and improving service quality for educational stakeholders, while the comprehensive national ICTE development strategy is developed in response to substantial changes in teaching methods and learning preferences [Lamtara, Bouziane, 2025b]. To alleviate resistance to change, it is essential to first inform educators about the benefits of ICTE in education prior to initiating the integration process [Hazzat et al., 2024]. The recommendations presented at the French-speaking ministerial conference on the information society (TMSI) focus on several facets, including expanding the accessibility of ICTE across all educational tiers, encouraging ICTE integration, preparing educators, and advancing the creation of digital resources customised to local requirements [Lamtara, Bouziane, 2025b].

A concise overview of initiatives implemented and techniques employed to facilitate the incorporation of ICTE

To operationalise and implement the State's policy, the education ministry is launching various programs and strategies within the education sector, underscoring the necessity of aligning ICTE initiatives with national educational policies to ensure sustainability and relevance. In 2006, the Ministry commenced the implementation of the "GENIE" plan to promote the extensive adoption of ICTE by providing schools throughout the Kingdom with computer resources and internet access. The administration of the "GENIE" initiative initiated an emergency plan (2009–2012) to assess and diagnose progress, highlighting the active participation of educational stakeholders [Dardary et al., 2019]. The plan seeks to leverage attained results, identify obstacles, and rectify shortcomings such as equipment shortages, inadequate software, and insufficient teacher training [Kadiri, 2022].

Simultaneously with the implementation of the programs and emergency strategy, the Ministry is promoting targeted large-scale projects aimed at improving connectivity quality and ensuring efficient data transmission speeds. Examples of these projects include the MARWAN² initiative [Team, 2023], governance and management schemes such as the AP-

¹ The Economic Commission for Africa (ECA) was established in 1958 to encourage economic cooperation between its member states (the nations of the African continent).

² Moroccan Academic and Research Wide Area network.

OGEE³ program, and NATIONAL STRATEGY DIGITAL MOROCCO 2030. These endeavours, coordinated by the Ministry, are crucial to the larger *e-Maroc* plan, which aims to overcome the digital divide and establish Morocco as a trailblazer in ICTE [Ferouali, 2021]. The important programs and their description are listed in table 1.

Table 1. Programs related to ICTE initiated by the Ministry

Type of Program	program description
E-SUP program	Establishment of digital work environments (ENT) Enhancement of the ICT infrastructure of accredited research institutions Creation of digital educational materials (RPN)
MARWAN program:	A national non-profit IT network specifically for education, training, and research
NET-U program	Provision of WIFI coverage in university facilities and dormitories to connect them to the Internet (150 potential university establishments and dormitories)
INJAZ program	Provision of ICT access and utilization services for students
LAWHATI program	Provision of “2 in 1 Tablets” to higher education students, vocational training participants, and educators at competitive prices
SIMARech: Information system for scientific and technical research	Engaging all stakeholders in the emergency program of the Ministry of Higher Education, emphasizing meticulous planning of strategies
APPOGEE	Administration of educational matters (enrollments, examinations, etc.)

The current stage of integration of ICTE in the Moroccan environment

The Moroccan government is aggressively seeking to create a position within the area of information and knowledge society. Nevertheless, certain researches have found flaws and discontentment about the integration of ICTE across various courses [Amaghous, Zouine, 2022; Lamtara, Bouziane, 2025b]. Specifically, a study conducted by [Omar, Benjelloun, 2013] who talk about poor ICT integration in Moroccan life and earth sciences education despite recognized benefits and underlined the inefficacy of the strategies adopted in utilising the capabilities of these developing technologies, whereas for [Narayanan, Komalavalli, 2022], giving learners with computers, regardless of the approaches applied, is adequate for boosting their comprehension.

Countries including Europe, Canada, and the USA have made notable advancements in the integration of ICTE within their educational institutions, a milestone that Moroccan universities have not yet reached, highlighting a potential disparity in comparison to their counterparts in developed nations [OECD, 2015]. The integration of ICTE in this sector faces significant challenges and barriers, including cultural, technical, and contextual factors specific to each country, as noted by [Alfelaij, 2016]. A limited proportion of educators have successfully integrated ICTE into their pedagogical methods, even though they acknowledge its positive effects on teaching practices. A study by [Mastafi, 2015] indicated that the limited or absent use of ICTE in Moroccan schools is due to the slow implementation of ICTE-related initiatives.

³ Application for the Organization and Management of Teaching and Students.

Methodology

Our research commenced with a deductive methodology to examine the effects of ICTE integration on stakeholders in the educational framework, the strategies employed, and the current state of ICTE integration in relation to the Moroccan government's comprehensive initiatives. The study utilises specialised literature. Given the varied origins of strategies and the present state of ICTE, we will limit our analysis to those strategies that arise specifically from the context of Morocco. Thus, utilising an inductive methodology, we conducted a series of interviews with practitioners in the ICTE sector who have practical experience in teaching and / or learning. We conducted a thematic analysis of insights from the interviews, categorising the factors related to strategies and conditions that facilitate the effective integration of ICTE in Morocco into a two-dimensional framework: institutional and human. This initial phase of our study is exploratory, aimed at developing a framework of strategies and conditions that promote the effective integration of ICTE. This framework will serve as a tool for Moroccan policymakers to assess the degree of ICTE integration in educators' instructional methodologies.

Findings

In this section, the measures and conditions conducive to the effective integration of ICTE have been identified by focusing solely on a thematic analysis of data obtained from perceptions and representations gathered through interviews with individuals engaged in ICTE and possessing practical experience in education. The participants were in virtually total agreement regarding the significance of several elements influencing the improved integration of ICTE. In order to highlight the procedures and conditions that permit the successful integration of ICTE within the Moroccan setting, they have been grouped into two basic dimensions: the institutional dimension and the human dimension.

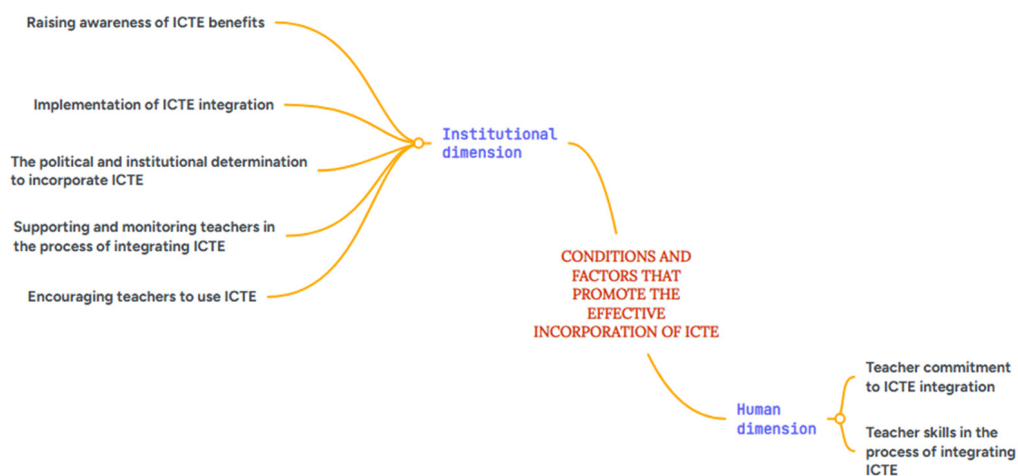


Fig. 1. Human and institutional dimensions that support the successful integration of ICT in the Moroccan context

This classification appears comprehensive to us, as all variables required for guaranteeing the successful integration of ICTE centre around it. Table 2 delineates the distinct dimensions included as conditions, the factors linked with each dimension, and the items connected to these factors.

Table 2. Conditions and factors that promote the effective incorporation of ICTE and the items connected to these factors within the Moroccan context

Dimension	Dimensional factors	Items
Institutional dimension	The political and institutional determination to incorporate ICTE	The commitment and active support of all the components (Delegations and Schools) of the education system in the process of integrating ICTE.
		The room for manoeuvre given to the school to exercise its new role with freedom and autonomy
		A global vision based on human, material, and financial resources in line with international guidelines.
		Opening Moroccan schools to their socio-economic environment
		Providing teachers with a wide range of digital resources adapted to the Moroccan context
	Raising awareness of ICTE benefits	Raising awareness of ICTE benefits
		Enriching social relations between players, exchange, and collaboration between learners
		Enhancing teaching resources (text, video, tutorials, etc.) to ensure that content is mediatised, attractive and accessible.
		Learner effort and autonomy in learning pace,
		Flexibility offered by facilities and the absence of time constraints
		Correcting misperceptions about ICT reduces teachers' possible resistance to change in their practices
		Creating an information bank for traceability of exchanges, making it easier for learners to refer to answers already proposed in similar situations (history, suggested links, etc.).
		Ease of assessing learners
	Encouraging teachers to use ICTE	Overcoming problems posed by learners who are behind schedule or in difficulty, and the positive effects of ICT on pupils' results
		Valuation of teachers' work by stakeholders
		Recognition of teachers' efforts and initiatives
		Consolidating participation in learners' performance development
	Implementation of ICTE integration	Material and moral motivation of teachers.
		Updating teacher training plans in terms of teaching methods
		Consulting teachers about their needs, in-service training for ICTE integration.
		Introduction of in-service training specifically tailored to the integration of ICTE.
		Introducing digital resources in textbooks
	Supporting and monitoring teachers in the process of integrating ICTE	Sharing and capitalising successful experiences
		Evaluation after different stages of the ICTE integration process, from the use phase to the appropriation phase.
		Developing teachers' skills to enable them to make ICT their own
		Daily, ongoing support and monitoring for teachers as they integrate ICTE.

End of the table 2

Dimen- sion	Dimensional factors	Items
Human dimension	Teacher commit- ment to ICTE integration	The commitment of the teacher as the central pedagogical player in the education system to the success of the ICTE integration project.
		The involvement of the teacher in the various phases of the integration of ICT to overcome any resistance to change.
	Teacher skills in the process of integrating ICTE	The teacher’s central role in the success of the project, involvement in different integration phases to overcome resistance, development of techno-pedagogical skills
		Innovation in teaching methods
		Cross-disciplinary skill development
		Combining new technologies with teaching methods
		Creating a conducive climate for student exchange and synergy

Discussion

After reviewing the outcomes gained regarding the aspects related to the institutional and human dimensions as indicators that may assist the successful inclusion of ICTE into teachers’ instructional practices within the Moroccan setting, as indicated in Table 2. The scholarly examination provides insights into alternative classifications of factors pertaining to the assimilation of ICTE, such as the framework employed in the research conducted by [Rasmy, Fiévez, 2015] which underscores the significance of technological, pedagogical, and human elements as a crucial prerequisite for any transformation or instructional advancement in the educational framework. The Key aspects impacting ICT adoption in educational contexts are administrative support, organizational competence, ICT infrastructure, perceived usefulness, and simplicity of use. whereas for [Medina-García et al., 2021], a teacher’s enthusiasm for ICT in curricular development, teaching experience, and the institutional setting are Key elements impacting the integration of ICTE.

Initiatives to enhance the integration of ICTE associated with the institutional framework

The political and institutional commitment to integrate ICTE

Several studies [Messaoudi, Talbi, 2012; Omar, Benjelloun, 2013] have underscored the significant role of political determination in the process of ICTE integration. Moreover, active encouragement from educational institutions, particularly schools and universities, serves to inspire educators to incorporate ICTE. [Asamoah et al., 2022] recommends in his research that universities should implement a robust and practical ICTE policy and promptly take necessary actions. Moreover, Political determination influences the pace of economic integration in developing countries. [Omar, Benjelloun, 2013] have also stressed the pivotal role of digital resources as valuable assets for time-saving and lesson facilitation. These resources should be tailored to the Moroccan context, even incorporating them into the school curriculum [el Madhi et al., 2014], simply because a tailored approach considering local realities is crucial for effective outcomes.

Numerous research [*GEM Report UNESCO*, 2023; *Kassaw et al.*, 2024; *Nurtayeva et al.*, 2024] have highlighted the crucial influence of political will in the integration of ICTE. Furthermore, proactive support from educational institutions, especially schools and universities, motivates educators to integrate ICTE. [*Nurtayeva et al.*, 2024] proposes in his research that colleges should create a robust and practical ICTE policy and swiftly take required actions. Furthermore, political resolve affects the speed of economic integration in developing nations [*Zinoveva, Moskovskaya*, 2024]. [*Castillo et al.*, 2021] have emphasised the crucial importance of digital resources as essential assets for efficiency and lesson enhancement. These resources must be adapted to the Moroccan environment, potentially integrating them into the school curriculum, as a customised strategy that considers local realities is essential for achieving effective outcomes [*Berrada et al.*, 2020].

Increasing knowledge on ICTE integration

Various studies suggest that the initiation of integrating ICTE should start with raising awareness of its contributions to teaching and learning, particularly its advantages for teachers' instructional methodologies [*Scherer et al.*, 2020], despite the majority of youths being digital natives, there exists a minority resistant to change, often due to misconceptions about ICTE or limited access to new technologies. Therefore, focusing awareness-raising and informational efforts is vital [*European Commission. Joint Research Centre*, 2022]. It is vital to emphasise that continual and comprehensive awareness activities will only positively impact teaching methods if upheld consistently. In this sense, the study of [*Cabasan*, 2024] advises boosting awareness of ICTE integration among educators and students by financial assistance for devices, enhanced internet infrastructure, and intensive teacher training programs.

Promoting the utilization of ICTE among teachers and learners

As a means of honouring the dedication demonstrated by educators engaged in reforming instructional approaches, it is appropriate for the undertaken activities to be praised, motivated, and endorsed by the relevant local authorities [*Sinnema et al.*, 2023]. Conversely, substantial investment in hardware, software, and the technological framework of educational institutions is imperative, specifically emphasizing the establishment of a functional multimedia facility accessible to educators, thereby facilitating their adoption and dissemination of ICTE tools [*el Madhi et al.*, 2014]. To this purpose, the Ministry of Education has established the INJAZ project, which strives to provide graduate learners with a laptop to facilitate an individualised teaching and learning environment. Investigations in this domain frequently reveal that supplying devices without addressing the connectivity problem merely shifts the digital divide from the computer lab to the student's residence [*Moore et al.*, 2018].

Implementation of ICTE integration

A substantial body of scholarly literature emphasises teacher training as the primary factor, illustrating the institution's dedication to improving educators' abilities to effectively incorporate ICTE into their teaching methodologies [*Cabasan*, 2024]. Effective ways for teacher training in ICTE integration boost confidence and skill in using ICT tools. Furthermore, have highlighted the imperative for educators to possess expertise in ICTE and

associated integration methodologies, hence accentuating the importance of implementing and / or updating teacher training programs [Scherer et al., 2018]. These proposals accord with those of [Omar, Benjelloun, 2013], who highlight the urgent imperative to overhaul teacher training. Engagement, consultation, and collaboration with educators from the first phase of training development are essential, facilitating the customisation of courses and the creation of adaptive educational environments that align with educators' requirements and expectations.

Furthermore, a contemporary researcher supports a radical change in teaching and learning methodologies because of emerging technologies and a flood of information, as opposed to proponents of a gradual ICTE integration approach [Drysedale, Braithwaite, 2017]. These methodologies can bridge theory and practice and foster adaptability in dynamically changing educational landscapes. Indeed, in the context of ICTE, any initiative to reform teaching and learning techniques without educational engineering will certainly falter [Doulougeri et al., 2024]. The growing role demanded by this transition pushes educators to build new abilities appropriate to the novel conditions, either through training programs or by creating a collaborative environment favourable to sharing experiences with peers [Omar, Benjelloun, 2013].

Assisting and monitoring instructors during the ICTE integration process

In addition to training and equipping educational institutions, enabling measures and monitoring systems are important for educators to internalize ICTE and embed them into their instructional techniques. Evaluation following any ICTE-related operation is crucial for identifying obstacles and finding strategies to surmount them [Drysedale, Braithwaite, 2017]. To do this, [Amaghous, Zouine, 2022] states that stakeholders must establish active, dedicated, and proficient committees to manage the ICTE integration process. The integration of school administration and academic supervision can boost support for educators, successful ICTE integration involves support and encouragement teacher educators by watching their practices, giving resources, and encouraging positive attitudes [OECD, 2019]. It's also much better to focus on the major educational stakeholders inside the educational system who play a direct part in the teaching and learning process. Consequently, successful ICTE integration relies on the attitude and level of commitment displayed by instructors in embracing the new technology [Mastafi, 2015]. In fact, the commitment and skills of teachers are crucial elements for enhancing the integration of ICTE, which is associated with the human dimension and is considered as a key aspect in this process.

The changing landscape brought about by advancements in technology necessitates that teachers possess the ability to innovate their teaching methods, integrate new technologies with new teaching approaches, and foster an environment that promotes collaboration and interaction among learners. A framework outlined by (Africa and UNESCO BREDA: Regional Office for Education in Africa 2011) highlights various skills (technical, pedagogical, methodological, and didactic) that are essential for teachers to effectively integrate ICTE into their classrooms [Mastafi, 2015]. It is crucial to recognize that technologies serve as mere tools to support teachers, hence the importance of enhancing employability skills among prospective teachers by blending traditional and digital teaching methods required for the successful integration of ICTE.

Advancements in technology require teachers to innovate their teaching methods, integrate new technologies with contemporary approaches, and cultivate an environment

that encourages collaboration and interaction among learners [Turnsek, 2024]. A framework presented by Africa and UNESCO BRED (2011) identifies essential skills for teachers, including technical, pedagogical, methodological, and didactic competencies, necessary for the effective integration of ICTE in classrooms [Liang, Law, 2023]. Recognising that technologies function solely as tools to assist educators is essential. Therefore, enhancing employability skills among future teachers is vital through the integration of traditional and digital teaching methods necessary for the effective incorporation of ICTE [Narayanan, Komalavalli, 2022].

The essential role of ICTE in the field of education is progressively acknowledged along with discussions held among communities and governmental entities. Despite this, contrasting opinions exist that challenge the effectiveness and practicality of ICTE, proposing that an optimistic viewpoint towards its incorporation fails to consider certain limitations [Hatamleh, 2024].

Conclusion

The incorporation of ICTE faces several enduring challenges. The utilization of these educational tools fluctuates between instances of failure and success. The present state of ICTE integration diverges markedly from the expected results, notwithstanding the execution of various programs and strategies. There exists a disconnect between the practical usage of digital tools and the functionality of the technological infrastructure provided to Moroccan educators to address educational constraints. The proficiency of teachers in ICTE does not meet the levels outlined in the UNESCO framework. There is significant interest in identifying measures that can facilitate the integration of these technologies. Research findings categorise the factors contributing to the effective integration of ICTE into two dimensions : institutional and human, as illustrated in figures 1 and 2. Nevertheless, quantifying the genuine impact of ICTE on learning and the amount of teachers' adoption of these technologies is problematic due to the absence of appropriate standards and frameworks tailored to the Moroccan environment. Furthermore, the low sample size hampers the generalization of data regarding the successful incorporation of ICTE. Nonetheless, a set of principles and prerequisites conducive to the seamless integration of ICTE has been established, which will be provided to Moroccan authorities as a tool to evaluate the extent of ICTE integration in teaching practices. Additionally, aside from political support, a combined effort between institutional attempts and school-based initiatives is vital to surmount difficulties and develop competency in ICTE. Consequently, further study, taking into account the numerous players involved in the teaching-learning operation, is needed to develop a full list of metrics within a specific contextual framework appropriate to the Moroccan educational landscape.

References

Adarkwah, M.A. (2021). "I'm Not Against Online Teaching, but What About Us?": ICT in Ghana Post Covid-19, *Education and Information Technologies*, 26 (2), 1665–1685. DOI: 10.1007/s10639-020-10331-z.

- Ajhoun, R., Daoudi, N. (2018). Morocco, in A.S. Weber, S. Hamlaoui (Eds), *E-Learning in the Middle East and North Africa (MENA) Region* (pp. 263–283), Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-319-68999-9_12.
- Alfelajj, B. (2016). Why Integrating Technology Has Been Unsuccessful in Kuwait? An Exploratory Study, *E-Learning and Digital Media*, 13 (3–4), 126–139. DOI: 10.1177/2042753016672901.
- Al-Hunaiyyan, A., Al-Sharhan, S., Alhajri, R., Bimba A. (2021). An Integrated Implementation Framework for an Efficient Transformation to Online Education, *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12 (4), 52–61. DOI: 10.14569/IJACSA.2021.0120408.
- Amaghous, J., Zouine, M. (2022). A Critical Analysis of the Governance of the Moroccan Education System in the Era of Online Education, in M.B. Garcia (Ed.), *Advances in Mobile and Distance Learning* (pp. 156–176), IGI Global. DOI: 10.4018/978-1-6684-4364-4.ch008.
- Asamoah, R., Asiedu, N.K., Buadi, D.W. (2022). Use of ICT in Teaching and Learning in Second Cycle Institutions: Understanding the Technological Aspect of the T Pack Model, *UDS International Journal of Development*, 9 (1), 737–748. DOI: 10.47740/537.UDSIJ6i.
- Berrada, K., Burgos, D., Zaatari, I., Margoum, S., Bendaoud, R. (2020). Open Educational Resources in Morocco, in *ResearchGate* (pp. 119–134). https://www.researchgate.net/publication/340270580_Open_Educational_Resources_in_Morocco (date accessed: 26.11.2025).
- Bibeau, R., Québec, M. (2007). Les technologies de l'information et de la communication peuvent contribuer à améliorer les résultats scolaires des élèves, in *ResearchGate* (in French). Available at: https://www.researchgate.net/publication/228378650_Les_Technologies_de_l'Information_et_de_la_Communication_peuvent_contribuer_a_ameliorer_les_resultats_scolaires_des_eleves (date accessed: 26.11.2025).
- Bovill, C. (2020). Co-Creation in Learning and Teaching: The Case for a Whole-Class Approach in Higher Education, *Higher Education*, 79 (6), 1023–1037. DOI: 10.1007/s10734-019-00453-w.
- Cabasan, R.A. (2024). Effective Technology Integration: Closing the Digital Gap among High School Students, *Journal of Interdisciplinary Perspectives*, 2 (8). DOI: 10.69569/jip.2024.0295.
- Castillo, A., Villarreal, V., Mora, D., Alain, L. (2021). State of Digital Transformation in the Universities of Central America, in D. Burgos, J.W. Branch (Eds), *Radical Solutions for Digital Transformation in Latin American Universities* (pp. 109–128), Springer Singapore. DOI: 10.1007/978-981-16-3941-8_7.
- Catapani, M.F. (2018). Protection of Investors and Credit Rating Agencies Regulation in Latin America, *Beijing Law Review*, 9 (4), 547–563. DOI: 10.4236/blr.2018.94032.
- Dardary, O., Elmazouni, N., Tridane, M., Belaouad, S. (2019). The Impact of the Genie Program on the Integration of ICTs in Moroccan Education and Its Effect on Teachers, *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (4), 6506–6509. DOI: 10.14419/ijet.v7i4.26600.
- Dhawan, S. (2020). Online Learning: A Panacea in the Time of COVID-19 Crisis, *Journal of Educational Technology Systems*, 49 (1), 5–22. DOI: 10.1177/0047239520934018.
- Doulougeri, K., Vermunt, J.D., Bombaerts, G., Bots, M. (2024). Challenge-Based Learning Implementation in Engineering Education: A Systematic Literature Review, *Journal of Engineering Education*, 113 (4), 1076–1106. DOI: 10.1002/jee.20588.
- Drysdale, T.D., Braithwaite, N.St.J. (2017). An Internet of Laboratory Things. 2017 4th Experiment@International Conference (Exp.at'17), 236–240. DOI: 10.1109/EXPAT.2017.7984362.
- el Madhi, Y., Chiahou, B., Belghyti, D., Kharrim, K., Halouani, H. (2014). Les contraintes liées à l'intégration du Tic dans l'enseignement des sciences de la vie et de la terre au Maroc, *European Scientific Journal*, no. 10, 1857–1881 (in French).
- Ertmer, P.A., Ottenbreit-Leftwich, A.T., Sadik, O., Sendurur, E., Sendurur, P. (2012). Teacher Beliefs and Technology Integration Practices: A Critical Relationship, *Computers & Education*, 59 (2), 423–435. DOI: 10.1016/j.compedu.2012.02.001.
- European Commission. Joint Research Centre. (2022). *DigComp 2.2, The Digital Competence Framework for Citizens: With New Examples of Knowledge, Skills and Attitudes*, Publications Office. Available at: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/115376> (date accessed: 21.11.2025).

Ferouali, S.E. (2021). Governance of the Digital Transformation in Moroccan Universities: Case Study of Cadi Ayyad University-Marrakech, *Journal of Economics, Finance And Management Studies*, 4 (9). DOI: 10.47191/jefms/v4-i9-22.

Fullan, M., Langworthy, M. (with Barber, M.) (2014). *A Rich Seam: How New Pedagogies Find Deep Learning*, MaRS Discovery District.

GEM Report UNESCO (2023). *Global Education Monitoring Report 2023: Technology in Education: A Tool on Whose Terms?* (1st edn). GEM Report UNESCO. DOI: 10.54676/UZQV8501.

Gogia, E.H., Shao, Z., Akhter, A.R. (2024). Unlocking Success: Exploring the Impact of Human Resource Competence on Job Performance in Pakistan's Engineering Sector, *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 14 (3), 14754–14759. DOI: 10.48084/etasr.7363.

Hatamleh, I.M. (2024). The Importance of Using ICT in Improving the Quality of Education, *2024 ASU International Conference in Emerging Technologies for Sustainability and Intelligent Systems (ICETSIS)*, 95–99. DOI: 10.1109/ICETSIS61505.2024.10459655.

Hazzat, S.E., Allame, Y.E.K.E., Faizi, R. (2024). ICT Adoption in Moroccan Higher Education: Key Predictors of Students' Technology Acceptance and Usage, *Moroccan Journal of Quantitative and Qualitative Research*, 6 (4). DOI: 10.48379/IMIST.PRSM/mjqr-v6i4.53006.

Kadiri, F. (2022). Morocco's Inclusive Education Program through the Lens of Ethnography, *International Journal of Linguistics, Literature and Translation*, 5 (6), 100–110. DOI: 10.32996/ijllt.2022.5.6.12.

Kassaw, C., Demareva, V., Herut, A.H. (2024). Trends of Academic Achievement of Higher Education Students in Ethiopia: Literature Review, *Frontiers in Education*, no. 9, 1431661. DOI: 10.3389/educ.2024.1431661.

Kearney, M., Burden, K., Schuck, S. (2020). Use of the iPAC Framework in Schools and Teacher Education, in M. Kearney, K. Burden, S. Schuck, *Theorising and Implementing Mobile Learning* (pp. 207–222), Springer Singapore. DOI: 10.1007/978-981-15-8277-6_13.

Khan, M. et al. (2021). Effect of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus bucheri* on Composition, Aerobic Stability, Total Lactic Acid Bacteria and E. Coli Count of Ensiled Corn Stover with or without Molasses Supplementation, *ResearchGate*. DOI: 10.21162/PAKJAS/21.1123.

Kraft, M.A., Lyon, M.A. (2024). The Rise and Fall of the Teaching Profession: Prestige, Interest, Preparation, and Satisfaction over the Last Half Century, *American Educational Research Journal*, 61 (6), 1192–1236. DOI: 10.3102/00028312241276856.

Kurnaedi, D. (2025). The Role of Computers in Collaborative E-Learning: Implications for the Future of Digital Education, *Bit-Tech*, 7 (3), 956–964. DOI: 10.32877/bt.v7i3.2277.

Lamtara, S., Bouziane, A. (2025a). The Role of Education Leaders in Implementing and Sustaining ICT in Compulsory Education in Morocco, *International Journal of Educational Leadership and Management*, 13 (1), 41–66. DOI: 10.4471/ijelm.15516.

Lamtara, S., Bouziane, A. (2025b). The Role of Education Leaders in Implementing and Sustaining ICT in Compulsory Education in Morocco, *International Journal of Educational Leadership and Management*, 13 (1), 41–66. DOI: 10.4471/ijelm.15516.

Liang, L., Law, N. (2023). Teacher Skills and Knowledge for Technology Integration, in *International Encyclopedia of Education*, 4th ed. (pp. 263–271), Elsevier. DOI: 10.1016/B978-0-12-818630-5.04037-9.

Martin, F., Xie, K., Bolliger, D.U. (2022). Engaging Learners in the Emergency Transition to Online Learning during the COVID-19 Pandemic, *Journal of Research on Technology in Education*, 54 (sup1), S1–S13. DOI: 10.1080/15391523.2021.1991703.

Mastafi, M. (2015). Intégrer les TIC dans l'enseignement: Quelles compétences pour les enseignants?, *Formation et profession: revue scientifique internationale en éducation*, 23 (2) (in French). DOI: 10.18162/fp.2015.294.

Mayer, R.E. (2021). Cognitive Theory of Multimedia Learning, in R.E. Mayer L. Fiorella (Eds.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 57–72), 3 ed., Cambridge University Press. DOI: 10.1017/9781108894333.008.

- Medina-García, M., Higuera-Rodríguez L, García-Vita M.D.M., Doña-Toledo, L. (2021). ICT, Disability, and Motivation: Validation of a Measurement Scale and Consequence Model for Inclusive Digital Knowledge, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18 (13), 6770. DOI: 10.3390/IJERPH18136770.
- Messaoudi, F., Talbi, M. (2012). *Réussir l'intégration des TICE au Maroc: Regard sur le déploiement de la stratégie nationale GENIE* (in French). Available at: <https://www.epi.asso.fr/revue/articles/a1203e.htm> (date accessed: 26.11.2025).
- Moore, R., Vitale, D., Stawinoga, N. (2018). *The Digital Divide and Educational Equity: A Look at Students with Very Limited Access to Electronic Devices at Home*, ACT Research & Center for Equity in Learning. Available at: <https://www.act.org/content/dam/act/unsecured/documents/R1698-digital-divide-2018-08.pdf> (date accessed: 26.11.2025).
- Narayanan, A.L., Komalavalli, T. (2022). Integration of Techno-Pedagogical Skills in Teacher Education to Enhance Employability Skills among Prospective Teachers, *Scholarly Research Journal for Interdisciplinary Studies*, 10 (73), 17642–17646. DOI: 10.21922/srjis.v10i73.11666.
- Ntorukiri, T.B., Kirugua, J.M., Kirimi, F. (2022). Policy and Infrastructure Challenges Influencing ICT Implementation in Universities: A Literature Review, *Discover Education*, 1 (1), 19. DOI: 10.1007/s44217-022-00019-6.
- Nurtayeva, D., Kredina, A., Kireyeva, A., Satybaldin, A., Ainakul, N. (2024). The Role of Digital Technologies in Higher Education Institutions: The Case of Kazakhstan, *Problems and Perspectives in Management*, 22 (1), 562–577. DOI: 10.21511/ppm.22(1).2024.45.
- OECD (2015). *Students, Computers and Learning: Making the Connection*. DOI: 10.1787/9789264239555-en.
- OECD (2018). *Digital Government Review of Morocco: Laying the Foundations for the Digital Transformation of the Public Sector in Morocco*. DOI: 10.1787/9789264298729-en.
- OECD (2019). *TALIS 2018 Results (Volume I): Teachers and School Leaders as Lifelong Learners*. DOI: 10.1787/1d0bc92a-en.
- Omar, A., Benjelloun, N. (2013). Intégration des TIC dans l'enseignement des sciences physiques au Maroc dans le cadre du programme GENIE: Difficultés et obstacles, *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, 10 (2), 49 (in French). DOI: 10.7202/1035522ar.
- Pañares, S.M. (2025). School Administrators' Engagement and Its Relationship with Teachers' Collaboration and Decision-Making Effectiveness, *United International Journal for Research and Tekhnology*, 6 (7), 344–357.
- Pettersson, F. (2021). Understanding Digitalization and Educational Change in School by Means of Activity Theory and the Levels of Learning Concept, *Education and Information Technologies*, 26 (1), 187–204. DOI: 10.1007/s10639-020-10239-8.
- Rapanta, C., Botturi, L., Goodyear, P., Guàrdia, L., Koole, M. (2021). Balancing Technology, Pedagogy and the New Normal: Post-pandemic Challenges for Higher Education, *Postdigital Science and Education*, 3 (3), 715–742. DOI: 10.1007/s42438-021-00249-1.
- Rasmy, A., Fiévez, A. (2015). *Les usages et les obstacles liés à l'intégration des technologies par les enseignants du secondaire au Maroc* (in French). Available at: <https://www.epi.asso.fr/revue/articles/a1512b.htm> (date accessed: 18.12.2025).
- Sailer, M., Hommer, L. (2020). The Gamification of Learning: A Meta-analysis, *Educational Psychology Review*, 32 (1), 77–112. DOI: 10.1007/s10648-019-09498-w.
- Scherer, R., Siddiq, F., Tondeur, J. (2020). All the Same or Different? Revisiting Measures of Teachers' Technology Acceptance, *Computers & Education*, 143 (C). DOI: 10.1016/j.compedu.2019.103656.
- Scherer, R., Tondeur, J., Siddiq, F., Baran, E. (2018). The Importance of Attitudes toward Technology for Pre-Service Teachers' Technological, Pedagogical, and Content Knowledge: Comparing Structural Equation Modeling Approaches, *Computers in Human Behavior*, no. 80, 67–80. DOI: 10.1016/j.chb.2017.11.003.
- Seufferheld, M.J., Scagnoli, N.I. (2011). Web Conferencing and ICTs to Enhance Undergraduate Science Teaching, *E-Learning and Digital Media*, 8 (1), 1–7. DOI: 10.2304/elea.2011.8.1.1.

Sinnema, C., Meyer, F., Le Fevre, D., Chalmers, H., Robinson, V. (2023). Educational Leaders' Problem-Solving for Educational Improvement: Belief Validity Testing in Conversations, *Journal of Educational Change*, 24 (2), 133–181. DOI: 10.1007/s10833-021-09437-z.

Tahiri, A., Chikhaoui, A., Assermouh, J., Halim, M., Benfares, S. (2023). Contribution of On-line Tutoring in Promoting the Quality of Distance Learning for Moroccan Teachers, *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, 13 (5), 104–120. DOI: 10.3991/ijep.v13i5.34047.

Team, M. (2023, May 31). *HOME*. MARWAN. Available at: https://www.marwan.ma/index.php/en/?option=com_sppagebuilder&view=page&id=12 (date accessed: 26.11.2025).

Teräs, M. (2022). Education and Technology: Key Issues and Debates [Book review: Neil Selwyn. Bloomsbury Academic, London and New York, 2022, 3rd edition, 222 pp. ISBN 978-1-3501-4554-2 (hbk), ISBN 978-1-3501-4555-9 (pbk), ISBN 978-1-3501-4553-5 (ePDF), ISBN 978-1-3501-4556-6 (eBook)], *International Review of Education*, 68 (4), 635–636. DOI: 10.1007/s11159-022-09971-9.

Trust, T., Carpenter, J.P., Heath, M., Krutka, D.G. (2023). *Toward Critical and Ecological Dispositions in Technology Decision Making in Teacher Education*, EdArXiv. DOI: 10.35542/osf.io/4ecn2.

Turnsek, M.S. (2024). Modern Students Demand Modern-Innovative Teaching, *Journal of Media & Management*, 1–4. DOI: 10.47363/JMM/2024(6)175.

UNESCO (2021). *UNESCO Recommendation on Open Science*. DOI: 10.54677/MNMMH8546.

Voogt, J., Knezek, G., Cox, M., Knezek, D., Ten Brummelhuis, A. (2013). Under Which Conditions Does ICT Have a Positive Effect on Teaching and Learning? A Call to Action, *Journal of Computer Assisted Learning*, 29 (1), 4–14. DOI: 10.1111/j.1365-2729.2011.00453.x.

Zinoveva, I.S., Moskovskaya, V.S. (2024). Tsifrovizatsiya kak faktor transformatsii 'konomiki [Digitalization as a factor of economic transformation], in *Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Menedzher goda — 2024"* [Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference "Manager of the Year — 2024"] (pp. 77–80), Voronezh: Voronezhskiy gosudarstvennyy lesotekhnicheskii universitet imeni G.F. Morozova (in Russian, translated). DOI: 10.58168/MOTY_77-80.

Меры, которые могут способствовать успешной интеграции ICT в Марокко

АБДЕЛЬМАДЖИД ТАХИРИ

Университет Мулая Исмаила,
Мекнес, Марокко;
e-mail: tahiriabdelmajid@gmail.com

МОХАМЕД ХАЛИМ

Университет Сиди Мохамед Бен Абдаллах,
Фес, Марокко;
e-mail: mohamed.halim@usmba.ac.ma

АИССА АХНАЙ

Университет Сиди Мохамед Бен Абдаллах,
Фес, Марокко;
e-mail: aissa.ahnay@usmba.ac.ma

ХАЛИД ЭЛЬ ХАТТАБИ

Университет Сиди Мохамед Бен Абдаллах,
Фес, Марокко;
e-mail: khalid.elkhattabi2018@gmail.com

ЯСИР ЭЛЬ ГЖИЗАЛ

Университет Сиди Мохамед Бен Абдаллах,
Фес, Марокко;
e-mail: yassir.elghzizal@usmba.ac.ma

РАШИДА ГУЖИЛ

Университет Сиди Мохамед Бен Абдаллах,
Фес, Марокко;
e-mail: rachida.gougil@usmba.ac.ma

Предлагаемая работа — шаг на пути исследования интеграции информационных и коммуникационных технологий в образовании (ICTE) в рамках учебной практики учителей, а также ее влияния на преподавание и результаты обучения. В статье проанализировано текущее положение ICTE в Марокко и выявлены меры, которые могут содействовать эффективной интеграции этих инструментов в педагогическую практику, с указанием ограничений и проблем, влияющих на систему образования. Эти меры, реализуемые заинтересованными сторонами для интеграции ICTE в Марокко и других областях, проанализированы с опорой на специализированную литературу по данной теме. Эти выводы затем были сопоставлены с результатами полуструктурированных интервью, проведенными с выборкой из 20 участников, вовлеченных в сферу ICTE. Анализ данных проведенного качественного исследования выявил два главных аспекта: институциональный и человеческий. Эти аспекты занимают центральное место среди мер, которые могут усилить эффективность интеграции ICTE в марокканской системе образования.

Ключевые слова: педагогическая практика, информационные и коммуникационные технологии в образовании, образование, марокканские преподаватели, учащийся, обучающий, система образования.

ВОПРОСЫ НАУКОМЕТРИИ И БИБЛИОМЕТРИИ

BORIS N. CHIGAREV

Cand. Sci. (Phys.-Math.),
Senior Researcher of Analytical Center for Energy Policy and Security,
Oil and Gas Research Institute of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia;
e-mail: bchigarev@ipng.ru



Mapping Sustainable Energy Technologies for SDG-7: A Bibliometric Analysis of *Dimensions.ai* Data

УДК: [303.6+303.7]:001.8

DOI: 10.24412/2079-0910-2025-4-95-113

This study aims to identify technologies relevant to Sustainable Development Goal 7 on Clean and Affordable Energy by analyzing bibliometric data from the *Dimensions.ai* platform. A total of 15 000 records from 2020–2025, published in 9 journals most relevant to the topic under consideration, were analyzed. The method of determining current research topics based on the co-occurrence of key terms is demonstrated, taking into account the number of citations, average time of publication of papers in which these terms appear. Free programs for bibliometric analysis and visualization — *VOSviewer* and *Scimago Graphica* — were used in the study. The relevance of the study stems from the fact that energy is crucial to the development of manufacturing, especially with the deepening of automation and the introduction of artificial intelligence. The results of text analysis of titles and abstracts of bibliometric records showed the dominance of different aspects of technologies related to renewable energy, wireless energy transmission, hydrogen production and storage, innovations in water electrolysis and the impact of technology on economic development. This study should be viewed as an initial investigation into how sustainable energy technologies effect on job creation and economic opportunities, energy access and equality and other social challenges.

Keywords: sustainable energy technologies, SDG-7, *Dimensions.ai*, topic analysis, bibliometric analysis, visualization.

Acknowledgment

The research was carried out with support from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (State Assignment No. 125021302095-2).

Introduction

Relevance of the research topic in question

Sustainable energy technologies must prioritize equity and justice to ensure inclusiveness, benefit all segments of society and address inequalities in energy access and environmental burdens. Developing and deploying these technologies with social equity in mind promotes equitable development and prevents the exacerbation of existing inequalities.

The following papers provide a more detailed discussion of this assertion.

The authors [*Zaidan, Antoine Ibrahim, 2024*] propose using oversight and compliance mechanisms within global energy-related frameworks, international human rights law, and the 2030 Agenda to achieve energy justice. Energy justice is the fair distribution of energy benefits and burdens among different communities and individuals.

Energy poverty is a global issue affecting households and communities, affecting public health and social equity. It is defined as the lack of access to modern and affordable energy services. Recent research on energy poverty [*Jones, Reyes, 2023*] highlights five themes: definitions and metrics, behavioral aspects, effectiveness of energy assistance programs, efficiency of energy policy, and the energy transition and environmental justice.

Sustainable development implies fairness in the distribution of benefits and resources, such as resources and constraints. The study [*Törnblom et al., 2025*] provides a list of factors to analyze the relationship between sustainability and social justice from a social psychology perspective, focusing on global food availability and local distribution of renewable energy resources.

The review [*Wang, Lo, 2021*] examines the concept of a just transition away from fossil fuels, highlighting five themes: labor-centeredness, integrated justice, sociotechnical theory of transition, governance strategy, and public perception.

The low-carbon energy transition is critical to mitigating climate change, but it can lead to injustices for marginalized communities. These include increased energy burdens, unaffordability, loss of property values and unequal health benefits. Four main areas of the low-carbon energy transition are discussed in [*Kime et al., 2023*]: deployment of renewable energy, decommissioning of fossil fuel infrastructure, electrification of transport and decarbonization of residential buildings.

While the focus on equity and justice in sustainable energy technologies is crucial, it is also important to consider the challenges in implementing these principles. To do this, the concept of sustainable technologies needs to be defined in more detail.

The definition of sustainable technologies

Sustainable technologies aim to reduce negative environmental and social impacts while promoting the efficient use of resources. These technologies are designed to promote economic growth and social development without compromising the needs of future generations.

These are the most common publications that contain the term “sustainable technologies” in their titles.

The article [*Dada et al., 2025*] reviews biogas biodesulfurization technologies for industrial applications with a focus on aerobic and anoxic biofilters, biotrickling filters and bioscrubbers. Biodesulfurization technologies are characterized by high efficiencies of up to

99%. They are cost-effective, but precautions must be taken to avoid the risk of explosion and hydrogen sulphide gas poisoning.

Superhydrophobic surfaces with exceptional water-repellent properties are crucial for various applications. Methods to achieve superhydrophobicity include polymer grafting, dip coating, chemical deposition, and etching [Shahzadi et al., 2024]. The use of nanomolecules, fluorocarbons, silicones, and natural waxes is also discussed.

Through the Sustainable Development Goals (SDGs), the United Nations seeks to address clean water, sanitation and climate issues. Reverse osmosis membrane technology is widely used for water supply [Nurjanah et al., 2024].

A study [Lowy et al., 2024] examines cost-effective electrochemical carbon dioxide reduction (ECO2RR) methods for converting atmospheric CO₂ into fuels, particularly C₂ molecules and C₆₋₈ alkanes. The authors found no thermodynamic obstacles to perform CO₂ electroreduction.

Thus, publications with the term “sustainable technologies” in the title usually offer purely technological solutions without analyzing the social aspects of their implementation.

Using the term “sustainable energy technologies” in the title of publications in the *ScienceDirect* abstract database yielded two publications that mention social aspects.

The study [Eppe et al., 2025] analyzing the psychological determinants of sustainable energy technology adoption found that personal norms, attitudes, and perceived behavioral control have the strongest positive associations with adoption outcomes. Environmental concerns and perceived monetary costs increased over time, while other constructs remained stable. This meta-analysis suggests the need for targeted interventions to promote sustainable energy technologies.

New sustainable and renewable energy technologies play a central role in mitigating or adapting to climate change. The authors [Milani et al., 2024] analyzed articles from *Scopus*, *Web of Science* and *PsychInfo* databases. Results showed that beliefs related to context and technology had a greater influence on social acceptance than purely individual (e. g., cognitive) or sociodemographic variables.

The two articles cited above reveal the psychological aspects of the perception of new sustainable energy technologies. However, the socio-economic aspects remain uncovered.

Articles categorized under sustainable technologies and social issues were related to UN sustainable development topics.

The paper [Corsi et al., 2020] reviews literature on technology transfer for sustainable development, focusing on resource depletion, climate change, and social impacts. Results show a lack of social impacts in scientific works, with main impacts being health improvement, quality of life, and poverty alleviation.

The study [Raman et al., 2025] takes an integrative and critical approach to explore how Social Entrepreneurship aligns with the SDGs and promotes inclusive, sustainable and innovative change. A systematic literature review was conducted to ensure rigor and transparency in the selection of studies from 2015 to 2024. The review identified thematic gaps in the existing literature, including under-researched areas such as sector-specific finance, digital innovation, entrepreneurship in emerging sectors, adoption of sustainable technologies, and contextualizing Social Entrepreneurship into SDG-related outcomes. The findings reveal that SEs contribute to SDGs 4, 8, and 9 by using inclusive models and digital tools, such as AI and blockchain technology. SEs also advance SDGs 10, 11, and 12, which are enabled by institutions (SDG 16) and partnerships (SDG 17).

Publications that fulfill the request for the presence of the terms “SDG 7,” “technology,” and “social” in titles and abstracts are mostly from the last three years. Examples are given below.

To achieve Goal 7 of the 2030 Agenda for Sustainable Development, the extraction of fossil fuels remains critical to the transition to low-carbon energy and renewable sources. Efforts to improve oil recovery at low cost are necessary, but environmental conservation must be prioritized [Quintella et al., 2025].

Solar desalination is a sustainable solution to climate change and water scarcity. It contributes to achieving key SDGs, such as *No Poverty*, *Zero Hunger*, *Clean Water and Sanitation*, *Affordable and Clean Energy*, and *Combating Climate Change*. Solar desalination also provides economic and social benefits [Madhuri et al., 2025].

The paper [Abdelkareem et al., 2025] explores the impact of electric vehicles (EVs) on the SDGs and their social, economic, and environmental impacts. It highlights EVs’ significant influence on SDGs such as *Affordable and Clean Energy*, *Industry, Innovation, Infrastructure*, *Sustainable Cities and Communities*, *Responsible Consumption and Production*, and *Climate Action*. The paper examines case studies from diverse contexts.

The study [Obaideen et al., 2024] analyzes 19 235 publications on wireless power transmission (WPT) from 2015 to 2023, highlighting its significant contribution to the SDGs SDG 7 (*Affordable and Clean Energy*) and SDG 3 (*Good Health and Wellbeing*) in the economic, environmental and social spheres.

In general, the literature review shows that there are publications on the topic of this study, but there are few of them found by direct queries. A solution can be achieved by broadening the search context.

The motivation and objectives of this study are due to the fragmented nature of publications on the topic of interest (as noted in the title) and the low probability of finding a sufficient number of publications comprehensive analysis of topic. Therefore, it was decided to conduct the study in two stages: in the first stage, to identify the topics of publications that can be attributed to the relevant issues of energy technologies for SDG 7. And also, to develop a convenient method for graphical representation of the actual research topics. The second stage involves conducting a separate study revealing the social aspects of sustainable energy technologies identified as relevant in the first stage.

The choice of the *Dimensions.ai* platform as a source of bibliometric data was based on two reasons: open access to the database and the availability of a filter on the SDGs.

Note: the justification of the proposed context expansion is confirmed by the fact that, of the 15 000 bibliometric records analyzed in this paper, 777 contained the term “social.” This is significantly more than could be found using direct queries.

Materials and Methods

The data source for the bibliometric records was *Dimensions.ai*, current as of June 30, 2025.

The export filters were: publication affiliation with the SDG 7 sustainability theme; publication type: “Article”; publication years: 2020–2025 and journals: “Energies,” “Renewable and Sustainable Energy Reviews,” “Energy,” “International Journal of Hydrogen Energy,” “Applied Energy,” “IEEE Access,” “Sustainability,” “Journal of Cleaner Production,” “Renewable Energy”.

For each year, 2 500 of the most relevant records containing the term “technology” in their title were exported. A total of 15 000 bibliometric records were exported.

The following programs were used to analyze and visualize bibliometric data: *VOSviewer* [Waltman et al., 2010] and *Scimago Graphica* [Hassan-Montero et al., 2022].

Results and Discussions

Since the data exported from *Dimensions.ai* does not contain keyword fields, the texts of the title and abstract fields were used in this work.

Using the default *VOSviewer* parameters, the program identified a total of 241 267 terms, 7 032 of which occurred five or more times. By utilizing the recommended 60%, the 4 219 most relevant terms and further 1 000 terms with the highest total link strength were selected to build a term co-occurrence network. Under these conditions, five clusters were obtained.

A disadvantage of the approach with default parameters was the large number of one-word terms of general character, e. g., energy, system. Therefore, only terms consisting of two or more words were retained for further research. Such terms among 1 000 previously selected ones were 662 and the graph of their co-currencies is shown in fig. 1.

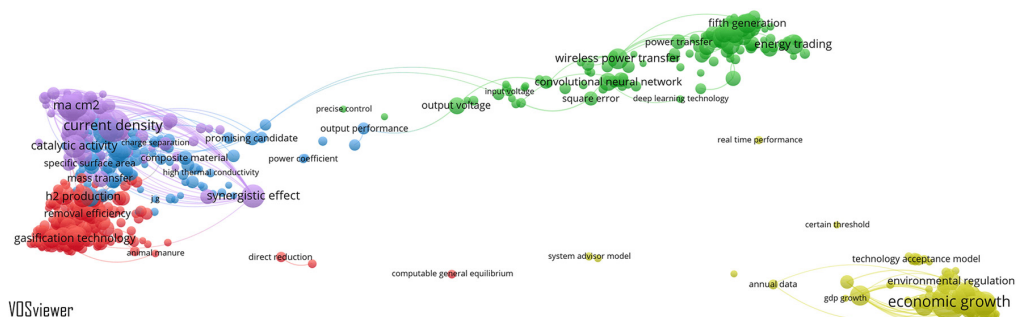


Fig. 1. Five clusters of the network based on the co-occurrence of 662 non-single-word terms from 15 000 bibliometric records

The main purpose of such charts is to identify the dominant topics described by a set of keywords. At the next stage, the selected set of keywords can be used to find publications that are most representative of the topic under consideration.

There is no single “true” choice of a set of keywords for the subsequent literature search. Therefore, this paper presents two alternatives: in the first case, tables of terms are constructed for each cluster: 10 most frequently occurring terms (Occurrences), 10 with high normalized citations (Avg. norm. citations) and those occurring in newer publications (Avg. pub. year); in the second case, graphs of the network of co-occurrence of key terms for each cluster are constructed in the coordinates average normalized citation — average year of publications in which the key term occurs.

To illustrate that, each table or graph is followed by the article(s) corresponding to that set of key terms, as well as a brief summary of the article abstract.

Table 1. Each of the top ten terms from the first cluster ranked by occurrence, citation, and novelty

Occurrences	Avg. norm. citations	Avg. pub. year
h ₂ production	circular bioeconomy	catalyst design
gasification technology	animal manure	catalyst stability
microbial fuel cell	microbial fuel cells	reaction pathway
gasification process	bio oil yield	valuable chemical
hydrogen yield	waste biomass	preparation method
lignocellulosic biomass	biomass pyrolysis	main product
bio oil	water gas shift reaction	hydrogen rich syngas
syngas production	methane pyrolysis	environmental remediation
biohydrogen production	bioethanol production	kinetic analysis
food waste	preparation method	efficient conversion

The following key terms were used to find an example article: H₂ production; circular bioeconomy; catalyst design [Chen *et al.*, 2023].

This review examines the design, synthesis and application of waste-based electrocatalysts for clean hydrogen energy with a focus on the circular economy. The cost-effective use of spent catalysts in water electrolysis, following the principle of circular economy, makes a significant contribution to the sustainable development of green hydrogen production.

Table 2. Each of the top ten terms from the second cluster ranked by occurrence, citation, and novelty

Occurrences	Avg. norm. citations	Avg. pub. year
wireless power transfer	higher data rate	precise control
energy trading	high throughput	federated learning
fifth generation	network function virtualization	mode control
communication system	deep learning technology	mean absolute error
base station	massive mimo	deep reinforcement learning
iot device	markov decision process	6g network
convolutional neural network	high data rate	consensus mechanism
wireless communication	6g network	deep deterministic policy gradient
unmanned aerial vehicle	phasor measurement unit	reconfigurable intelligent surface
wireless network	cloud computing	long short term memory

The following key terms were used to find an example article: wireless power transfer; higher data rate; precise control [Trigui *et al.*, 2020]. The paper presents a wireless power and downlink data transfer system for medical implants using a 10 MHz inductive link. The system uses a *Carrier Width Modulation* (CWM) scheme for high-speed communication and efficient power delivery. The system operates under a wide range of data rates, with a maximum data rate of 3.33 Mb/s and a maximum power delivery of 6.1 mW at 1 cm coils separation distance. The system's genericity allows operators to choose the best compromise between power and data rates without reconfiguring the receiver.

Table 3. Each of the top ten terms from the third cluster ranked by occurrence, citation, and novelty

Occurrences	Avg. norm. citations	Avg. pub. year
water splitting	photoelectrochemical water splitting	hydrogen adsorption
surface area	water molecule	catalytic efficiency
activation energy	solid state hydrogen storage	solid state hydrogen storage technology
electrode material	hydrogen adsorption	synergistic interaction
hydrogen production rate	photocatalytic hydrogen production	hydrogen storage material
specific surface area	hydrogen storage material	density functional theory
metal organic framework	hydrogen efficiency	molecular dynamic
reaction kinetic	photocatalytic activity	charge transfer
promising candidate	photocatalytic performance	hydrogen storage capacity
electrochemical performance	liquid organic hydrogen carrier	hydrogen storage application

The following key terms were used to find an example article: water splitting; photo-electrochemical water splitting; hydrogen adsorption [Fu et al., 2024]. Oxygen vacancies enhance charge transfer between active sites and adatoms, reducing the system’s work function and enhancing redox capacity. This reduces hydrogen adsorption-free energy for the hydrogen evolution reaction and overpotential for the OER, facilitating photoelectrochemical activity of overall water splitting. Oxygen vacancies also reduce hydrogen adsorption-free energy and overpotential.

Table 4. Each of the top ten terms from the fourth cluster ranked by occurrence, citation, and novelty

Occurrences	Avg. norm. citations	Avg. pub. year
economic growth	load capacity factor	chinese city
panel data	quarterly data	digital infrastructure
renewable energy consumption	ecological sustainability	dual carbon
technology innovation	nonrenewable energy consumption	natural resource rent
green technology innovation	green innovation	policy uncertainty
environmental degradation	empirical finding	threshold effect
environmental regulation	green technological innovation	higher quantile
empirical result	brics country	load capacity factor
long run	negative shock	ecological sustainability
environmental quality	regional heterogeneity	economic policy uncertainty

The following key terms were used to find an example article: economic growth; load capacity factor; Chinese city [Usman et al., 2024]. This study examines the impact of clean energy expansion and natural resource extraction on China’s load capacity factor from 1970 to 2018, highlighting the potential for a sustainable decarbonized economy in the country. It emphasizes the need for investment in clean energy sources and efficient use of available natural resources to mitigate the environmental impact of non-renewable energy.

Table 5. Each of the top ten terms from the fifth cluster ranked by occurrence, citation, and novelty

Occurrences	Avg. norm. citations	Avg. pub. year
current density	anion exchange membrane	slow kinetic
oxygen evolution reaction	efficient hydrogen production	alkaline condition
ma cm ²	water electrolysis technology	seawater electrolysis
hydrogen evolution reaction	noble metal	catalytic mechanism
synergistic effect	alkaline water electrolysis	alkaline water electrolysis
catalytic activity	water electrolyzer	electrocatalytic water splitting
active site	large scale hydrogen production	electronic structure
catalytic performance	sustainable hydrogen production	m koh
mass transfer	bifunctional electrocatalyst	bifunctional electrocatalyst
hydrogen evolution	proton exchange membrane water electrolysis	oxygen evolution reaction

The following key terms were used to find an example article: current density; anion exchange membrane; slow kinetic [Serban *et al.*, 2025]. The study presents a simple electro-deposition method for a self-supported Ni₄Mo–MoOx catalyst, which is a cost-effective alternative to platinum group metal (PGM) catalysts used in modern AEM water electrolyzers for green hydrogen production. The cooperation between MoOx and Ni₄Mo enhances the Volmer step of HER due to their superior activity.

The challenge of this approach is that terms with high-level characteristics, such as frequent occurrence and high average citation and occurrence in new publications, may rarely appear together in the title and abstract of a single paper. Therefore, few publications can be found, making it difficult to compile a reference list to address the topic in detail.

As an alternative, an approach based on a graphical representation of terms co-occurrence network for each of the five clusters, shown in coordinates of average normalized citation and occurrence in new publications, is considered below. In addition, 4 sub-clusters are formed for each cluster. This grouping increases the visibility of the co-occurrence of terms, which improves the understanding of the subcluster topic and the ability to find a more accurate list of publications by the subtopic. This enables the identification of a relevant topic that meets several parameters at once: average normalized citation, occurrence of terms in new publications, and total link strength of terms. The latter is achieved by setting a threshold for the total link strength parameter. The elegance of this approach lies not only in its visibility, but also in the fact that it can be implemented within a single free program — *Scimago Graphica*.

Each of the five figures (fig. 2–6) consists of two graphs. The upper graph shows the structure of one of the clusters corresponding to fig. 1. The lower graph is plotted on the same data using the *Scimago Graphica* program in coordinates Average normalized number of citations and Average publication year of the documents in which a keyword occurs. The terms of the bottom graph were additionally clustered using the algorithm based on Clauset, Newman and Moore [Clauset *et al.*, 2004], built into the *Scimago Graphica* program. Additional clustering was used to narrow the set of terms reflecting the current topic and, consequently, the set of terms within one community.

Fig. 2 shows the terms co-occurrence graph for the first cluster presented in fig. 1.

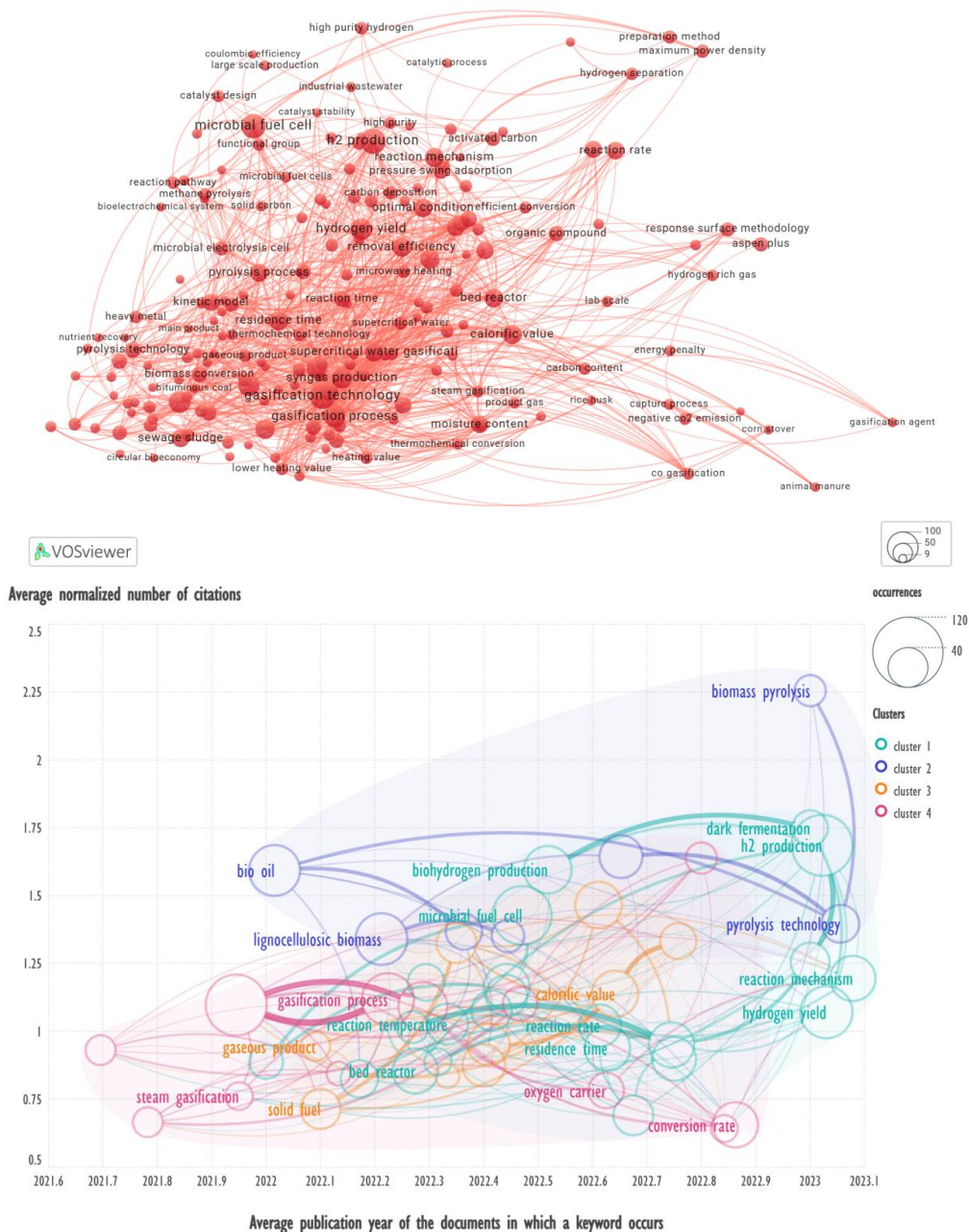


Fig. 2. A graph describing a promising research topic employing terminology from the first cluster

In this case, the topic biomass pyrolysis has a good citation rate and frequently appears in new publications. It has a Total Link Strength of 72 and an occurrence of 25. (The total link strength for a node is the sum of the strength values of all the links connected to that node.)

The following two publications may be considered as examples:

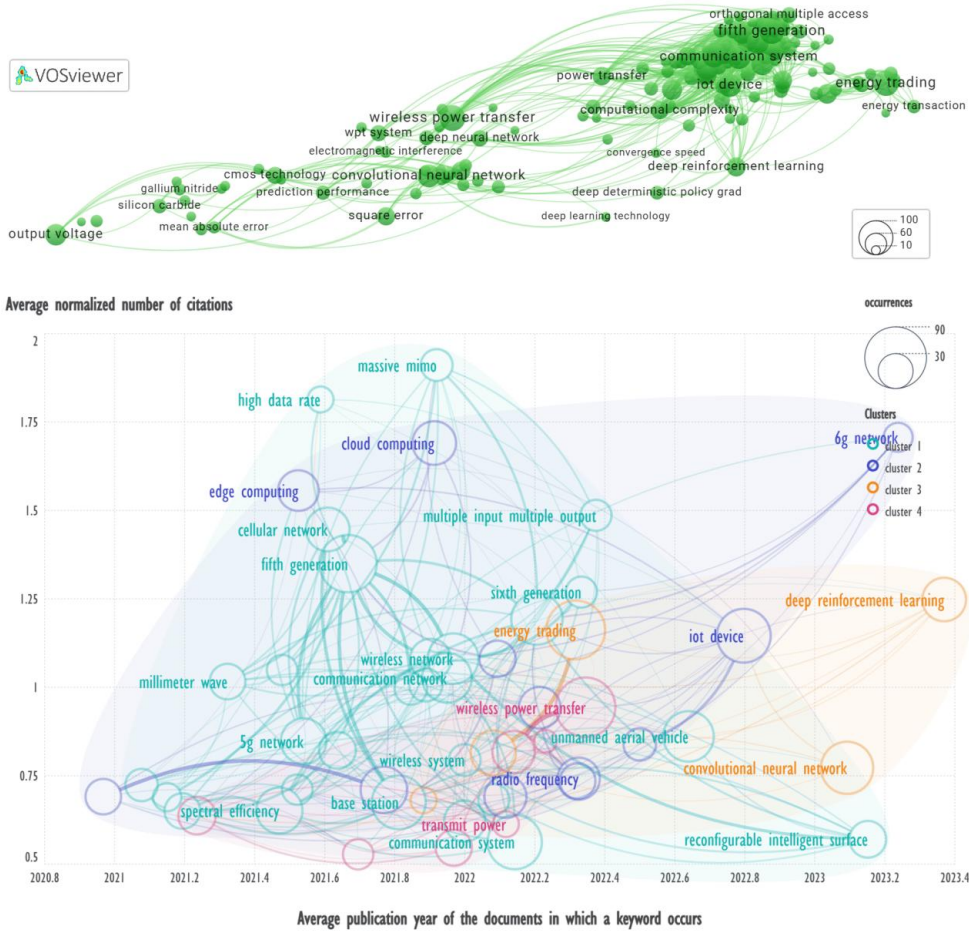


Fig. 3. A graph describing a promising research topic employing terminology from the second cluster

The study [Al-Rumaihi *et al.*, 2022] reviews pyrolysis techniques, reactor types, and parameters to optimize biochar production from co-pyrolysis of plastic and biomass feedstock. It identifies temperature, heating rate, reactor bed height, residence time, pressure, feedstock type, and blending ratio as determinants affecting yield, stability, and carbon content of biochar (2022 / 371→Year / Cited).

The increasing energy consumption and environmental concerns highlight the need for renewable and clean energy sources, particularly hydrogen. The paper [Nguyen *et al.*, 2024] reviews recent advancements in biomass pyrolysis and gasification, focusing on technical problems, efficiency, and mechanisms (2024 / 124).

Fig. 3 shows the terms co-occurrence graph for the second cluster presented in fig. 1.

In this case, the topic 6g network has a good citation rate and frequently appears in new publications. It has a Total Link Strength of 71 and an occurrence of 21. The topic is quite extensive, so let's add the term *iot device*, which occurs 69 times and has a Total Link Strength — 171.

The following two publications may be considered as examples:

The *6G Internet of Things (IoT)* has gained considerable attention with the advent of 5G networks. To address issues such as information transmission, data aggregation and power supply. A variance-based integration model is proposed for the 6G IoT approach, which considers energy, communication, and computation and integrates the optimization of transmission beams via the improved ant colony optimization model to balance system performance, energy consumption, and computational complexity [Ramamoorthy *et al.*, 2023] (2023 / 11).

The paper [Sefati *et al.*, 2024] provides a literature review on IoT resource management in 6G cellular networks. A comparative study of IoT resource management techniques, an overview of how resources are managed in LTE, 5G and 6G networks, an analysis of applications such as *Intelligent Transportation Systems (ITS)*, *Industrial IoT (IIoT)* and *Mobile Crowdsensing (MCS)*, and a discussion of upcoming challenges (2024 / 16).

Fig. 4 shows the terms co-occurrence graph for the third cluster presented in fig. 1.

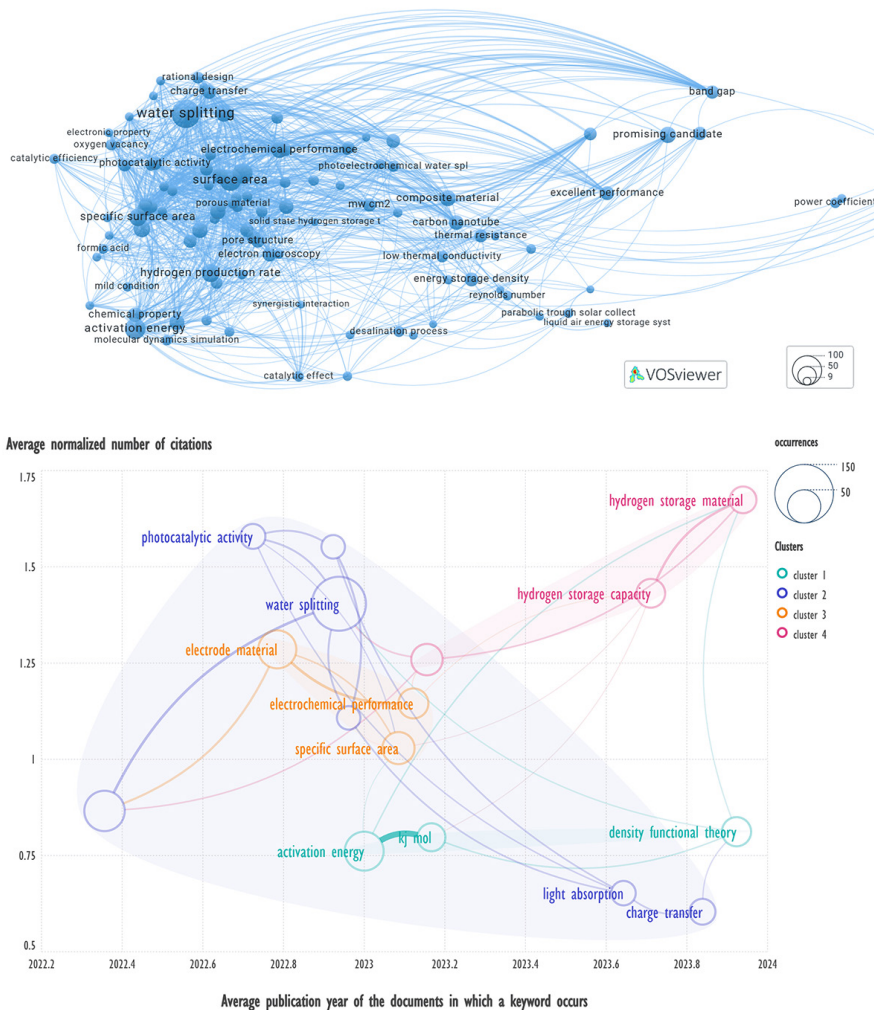


Fig. 4. A graph describing a promising research top ic employing terminology from the third cluster

In this case, the topic hydrogen storage material has a good citation rate and frequently appears in new publications. It has a *Total Link Strenth* of 92 and an occurrence of 33.

The following two publications may be considered as examples:

Efficient and safe hydrogen storage is one of the main challenges for large-scale hydrogen energy. Solid hydrogen storage materials that perform well under ambient conditions are promising for future hydrogen storage technologies. In this study [Bao *et al.*, 2023], structural controllability and physicochemical parameters are analyzed to theoretically justify strategies for the synthesis of metal-organic frameworks (2023 / 41).

The article [Shu *et al.*, 2025] presents an analysis of hydrogen production strategies, storage and transportation technologies, and a wide range of applications. Particular attention is paid to hydrogen storage technologies, which are rapidly evolving and critical for sustainable development. The article also discusses hydrogen storage material selection, cost-effectiveness, safety, and future development trends. In addition, the article discusses hydrogen transportation methods, fuel cell technology, hydrogen combustion and its potential in low-carbon transportation (2025 / 24).

Fig. 5 shows the terms co-occurrence graph for the fourth cluster presented in fig. 1.

In this case, the topic green technological innovation has a good citation rate and frequently appears in new publications. It has a *Total Link Strenth* of 104 and an occurrence of 22.

Note: In addition to the term green technological innovation, the graph also uses the term green technology innovation. When conducting a study like ours, it is reasonable to use *VOSviewer* to analyze texts in two stages. The first stage is the usual procedure. The second stage involves correcting selected keywords. When using *VOSviewer* for index or author keywords, it is possible to perform lemmatization beforehand to exclude similar spellings of terms. However, this is not possible when using *VOSviewer* for texts because key terms are extracted based on linguistic analysis. For example, the ending may be important. One possible solution is to use *thesaurus_terms* files in the second pass.

The following two publications may be considered as examples:

The study [Jiakui *et al.*, 2023] explores the impact of green financing, financial development, and green technology innovation on green total factor productivity in 28 Chinese provinces from 2011–2021. Results show that green financing significantly enhances green productivity, and legislation can accelerate its growth (2023 / 459).

The study [Fang, 2023] examines the effects of economic complexity index, energy sector investment, green technical innovation and industrial structure growth on carbon dioxide emissions in 32 provinces in China from 2005 to 2019. The results show that the economic complexity index is responsible for the worsening trends in China's carbon dioxide emissions, while renewable energy investment, green technical innovation and industrial structure contribute to their reduction (2023 / 151).

It should be emphasized that the selected articles not only have a high citation rate, but also have a relevance to the other clusters in this fig. that is expressed in terms: green finance, green technology innovation, empirical finding, Chinese city (close in meaning to Empirical insights from China, case study of China).

The top part of the fig. 5 shows that the overall cluster topic is relevant to the economic growth theme.

Given the high citation rate of the selected publications, the frequent co-occurrence of many key terms, and the direct relevance to economic growth, it is appropriate to examine this subtopic in more detail in subsequent studies.

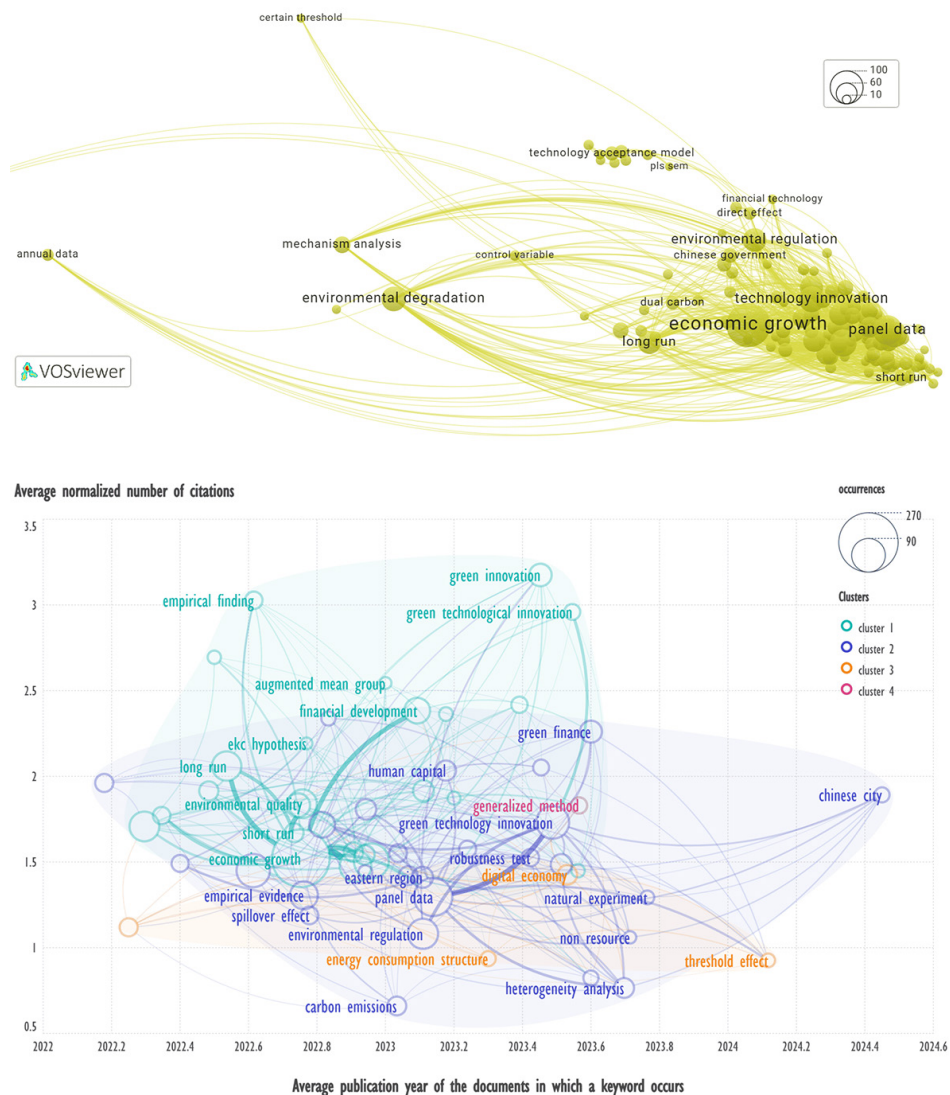


Fig. 5. A graph describing a promising research topic employing terminology from the fourth cluster

Fig. 6 shows the terms co-occurrence graph for the fifth cluster presented in fig. 1. In this case, the topic alkaline water electrolysis has a good citation rate and frequently appears in new publications. It has a Total Link Strength of 72 and an occurrence of 36. The following two publications may be considered as examples: The review [Maier et al., 2022] discusses advances in alkaline water electrolysis with polymer electrolyte membranes for hydrogen production, with emphasis on cost, efficiency, and durability. In addition, the current understanding of mass transfer and its characterization/diagnosis in water electrolyzers with polymer electrolyte membranes is reviewed, with emphasis on the flow channels, liquid-gas diffusion layer, and polymer electrolyte membrane (2022 / 157).

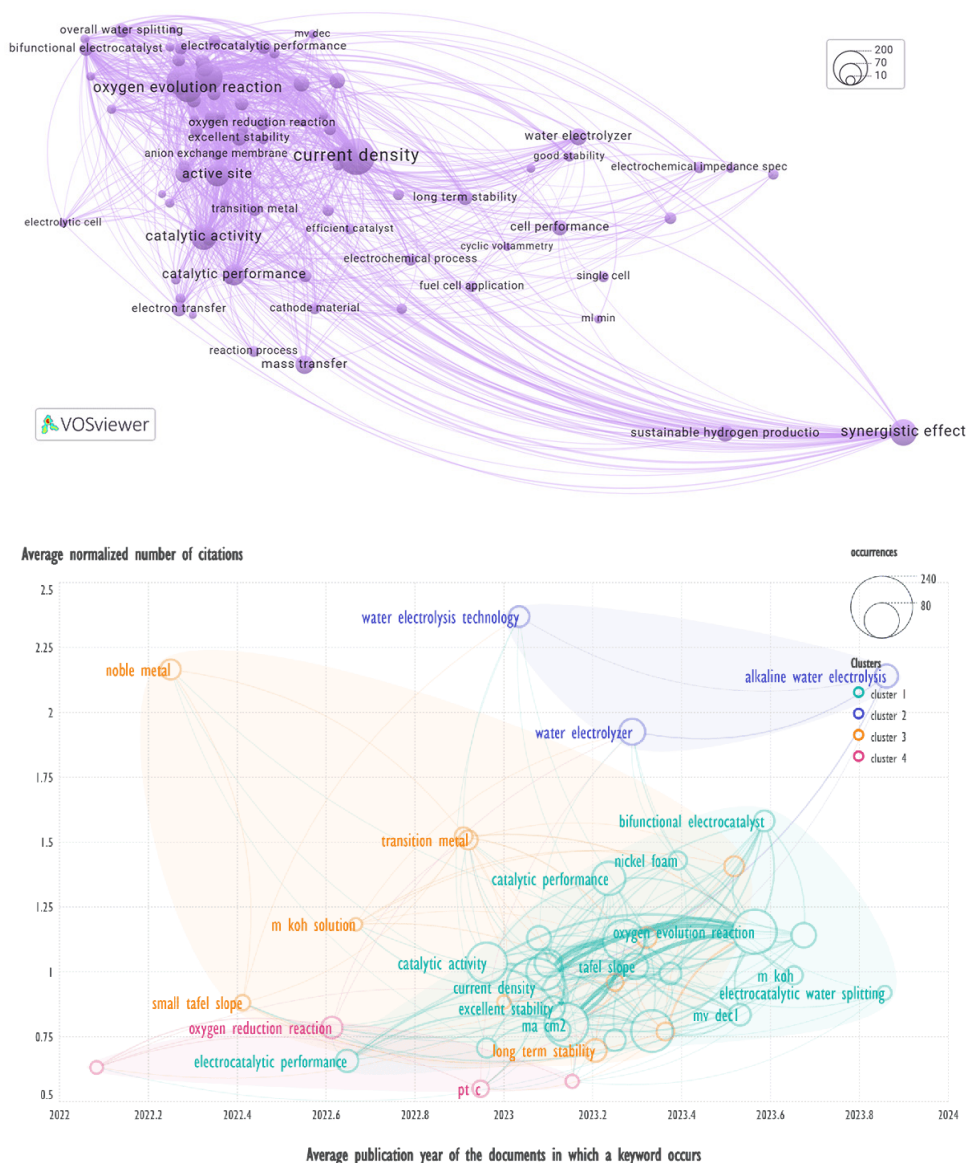


Fig. 6. A graph describing a promising research topic employing terminology from the fifth cluster

The review [Emam et al., 2024] explores alkaline water electrolysis, a technology for producing hydrogen, and offers insights for achieving sustainable growth. Focusing on large-scale systems and industrial applications, it highlights the technology's economic feasibility, cost considerations, and transformational impact. Key discoveries, critical assessments, and areas for future research are highlighted, including electrode materials, safety standards, scaling efficiencies, operational flexibility, and surface modification techniques (2024 / 93).

To achieve a better view of the graphs generated by the *Scimago Graphica* program additional constraints were used: Average normalized number of citations (avg.norm.ci-

tations) ≥ 0.5 . The number of nodes displayed on the graph was controlled by the *total_link_strength* filter (~60–70). This parameter can be considered an additional relevance criterion for topics — terms with significant connections to other terms better reflect the topic of publications.

It is worth noting that while using the terms from the tables required searching for publications in general-purpose search engines such as *Semantic Scholar*, the terms presented in figures 2–6 made it possible to find suitable publications in the source files exported from *dimensins.ai* and used in this study.

Publications found using the key terms presented in the graphs are often of a review nature and are more suitable for identifying general trends in research on the topic under study. The combination of three terms from the tables, strongly narrows the search result, so it may be more suitable for identifying rather specific problems relevant at the given time.

Conclusion

The text analysis of 15 000 bibliometric records concerning technologies related to the SDG-7 theme allowed to identify 5 clusters of topical problems mainly related to renewable energy, wireless energy transmission, water electrolysis, hydrogen production and storage, especially in solid materials and problems related to economic growth.

The most relevant research topics characteristic of the first cluster can be described by the following key terms: H₂ production, gasification technology, microbial fuel cell, gasification process, circular bioeconomy, catalyst design, catalyst stability, reaction pathway, biomass pyrolysis. According to fig. 2, biomass pyrolysis can serve as a promising research topic.

The most relevant research topics characteristic of the second cluster can be described by the following key terms: wireless power transfer, energy trading, precise control, federated learning, mode control, mean absolute error, deep reinforcement learning, 6g network, higher data rate. According to fig. 3, 6g network and deep reinforcement learning can serve as promising research topics.

The most relevant research topics characteristic of the third cluster can be described by the following key terms: water splitting, hydrogen adsorption, catalytic efficiency, solid state hydrogen storage technology, synergistic interaction, hydrogen storage material, photoelectrochemical water splitting. According to fig. 4, hydrogen storage material can serve as a promising research topic.

The most relevant research topics characteristic of the fourth cluster can be described by the following key terms: economic growth, load capacity factor, Chinese city, quarterly data, ecological sustainability, digital infrastructure, non-renewable energy consumption, natural resource rent. According to fig. 5, green innovation can serve as a promising research topic.

The most relevant research topics characteristic of the fifth cluster can be described by the following key terms: current density, oxygen evolution reaction, anion exchange membrane, efficient hydrogen production, water electrolysis technology, slow kinetic, alkaline condition, seawater electrolysis. According to fig. 6, alkaline water electrolysis can serve as a promising research topic.

Limitations and Future Research: The analysis showed that nuclear and hydro power are not present as relevant topics in the collected bibliometric data. However, they belong to the clean energy and SDG 7. Thus, it seems reasonable to examine how the SDG-7 topic

affiliation filter query is organized and expand it. It also makes sense to broaden the list of quality energy-related journals.

In bibliometric records exported from *Dimensions.ai*, there is no “Keywords” field. Therefore, *VOSviewer* was used to work with the text fields of titles and abstracts. A preliminary morphological analysis was conducted, and noun phrases were selected. It is reasonable to carry out this work in several stages. First, perform morphological analysis and identify noun groups. Then, add key terms that reflect the subject of study, select them in text fields, and normalize them. Finally, carry out clustering, as is done for keywords.

The results showed that the most promising research topics are often purely technological in nature. It would be useful to conduct a separate study reflecting the social aspects of energy transition and sustainable energy technologies using terms such as “affordable energy” and “energy equity”. Then find areas where technology and society intersect.

References

- Abdelkareem, M.A., Olabi, A.G., AlMallahi, M.N., Mahmoud, M., Elgendi, M. (2025). Contributions of Electric Vehicles towards the Sustainable Development Goals, *Energy Conversion and Management*, no. X, 101170. DOI: 10.1016/j.ecmx.2025.101170.
- Al-Rumaihi, A., Shahbaz, M., McKay, G., Mackey, H., Al-Ansari, T. (2022). A Review of Pyrolysis Technologies and Feedstock: A Blending Approach for Plastic and Biomass towards Optimum Biochar Yield, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, no. 167, 112715. DOI: 10.1016/j.rser.2022.112715.
- Bao, W., Yu, J., Chen, F., Du, H., Zhang, W., Yan, S., Lin, T., Li, J., Zhao, X., Zhu, B. (2023). Controllability Construction and Structural Regulation of Metal-Organic Frameworks for Hydrogen Storage at Ambient Condition: A Review, *International Journal of Hydrogen Energy*, 48 (92), 36010–36034. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2023.06.006.
- Chen, Z., Yun, S., Wu, L., Zhang, J., Shi, X., Wei, W., Liu, Y., Zheng, R., Han, N., Ni, B.-J. (2023). Waste-Derived Catalysts for Water Electrolysis: Circular Economy-Driven Sustainable Green Hydrogen Energy, *Nano-Micro Letters*, 15 (1), 4. DOI: 10.1007/s40820-022-00974-7.
- Clauset, A., Newman, M.E.J., Moore, C. (2004). Finding Community Structure in Very Large Networks, *Physical Review E*, 70 (6), 066111. DOI: 10.1103/PhysRevE.70.066111.
- Corsi, A., Pagani, R.N., Kovaleski, J.L., Luiz Da Silva, V. (2020). Technology Transfer for Sustainable Development: Social Impacts Depicted and Some Other Answers to a Few Questions, *Journal of Cleaner Production*, no. 245, 118522. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.118522.
- Dada, O.I., Yu, L., Neibergs, S., Chen, S. (2025). Biodesulfurization: Effective and Sustainable Technologies for Biogas Hydrogen Sulfide Removal, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, no. 209, 115144. DOI: 10.1016/j.rser.2024.115144.
- Emam, A.S., Hamdan, M.O., Abu-Nabah, B.A., Elnajjar, E. (2024). A Review on Recent Trends, Challenges, and Innovations in Alkaline Water Electrolysis, *International Journal of Hydrogen Energy*, no. 64, 599–625. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2024.03.238.
- Eppe, P.S., Niehoff, E., Albers, C., Bouman, T. (2025). Sustainable Energy Technology Adoption for a Low-Carbon Future: A Global Meta-Analysis of Psychological Determinants, *Energy Research & Social Science*, no. 126, 104152. DOI: 10.1016/j.erss.2025.104152.
- Fang, Z. (2023). Assessing the Impact of Renewable Energy Investment, Green Technology Innovation, and Industrialization on Sustainable Development: A Case Study of China, *Renewable Energy*, no. 205, 772–782. DOI: 10.1016/j.renene.2023.01.014.
- Fu, H., Qi, Q., Li, Y., Pan, J., Zhong, C. (2024). Oxygen-Vacancy-Induced Enhancement of Bivo4 Bifunctional Photoelectrochemical Activity for Overall Water Splitting, *Nanomaterials*, 14 (15), 1270. DOI: 10.3390/nano14151270.

Hassan-Montero, Y., De-Moya-Anegón, F., Guerrero-Bote, V.P. (2022). SCImago Graphica: A New Tool for Exploring and Visually Communicating Data, *El Profesional de la información*, e310502. DOI: 10.3145/epi.2022.sep.02.

Jiakui, C., Abbas, J., Najam, H., Liu, J., Abbas, J. (2023). Green Technological Innovation, Green Finance, and Financial Development and Their Role in Green Total Factor Productivity: Empirical Insights from China, *Journal of Cleaner Production*, no. 382, 135131. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.135131.

Jones, E.C., Reyes, A. (2023). Identifying Themes in Energy Poverty Research: Energy Justice Implications for Policy, Programs, and the Clean Energy Transition, *Energies*, 16 (18), 6698. DOI: 10.3390/en16186698.

Kime, S., Jacome, V., Pellow, D., Deshmukh, R. (2023). Evaluating Equity and Justice in Low-Carbon Energy Transitions, *Environmental Research Letters*, 18 (12), 123003. DOI: 10.1088/1748-9326/ad08f8.

Lowy, D.A., Melendez, J.R., Mátyás, B. (2024). Electroreduction of Carbon Dioxide to Liquid Fuels: A Low-Cost, Sustainable Technology, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, no. 194, 114300. DOI: 10.1016/j.rser.2024.114300.

Madhuri, R.V.S., Said, Z., Ihsanullah, I., Sathyamurthy, R. (2025). Solar Energy-Driven Desalination: A Renewable Solution for Climate Change Mitigation and Advancing Sustainable Development Goals, *Desalination*, no. 602, 118575. DOI: 10.1016/j.desal.2025.118575.

Maier, M., Smith, K., Dodwell, J., Hinds, G., Shearing, P.R., Brett, D.J.L. (2022). Mass Transport in PEM Water Electrolysers: A Review, *International Journal of Hydrogen Energy*, 47 (1), 30–56. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2021.10.013.

Milani, A., Dessi, F., Bonaiuto, M. (2024). A Meta-Analysis on the Drivers and Barriers to the Social Acceptance of Renewable and Sustainable Energy Technologies, *Energy Research & Social Science*, no. 114, 103624. DOI: 10.1016/j.erss.2024.103624.

Nguyen, V.G., Nguyen-Thi, T.X., Phong Nguyen, P.Q., Tran, V.D., Ağbulut, Ü., Nguyen, L.H., Balasubramanian, D., Tarelko, W., A. Bandh, S., Khoa Pham, N.D. (2024). Recent Advances in Hydrogen Production from Biomass Waste with a Focus on Pyrolysis and Gasification, *International Journal of Hydrogen Energy*, no. 54, 127–160. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2023.05.049.

Nurjanah, I., Chang, T.-T., You, S.-J., Huang, C.-Y., Sean, W.-Y. (2024). Reverse Osmosis Integrated with Renewable Energy as Sustainable Technology: A Review, *Desalination*, no. 581, 117590. DOI: 10.1016/j.desal.2024.117590.

Obaideen, K., Albasha, L., Iqbal, U., Mir, H. (2024). Wireless Power Transfer: Applications, Challenges, Barriers, and the Role of AI in Achieving Sustainable Development Goals — A Bibliometric Analysis, *Energy Strategy Reviews*, no. 53, 101376. DOI: 10.1016/j.esr.2024.101376.

Quintella, C.M., Rodrigues, P.D., Ramos-de-Souza, E., Carvalho, E.B., Nicoletti, J.L., Hanna, S.A. (2025). Integration of EOR/IOR and Environmental Technologies in BRICS and NonBRICS: A Patent-Based Critical Review, *Energy Reports*, no. 13, 747–758. DOI: 10.1016/j.egy.2024.11.081.

Ramamoorthy, P., Sanober, S., Di Nunzio, L., Cardarilli, G.C. (2023). Sustainable Power Consumption for Variance-Based Integration Model in Cellular 6g-iot System, *Sustainability*, 15 (17), 12696. DOI: 10.3390/su151712696.

Raman, R., Alka, T.A., Suresh, M., Nedungadi, P. (2025). Social Entrepreneurship and Sustainable Technologies: Impact on Communities, Social Innovation, and Inclusive Development, *Sustainable Technology and Entrepreneurship*, 4 (3), 100110. DOI: 10.1016/j.stae.2025.100110.

Sefati, S.S., Haq, A.U., Nidhi, Craciunescu, R., Halunga, S., Mihovska, A., Fratu, O. (2024). A Comprehensive Survey on Resource Management in 6g Network Based on Internet of Things, *IEEE Access*, no. 12, 113741–113784. DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3444313.

Serban, A., Liu, M.-T., Chen, N., Chen, H.M., Hu, X. (2025). An Oxide-Promoted, Self-Supported Ni₄ Mo Catalyst for High Current Density Anion Exchange Membrane Water Electrolysis, *Energy & Environmental Science*, 18 (3), 1533–1543. DOI: 10.1039/D4EE04528A.

Shahzadi, S., Nadeem, N., Javid, A., Nawab, Y., Zubair, U. (2024). Strategic Insights into Realizing Superhydrophobic Surfaces on Cellulosic Substrates through Conventional and Sustainable Technologies. *Surfaces and Interfaces*, no. 53, 105034. DOI: 10.1016/j.surf.2024.105034.

Shu, K., Guan, B., Zhuang, Z., Chen, J., Zhu, L., Ma, Z., Hu, X., Zhu, C., Zhao, S., Dang, H., Zhu, T., Huang, Z. (2025). Reshaping the Energy Landscape: Explorations and Strategic Perspectives on Hydrogen Energy Preparation, Efficient Storage, Safe Transportation and Wide Applications, *International Journal of Hydrogen Energy*, no. 97, 160–213. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2024.11.110.

Törnblom, K.Y., Popa, R., & Krütli, P. (2025). Are Social Justice and Sustainability Interdependent? If So, how and under What Conditions?, *Sustainable Development*, 33 (1), 1269–1283. DOI: 10.1002/sd.3177.

Trigui, A., Ali, M., Hached, S., David, J.-P., Ammari, A.C., Savaria, Y., Sawan, M. (2020). Generic Wireless Power Transfer and Data Communication System Based on a Novel Modulation Technique, *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, 67 (11), 3978–3990. DOI: 10.1109/TCSI.2020.3010308.

Usman, O., Ozkan, O., Adeshola, I., Eweade, B.S. (2024). Analysing the Nexus between Clean Energy Expansion, Natural Resource Extraction, and Load Capacity Factor in China: A Step towards Achieving COP27 Targets, Environment, *Development and Sustainability*, 27 (6), 12583–12604. DOI: 10.1007/s10668-023-04399-z.

Waltman, L., Van Eck, N.J., Noyons, E.C.M. (2010). A Unified Approach to Mapping and Clustering of Bibliometric Networks, *Journal of Informetrics*, 4 (4), 629–635. DOI: 10.1016/j.joi.2010.07.002.

Wang, X., Lo, K. (2021). Just Transition: A Conceptual Review. *Energy Research & Social Science*, no. 82, 102291. DOI: 10.1016/j.erss.2021.102291.

Zaidan, E., Antoine Ibrahim, I. (2024). Achieving Energy Justice: The Role of Supervisory and Compliance Mechanisms in Global Frameworks and the International Community, *Energy Strategy Reviews*, no. 52, 101335. DOI: 10.1016/j.esr.2024.101335.

Ландшафт устойчивых энергетических технологий для ЦУР-7. Библиометрический анализ данных *Dimensions.ai*

Б.Н. ЧИГАРЕВ

Институт проблем нефти и газа Российской академии наук,
Москва, Россия;
e-mail: bchigarev@ipng.ru

Исследование направлено на выявление технологий, имеющих отношение к Цели устойчивого развития 7 — «Чистая и доступная энергия», путем анализа библиометрических данных платформы *Dimensions.ai*. Всего было проанализировано 15 000 записей за период 2020–2025 гг., опубликованных в девяти журналах, наиболее релевантных рассматриваемой теме. Показан метод определения актуальных тем исследований на основе совместной встречаемости ключевых терминов с учетом цитирования и среднего времени публикации статей, в которых эти термины встречаются. В исследовании использовались бесплатные программы для библиометрического анализа и визуализации — *VOSviewer* и *Scimago Graphica*. Актуальность исследования обусловлена тем, что энергетика имеет решающее значение для развития производства, особенно в условиях углубления автоматизации и внедрения искусственного интеллекта. Результаты текстового анализа заголовков и аннотаций библиометрических записей показали доминирование различных аспектов технологий, связанных с возобнов-

ляемыми источниками энергии, беспроводной передачей энергии, производством и хранением водорода, инновациями в электролизе воды и влиянием технологий на экономическое развитие. Данное исследование следует рассматривать как предварительное изучение того, как развитие технологии устойчивой энергетики могут повлиять на создание рабочих мест, реализацию экономических возможностей, энергетическое равенство и другие социальные проблемы.

Ключевые слова: устойчивые энергетические технологии, SDG-7, *Dimensions.ai*, тематический анализ, библиометрический анализ, визуализация.

ОЛЕГ ВАСИЛЬЕВИЧ МИХАЙЛОВ

доктор химических наук, профессор,
профессор кафедры аналитической химии,
сертификации и менеджмента качества
Казанского национального исследовательского
технологического университета,
Казань, Россия;
e-mail: olegmkhlv@gmail.com



Двадцать лет «хиршеметрии»: ретроспективный взгляд

УДК: 002+004.8

DOI: 10.24412/2079-0910-2025-4-114-124

Предлагаемая статья посвящена важной вехе в наукометрическом анализе публикационной активности, а именно 20-летию со дня публикации оригинальной статьи Х.Э. Хирша в журнале *Proceedings of National Academy of Sciences*, знаменовавшей собой появление нового, до того неизвестного в науке библиометрического параметра, получившего по имени его автора название «*h*-индекс», или «индекс Хирша». Рассмотрена эволюция этого параметра, его достоинства и недостатки, проблемы и перспективы его дальнейшего использования для оценки публикационной активности различных субъектов научно-исследовательской деятельности.

Ключевые слова: библиометрический параметр, *h*-индекс, индекс Хирша, хиршеподобный индекс, наукометрическая оценка, публикационная активность.

В 2005 г. малоизвестный в ту пору американский физик Хорхе Хирш из университета г. Сан-Диего (штат Калифорния) предложил для оценки научно-исследовательской деятельности отдельно взятого ученого-исследователя весьма оригинальный и в то же время весьма простой параметр цитируемости, получивший в его честь название «*h*-индекс», или «индекс Хирша» [Hirsch, 2005]. По определению самого «крестного отца» этого параметра, приведенному в этой оригинальной статье: “A scientist has index *h* if *h* of his / her *N* papers have at least *h* citations each, and the other (*N*–*h*) papers have no more than *h* citations each” («Исследователь имеет индекс *h*, если *h* из его *N* статей цитируются как минимум *h* раз каждая, в то время как оставшиеся (*N*–*h*) статей цитируются не более, чем *h* раз каждая»). По счастью, эта его работа была опубликована в очень высокоавторитетном журнале — *Proceedings of National Academy of Sciences*, и в немалой степени, наверное, поэтому она довольно скоро обратила на себя весьма пристальное внимание, причем не только специалистов в области науковедения и наукометрии, но в еще большей степени — тех

ученых самых различных отраслей науки, которые хоть как-то озабочены уровнем цитирования своих собственных публикаций, прежде всего — статей. Достаточно сказать, что, согласно данным *Scopus*, эта пионерская статья ныне является самой цитируемой статьей данного автора (около 8 800 (!) ссылок), причем с большим отрывом по цитируемости от остальных его статей.

Американский физик Хорхе Эдуардо Хирш родился в 1953 г. в Буэнос-Айресе, Аргентина. Получил степень бакалавра в университете Буэнос-Айреса. С 1976 г. работал в Чикагском университете, в котором получил степень доктора, после чего перешел в университет Сан-Диего, где занял должность профессора физики, которую занимает и в настоящее время. Научная работа и публикации Хирша в основном связаны с физикой твердого тела, сверхпроводимостью и ферромагнетизмом, но он известен научной общественности прежде всего тем, что ввел в 2005 г. новый индекс цитирования для определения производительности работы ученого, носящий его имя. Он также известен своими заявлениями в отношении внешней политики США, в частности о применении ядерного оружия против Ирана. В апреле 2006 г. он, вместе с двенадцатью другими физиками, написал письмо тогдашнему президенту США Джорджу Бушу — младшему, в которых выразил обеспокоенность по этому поводу¹.



Некоторое время спустя Х.Э. Хирш в дополнение к вышеуказанной статье опубликовал в том же самом журнале еще одну статью [*Hirsch, 2007*], в которой более детально описал особенности введенного им ранее библиометрического показателя и которая на данный момент времени также получила немалое (более 800) число цитирований. Популярности этого нового, доселе неизвестного параметра наукометрической оценки публикационной активности способствовало два важных обстоятельства. Во-первых, на момент публикации вышеуказанной статьи [*Hirsch, 2005*] он был фактически лишь вторым по счету параметром, связанным именно с цитируемостью исследователей, ибо до его появления для оценки уровня цитируемости работ любого из них использовалась только их валовая (суммарная) цитируемость за тот или иной временной интервал (вошедшая в практику задолго до появления *h*-индекса). Во-вторых, определение *h*-индекса для любого ученого-исследователя в рамках вышеуказанной его трактовки не представляло сколько-нибудь значительного труда — для этого надо было лишь расставить и пронумеровать все его публикации в порядке убывания числа их цитирований, после чего выделить те, для которых номера в этом списке будут меньшими или по крайней мере равными числу их цитирований; наибольший среди этих номеров и даст численное значение *h*-индекса. Как нетрудно заметить после вышесказанного, индекс Хирша — это всегда *целое натуральное число*, причем для любого исследователя он не может превышать общего числа опубликованных им статей. И хотя между *h*-индексом исследователя

¹ См.: <https://eponym.ru/Person/585> (дата обращения: 28.10.2025).

и общим числом ссылок на его работы прямой корреляции нет, этот параметр цитируемости на удивление быстро стал популярным в научной среде. Популярность его достигла своего зенита где-то в период 2010–2015 гг., когда *h*-индекс стал служить неким универсальным мерилom цитируемости и попутно — научной активности ученого-исследователя. Именно в этот период к двум вышеуказанным названиям этого библиометрического параметра — «*h*-индекс» и «индекс Хирша» — добавилось еще и третье — «хирш», приобретшее (по крайней мере в России) весьма значительное распространение (дошло до того, что появился даже расхожий вопрос, обращаемый к ученому-исследователю: «А какой у вас сейчас “хирш”?», а также термин, связанный с измерением оногo, — «хиршеметрия»). После этого, однако, произошло некоторое «охлаждение» внимания к нему со стороны научно-исследовательского сообщества, чему в определенной степени способствовало появление ряда критических публикаций, где прямо обращалось внимание на формализм и однобокость, а то и на извращенное представление о реальном вкладе в науку со стороны того или иного исследователя, которое вытекало из данных о его «хирше». В текущем 2025 г. исполняется ровно 20 лет с момента публикации пионерской работы [Hirsch, 2005], а это, как известно, самый первый срок в жизни человека, когда имеет смысл подводить какие-то итоги прожитого. И Х.Э. Хиршу здесь есть чем гордиться — как уже указывалось выше, именно эта статья является самой высокоцитируемой его публикацией, что, как говорится, дорогого стоит (хотя он, судя по его публикациям, индексируемым в двух важнейших международных базах цитируемости *Web of Sciences* и *Scopus*, прежде всего профессиональный исследователь в области физики, а отнюдь не наукометрии). С учетом этих двух обстоятельств, как представляется автору этих строк, есть смысл проанализировать то влияние, которое оказал этот самый «хирш» как на систему оценки научной деятельности, так и на наукометрию в целом за 20 лет своего существования; именно этому и будет посвящена настоящая статья.

Для начала следует разобраться, насколько сильно связаны между собой валовая цитируемость и *h*-индекс.

Сразу же отметим: прямой корреляции между «хиршем» и валовой цитируемостью, вопреки довольно расхожему мнению, не имеется; тем не менее *a priori*, исходя из указанного выше определения «хирша», можно ожидать, что более высокой валовой цитируемости будет соответствовать и более высокий *h*-индекс. И хотя во многих случаях такое предсказание действительно оправдывается, тем не менее в целом ситуация здесь оказывается существенно сложнее и скорее напоминает утверждение «Чем выше человек ростом, тем он сильнее» (которое в среднестатистическом отношении верно, но выводы об относительной силе двух или даже нескольких людей, различающихся своим ростом, нередко оказываются ошибочными). Статистики, основывающейся на данных хотя бы для нескольких десятков тысяч различных исследователей разных стран, показывающих количественную взаимосвязь между значениями *h*-индекса и валовой цитируемости, насколько известно автору этих строк, до сих пор не имеется; однако есть веские основания полагать, что положение дел здесь будет напоминать хорошо известную в астрономии и астрофизике уже более 100 лет диаграмму Герцшпрунга — Рассела (Hertzsprung — Russell) (она же *H-R diagram*, или *HRD*), отражающую взаимосвязь

между светимостями звезд и температурами на их поверхности, один из многочисленных вариантов которой представлен на рис. 1. В этой диаграмме примечательно то, что «представители» звездного мира расположены не равномерно по всей площади диаграммы, но группируются в различные скопления, среди которых выделяется так называемая главная последовательность, к которой принадлежит явное большинство звезд; нечто похожее скорее всего имеет место и в случае диаграммы « h -индекс — валовая цитируемость». При этом, что важно, максимальное значение «хирша» при любом значении валовой цитируемости N составляет, как нетрудно заметить, $N^{1/2}$ (то есть равно корню квадратному из величины N), но такое бывает чрезвычайно редко даже при малых N . Поэтому на диаграмме « h -индекс — валовая цитируемость», где на оси абсцисс отложены значения N , на оси ординат — значения h , все точки зависимости $h(N)$ должны лежать ниже параболической кривой зависимости $f(N) = N^{1/2}$. К примеру, если $N = 100$, то максимальное значение h будет равно 10. Но это лишь в том случае, если у конкретного автора в соответствующей базе данных цитируемости имеется 10 публикаций, каждая из которых цитируется именно по 10 раз, не больше и не меньше. В принципе вероятность такой ситуации не равна нулю, но лично автору этих строк до сих пор наблюдать ее у кого-либо из исследователей не удалось.

Согласно самому Х. Хиршу [Hirsch, 2005], если расположить на оси абсцисс порядковые номера статей в порядке убывания их цитируемости n_i , а по оси ординат — число их цитирований N_i , то зависимость $N_i = f(n_i)$ в идеале должна напоминать гиперболу (рис. 2); при этом графически значение h -индекса находится на этой кривой в том месте, где $N_i = n_i$. При таком подходе, однако, значение h практически всегда оказывается *нецелочисленным*, что несколько затрудняет его использование, из-за чего этот вариант определения «хирша» широкого распространения в наукометрической практике не получил. И уже в первые годы существования «хирша» для его расчета был задействован другой прием, в рамках которого вначале составляется список всех публикаций конкретного автора в той или иной базе данных цитируемости, где каждой статье придается соответствующий номер в порядке убывания их цитируемости, после чего в нем выделяют те публикации, для которых $N_i \geq n_i$. Максимальное значение n_i , для которого выполняется только что указанное соотношение, и есть индекс Хирша, а совокупность публикаций, ему соответствующая, получила специальное название — «ядро Хирша». Например, если у некоего автора индекс Хирша равен 25, то это означает, что у него есть по крайней мере 25 статей, последняя из которых в списке, отсортированном по числу цитирований, цитировалась не менее 25 раз. При этом общая цитируемость предыдущих, более цитируемых 24 статей списка для определения h -индекса значения не имеет. В таком варианте h -индекс, что важно, всегда является *натуральным* (то есть *целым*) числом, что более удобно для его использования (по крайней мере, для ответа на вопрос «А какой у вас сейчас “хирш”?»). Тут, кстати, важно понимать, что ответ на этот во многом риторический вопрос, как правило, не может быть однозначным, потому что для разных баз данных цитируемости, где индексированы публикации любого конкретного исследователя, в большинстве случаев он будет различным. И понятно почему: в разных базах данных цитируемости (а их в настоящее время во всем мире действует как минимум несколько десятков) как ассортимент публикаций и их цитируемость, так и общее число для одного и того же исследователя *неодинаковы*, а соответственно, и личные «хирши» в них будут различаться меж собой, подчас весьма значительно.

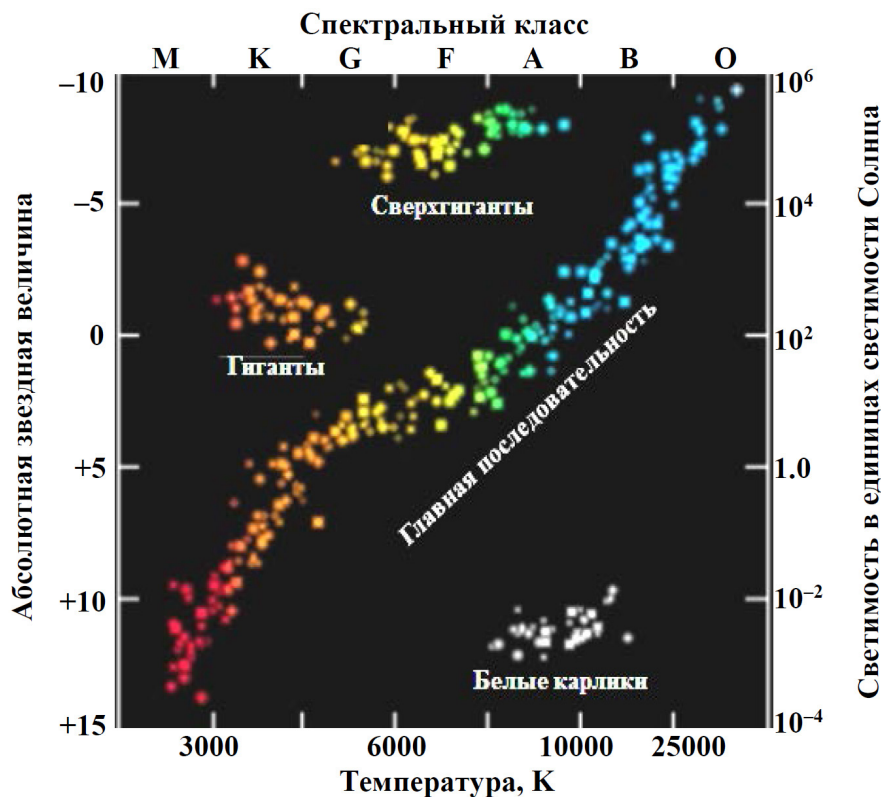


Рис. 1. Диаграмма Герцшпрунга — Рассела. Была создана в 1911 г. Эйнарсом Герцшпрунгом и Генри Норрисом Расселом в 1913 г. независимо друг от друга и явилась важным шагом на пути к пониманию звездной эволюции

Fig. 1. Hertzsprung — Russell diagram. It was created in 1911 by Einar Hertzsprung and in 1913 by Henry Norris Russell independently of each other and became an important step towards understanding stellar evolution

К примеру, для автора данной статьи на середину 2025 г. в российской базе данных цитируемости (РИНЦ) «хирш» был равен 36, тогда как в международных базах *Web of Science* и *Scopus* — 25 и 26 соответственно. К слову, весьма существенно различались и валовые цитируемости его публикаций — 5 912 (в РИНЦ), 2 905 (в *Web of Sciences*) и 2 659 (в *Scopus*). Как говорится в расхожем ныне афоризме, «почувствуйте разницу».

Как писал сам Хирш в своей наиболее ранней статье [Hirsch, 2005], предложенный им индекс был разработан с целью получить более адекватную оценку научной продуктивности исследователя, чем могут дать такие простые характеристики, как общее число публикаций или общее число цитирований. И на первых порах появление «хирша» вызвало едва ли не эйфорию в научной среде, причем первыми за этот показатель ухватились даже не исследователи, а разного рода чиновники от науки и образования, а также распорядители финансовых средств в различных на-

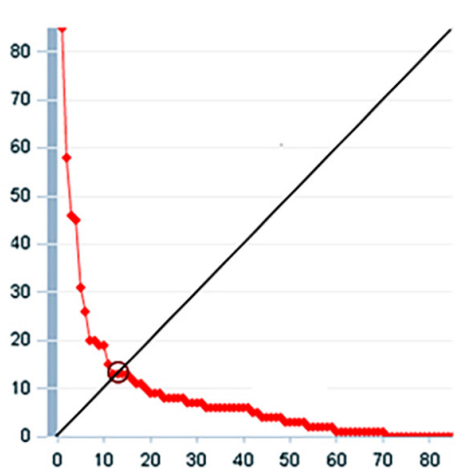


Рис. 2. Пример графического определения h -индекса. По оси абсцисс отложены порядковые номера статей по убыви их валовой цитируемости (n_i), по оси ординат — число цитирований (N_i). Значение h -индекса соответствует точке пересечения прямой $N_i = n_i$ с кривой $N_i = f(n_i)$ (выделена красным цветом)

Fig. 2. An example of a graphical definition of the h -index. The abscissa axis shows the ordinal numbers of articles in descending order of their gross citation impact (n_i), and the ordinate axis shows the number of citations (N_i). The h -index value corresponds to the intersection of the straight line $N_i = n_i$ with the curve $N_i = f(n_i)$ (highlighted in red)

учных фондах. Не оставили его без внимания и сотрудники различных баз данных цитируемости — как национальных, так и международных; уже в конце первого десятилетия XXI в. этот самый индекс стал фигурировать в личных страницах каждого исследователя, чьи публикации были проиндексированы в этих базах, наряду с двумя предыдущими параметрами — числом публикаций и их цитируемостью. Все эти три показателя прочно закрепились в любой из этих баз данных и до сих пор присутствуют там. Повышенный интерес именно к h -индексу был вполне понятен: с одной стороны, определение его, как можно было видеть из сказанного выше, не составляет большого труда даже для тех, кто мало что смыслит в наукометрии; с другой стороны, по его значению можно было (как казалось, да и сейчас кажется немалому числу лиц) судить о научном цензе любого исследователя на фоне его коллег, причем не только тех, кто работает с ним в одной отрасли науки, но и тех, кто работает в совсем другой ее сфере. В какой-то мере этому способствовало мнение самого Х. Хирша, изложенное в его пионерской работе: “Thus, I argue that two individuals with similar h s are comparable in terms of their overall scientific impact, even if their total number of papers or their total number of citations is very different. Conversely, comparing two individuals (of the same scientific age) with a similar number of total papers or of total citation count and very different h values, the one with the higher h is likely to be the more accomplished scientist” («Таким образом, я утверждаю, что два человека с одинаковым h сопоставимы по общему научному вкладу, даже если их общее количество статей или цитирований сильно различается. И наоборот, сравнивая двух людей (одного научного возраста) с одинаковым количеством статей или общим количеством цитирований и сильно различающимися значениями h , тот, у кого h выше, вероятно, будет более успешным ученым») [Hirsch, 2005, p. 16569] и “...for

faculty at major research universities, $h \approx 12$ might be a typical value for advancement to tenure (associate professor) and that $h \approx 18$ might be a typical value for advancement to full @professor. Fellowship in the *American Physical Society* might occur typically for $h \approx 15$ –20. Membership in the National Academy of Sciences of the United States of America may typically be associated with $h \approx 45$ and higher, except in exceptional circumstances” («Для преподавателей крупных исследовательских университетов типичным значением для продвижения на постоянную должность (доцента) может быть $h \approx 12$, а для продвижения на должность полного профессора — $h \approx 18$. Членство в Американском физическом обществе обычно возможно при $h \approx 15$ –20. Членство в Национальной академии наук США обычно связано с $h \approx 45$ и выше, за исключением особых случаев») [Hirsch, 2005, p. 16571]. Это мнение, однако, совершенно игнорировало то простое и достаточно очевидное обстоятельство, что в разных отраслях науки уже давно исторически сложились разные уровни цитирования публикаций (рис. 3) и разные этические нормативы цитирования, в результате чего сформировалась резкая диспропорция и по «хиршам». Неудивительно, что широкое внедрение «хирша» в практику оценки публикационной активности исследователей стало наталкиваться на протесты со стороны тех лиц, чьи h -индексы оказались весьма низкими, и в первую очередь со стороны математиков, которые, прямо скажем, цитировать друг друга не очень-то любят. Был издан даже специальный сборник под весьма характерным названием «Игра в цифры», содержащий статьи [Игра в цифры, 2011], в которых наряду с критикой «хирша» фактически предлагалось отказаться от широкого использования библиометрических параметров для оценки научной деятельности. К математикам в той или иной степени присоединились те личности, которые считали себя в науке Наполеонами или по крайней мере маршалами Неями, но имели весьма низкие «хирши». И надо признать, что основания и у тех, и у других по поводу целесообразности учета «хиршей» были. Тут стоит отметить вот какое важное обстоятельство: если валовая цитируемость любого исследователя может в принципе расти безгранично и измеряться хоть миллионами ссылок, то про «хирш» этого сказать нельзя — он в соответствии со своим определением не может превышать общего числа его публикаций. А потому, если последних мало, то и h -индекс будет небольшим. Так, французский математик Э. Галуа за свою короткую жизнь (1811–1832) успел опубликовать всего лишь четыре научные работы, две из которых, посвященные проблеме решения алгебраических уравнений вообще и уравнений пятой степени в частности, к настоящему моменту были процитированы не одну и не две тысячи раз, но его h -индекс, будь он определен сейчас, выше 4 не поднялся бы, а стало быть, и его заслуги в науке по такому критерию считались бы ничтожными (что совершенно не соответствует действительности, ибо он по праву считается тем, кто первым дал исчерпывающее решение этой задачи). Весьма значимыми являются проблемы, связанные с тем важным обстоятельством, что в подавляющем большинстве научных публикаций имеются соавторы, количество которых в принципе ничем не ограничено. Согласно мнению, изложенному в одной из работ последнего времени, а именно [Bi, 2023], можно выделить четыре ключевые проблемы, связанные с этим обстоятельством:

- присвоение себе лично всех заслуг за публикацию, в которой фигурирует более одного автора: когда количество всех ссылок, которые получила такая публикация, используется при вычислении индекса Хирша отдельного автора, это означает, что этот автор присваивает себе *все* заслуги за эту пуб-



Рис. 3. Средние количества ссылок на статьи в различных отраслях науки [Игра в цифры, 2011]

Fig. 3. Average number of citations to articles in various fields of science [Игра в цифры, 2011]

ликацию (включая вклады других авторов), что принципиально и этически некорректно;

- создание своего рода «инфляции» при подсчете цитирований;
- создание несправедливости при оценке вклада в публикации: поскольку индекс Хирша не учитывает количество авторов в публикациях, то налицо игнорирование различия между частичными вкладами в публикациях, где есть соавторы, и полными вкладами в публикациях, где таковых нет, что создает несправедливость в оценке вклада в исследования;
- стимулирование так называемого подарочного авторства: некоторые люди могут добавлять имена друг друга в списки авторов публикаций, в создание которых они внесли небольшой творческий вклад, а то и не внесли его вовсе, с тем чтобы неэтично повысить свой индекс Хирша.

И это еще не конец истории, ибо перечень проблем, связанных с этим библиометрическим параметром, может быть продолжен и далее. Следует, однако, отметить, что приписывать указанные в статье [Bi, 2023] недостатки одному лишь «хиршу» было бы несправедливо — аналогичная проблема имеет место и при оценке валовой цитируемости конкретных исследователей, и она также пока не получила своего удовлетворительного разрешения.

Приведенные выше недостатки «хирша» «вызвали к жизни» проблему его совершенствования, причем с самых различных сторон. И довольно скоро стали появляться разнообразные модификации этого параметра, получившие собирательное название «хиршеподобные индексы», каковых в настоящее время насчитывается уже несколько десятков. На этот счет к настоящему моменту опубликовано весьма значительное количество работ, общее число которых измеряется как минимум

четырёхзначной цифрой; не вдаваясь здесь в подробности этих работ, отметим, что информацию о наиболее значимых из них можно найти в обзорных статьях: [Alonso et al., 2009; Bi, 2023; Bihari et al., 2023; Bormann et al., 2008; Bormann et al., 2011; Huang, Chi, 2010; Norris et al., 2010; Dos Santos et al., 2015; Schreiber et al., 2012; Tol, 2009]. Понимая несовершенство своего «детища», определенные усилия по его улучшению предпринял и сам Хирш [Hirsch, 2010, 2019]. Приложили свою руку к этому важному делу и российские исследователи, в том числе и автор данной статьи (см.: [Гринев, 2023; Марвин, 2015, 2016; Михайлов, 2015, 2018; Полянин, 2014; Штовба, Штовба, 2013]). Тем не менее приходится с некоторой грустью констатировать, что на этом поприще исследовательская мысль поработала фактически «вхолостую», ибо ни один из этих самых «хиршеподобных» индексов так и не вошел в практику наукометрической оценки исследователей ни в одной из баз данных цитируемости — ни в российской, ни в зарубежных национальных или международных. Во всяком случае, пока нет никаких признаков того, чтобы h -индекс начал вытесняться каким-либо усовершенствованным вариантом, хотя критических стрел в адрес этого библиометрического параметра за двадцать лет его существования было выпущено предостаточно. Более того, сфера его применения за это время расширилась — хотя его создатель замыслил использовать свое детище для оценки лишь индивидуальных исследователей, впоследствии оказалось, что предложенный им общий методологический подход может быть реализован для оценки деятельности научных коллективов и отдельных организаций, авторитетности научных журналов (по числу статей m в этом журнале, каждая из которых процитирована минимум m раз) и даже для создания своеобразного «двойного хирша» (по числу сотрудников R данной организации, каждый из которых имеет «хирш», равный как минимум значению P) (эта идея, однако, пока никем не была воплощена в жизнь). Этот общий подход может быть реализован и в тех отраслях, которые не связаны напрямую с наукометрией и социологией науки — например, в футбольной статистике, где с его помощью могут быть оценены так называемые индексы атаки и индексы защиты различных национальных футбольных сборных [Михайлов, 2018]. Возможно, одной из причин того, что h -индекс, несмотря ни на что, продолжает оставаться едва ли не основным показателем научной активности и авторитетности любого конкретного исследователя, оттеснив на второй план все аналогичные параметры (в том числе даже тот, которому он вообще обязан своим существованием, а именно валовую цитируемость), является довольно любопытное изречение, авторство которого приписывается А. Эйнштейну: «Все должно быть достаточно простым, но не слишком простым». И справедливости ради следует признать, что к «хиршу» эти слова относятся в полной мере. Тем не менее при использовании какого бы то ни было нового параметра для оценки научной деятельности (и не только ее) следует всегда помнить известный в социологии закон Гудхарта: «Когда достижение показателя становится целью, он перестает быть хорошим показателем». А раз так, то надо или время от времени проводить корректировку этих показателей по степени их значимости, либо придумать такой, высоких значений которого можно добиться только при наличии значимых научных работ.

...Через три года, а именно в 2028 г., создателю h -индекса Х.Э. Хиршу исполнится 75 лет. Можно по-разному оценивать его заслуги на ниве наукометрии, и оценки действительно, мягко говоря, неоднозначны — от восторженных до весьма негативных. Но, как бы там ни было, он, по моему убеждению, однозначно достоин того,

чтобы считаться одним из классиков наукометрии и науковедения хотя бы потому, что он дал сильнейший толчок развитию этой очень важной отрасли знания, находящейся как бы на стыке трех научных «пространств» — естественнонаучного, гуманитарного и информационного, которой, выражаясь словами другого классика науки, а именно нашего великого соотечественника Д.И. Менделеева (хоть и сказанными по другому поводу), «...не угрожает разрушение, а лишь надстройка обещается».

Литература

Гринёв А.В. Проблема наукометрической дискриминации российских гуманитариев // Социология науки и технологий. 2023. Т. 14. № 2. С. 122–143. DOI: 10.24412/2079-0910-2023-2-122-143.

Игра в цыфрь, или Как теперь оценивают труд ученого (сборник статей о библиометрике). М.: МЦНМО, 2011. 72 с.

Марвин С.В. Альтернативная дробная модификация индекса Хирша, учитывающая количество авторов цитируемых статей // Управление большими системами. 2015. Вып. 56. С. 108–122.

Марвин С.В. Нормированная долевая цитируемость как универсальная характеристика научной публикации // Социология науки и технологий. 2016. Т. 7. № 1. С. 95–108.

Марвин С.В. Нормированный показатель публикационной активности, учитывающий количество соавторов научных публикаций // Социология науки и технологий. 2016. Т. 7. № 4. С. 116–133.

Михайлов О.В. 20 чемпионатов мира по футболу в зеркале наукометрической статистики. Факты, цифры, экзотика. М.: URSS — ЛЕНАНД, 2018. 256 с.

Михайлов О.В. Новая версия h-индекса с учетом числа соавторов и порядка их перечисления в научной публикации // Социология науки и технологий. 2015. Т. 6. № 2. С. 24–32.

Полянин А.Д. Недостатки индексов цитируемости и Хирша и использование других наукометрических показателей // Математическое моделирование и численные методы. 2014. Вып. 1. С. 131–144.

Хирш, Хорхе. Режим доступа: <https://eponym.ru/Person/585> (дата обращения: 20.09.2025).

Штовба С.Д., Штовба Е.В. Обзор наукометрических показателей для оценки публикационной деятельности ученого // Управление большими системами. 2013. Вып. 44. С. 262–278.

Alonso S., Cabrerizo F.J., Herrera-Viedma E. et al. H-Index: a Review Focused in Its Variants, Computation and Standardization for Different Scientific Fields // Journal of Informetrics. 2009. Vol. 3. No. 4. P. 273–289. DOI: 10.1016/j.joi.2009.04.001.

Bi H.H. Four Problems of the H-Index for Assessing the Research Productivity and Impact of Individual Authors // Scientometrics. 2023. Vol. 128. No. 5. P. 2677–2691. DOI: 10.1007/s11192-022-04323-8.

Bihari A., Tripathi S., Deepak A. A Review on H-Index and Its Alternative Indices // Journal of Information Science. 2023. Vol. 49. No. 3. P. 624–665. DOI: 10.1177/01655515211014478.

Bornmann L., Mutz R., Daniel H.D. Are There Better Indices for Evaluation Purposes than the H Index? A Comparison of Nine Different Variants of the H Index Using Data from Biomedicine // Journal of the American Society for Information Science and Technology. 2008. Vol. 59. No. 5. P. 830–837. DOI: 10.1002/asi.20806.

Bornmann L., Mutz R., Hug S.E. et al. A Multilevel Meta-Analysis of Studies Reporting Correlations between the H Index and 37 Different H Index Variants // Journal of Informetrics. 2011. Vol. 5. No. 3. P. 346–359. DOI: 10.1016/j.joi.2011.01.006.

Huang M.H., Chi P.S. A Comparative Analysis of the Application of H-Index, G-Index, and A-Index in Institutional-Level Research Evaluation // Journal of Library and Information Study. 2010. Vol. 8. No. 2. P. 1–10.

Hirsch J.E. An Index to Quantify an Individual's Scientific Research Output // Proceedings of National Academy of Sciences. 2005. Vol. 102. No. 46. P. 16569–16572. DOI: 10.1073/pnas.0507655102.

Hirsch J.E. Does the H Index Have Predictive Power? // Proceedings of National Academy of Sciences. 2007. Vol. 104. No. 49. P. 19193–19198. DOI: 10.1073/pnas.0707962104.

Hirsch J.E. An Index to Quantify an Individual's Scientific Research Output That Takes into Account the Effect of Multiple Coauthorship // Scientometrics. 2010. Vol. 85. No. 3. P. 741–754. DOI: 10.1007/s11192-010-0193-9.

Hirsch J.E. H_{sc}: An Index to Quantify an Individual's Scientific Leadership // Scientometrics. 2019. Vol. 118. No. 2. P. 673–686. DOI: 10.1007/s11192-018-2994-1.

Norris M., Oppenheim C. The H-Index: A Broad Review of a New Bibliometric Indicator // Journal of Documentation. 2010. Vol. 66. No. 5. P. 681–705. DOI: 10.1108/00220411011066790.

Dos Santos Rubem A.P., de Moura A.L. et al. Comparative Analysis of Some Individual Bibliometric Indices when Applied to Groups of Researchers // Scientometrics. 2015. Vol. 102. No. 1. P. 1019–1035. DOI: 10.1007/s11192-014-1428-y.

Schreiber M., Malesios C.C., Psarakis S. Exploratory Factor Analysis for the Hirsch Index, 17 H-Type Variants, and Some Traditional Bibliometric Indicators // Journal of Informetrics. 2012. Vol. 6. No. 3. P. 347–358. DOI: 10.1016/j.joi.2012.02.001.

Tol R.S.J. The H-Index and Its Alternatives: An Application to the 100 Most Prolific Economists // Scientometrics. 2009. Vol. 80. No. 2. P. 317–324. DOI: 10.1007/s11192-008-2079-7.

Twenty Years of “Hirsch Metrics”: A Retrospective View

OLEG V. MIKHAILOV

Kazan National Research Technological University,
Kazan, Russia;
e-mail: olegmkhlv@gmail.com

The proposed article is devoted to an important milestone in the scientometric analysis of publication activity, namely the 20th anniversary of the publication of the original article by J.E. Hirsch in the journal “Proceedings of the National Academy of Sciences”, which marked the emergence of a new, previously unknown in science bibliometric parameter, named after its author “h-index” or “Hirsch index”. The evolution of this parameter, its advantages and disadvantages, problems and prospects for its further use for assessing the publication activity of various subjects of scientific research activities are considered.

Keywords: bibliometric parameter, h-index, Hirsch index, Hirsch-like index, scientometric assessment, publication activity.

References

Alonso, S., Cabrerizo, F.J., Herrera-Viedma, E. et al. (2009). H-Index: a Review Focused in Its Variants, Computation and Standardization for Different Scientific Fields, *Journal of Informetrics*, 3 (4), 273–289. DOI: 10.1016/j.joi.2009.04.001.

Bi, H.H. (2023). Four Problems of the H-Index for Assessing the Research Productivity and Impact of Individual Authors, *Scientometrics*, 128 (5), 2677–2691. DOI: 10.1007/s11192-022-04323-8.

Bihari, A., Tripathi, S., Deepak, A. (2023). A Review on H-Index and Its Alternative Indices, *Journal of Information Science*, 49 (3), 624–665. DOI: 10.1177/01655515211014478.

Bornmann, L., Mutz, R., Daniel, H.D. (2008). Are There Better Indices for Evaluation Purposes Than the H Index? A Comparison of Nine Different Variants of the H Index Using Data from Biomedicine, *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 59 (5), 830–837. DOI: 10.1002/asi.20806.

Bornmann, L., Mutz, R., Hug, S.E. et al. (2011). A Multilevel Meta-Analysis of Studies Reporting Correlations between the H Index and 37 Different H Index Variants, *Journal of Informetrics*, 5 (3), 346–359. DOI: 10.1016/j.joi.2011.01.006.

Grinev, A.V. (2023). Problema naukometricheskoy diskriminatsii rossiyskikh gumanitaiyev [The problem of scientometric discrimination of Russian humanities scholars], *Sotsiologiya nauki i tekhnologii*, 14 (2), 122–143 (in Russian). DOI: 10.24412/2079-0910-2023-2-122-143.

Huang, M.H., Chi, P.S. (2010). A Comparative Analysis of the Application of H-Index, G-Index, and A-Index in Institutional-Level Research Evaluation, *Journal of Library and Information Study*, 8 (2), 1–10.

Hirsch, J.E. (2005). An Index to Quantify an Individual's Scientific Research Output, *Proceedings of National Academy of Sciences*, 102 (46), 16569–16572. DOI: 10.1073/pnas.0507655102.

Hirsch, J.E. (2007). Does the H Index Have Predictive Power?, *Proceedings of National Academy of Sciences*, 104 (49), 19193–19198. DOI: 10.1073/pnas.0707962104.

Hirsch, J.E. (2010). An Index to Quantify an Individual's Scientific Research Output that Takes into Account the Effect of Multiple Coauthorship, *Scientometrics*, 85 (3), 741–754. DOI: 10.1007/s11192-010-0193-9.

Hirsch, J.E. (2019). H_a: an Index to Quantify an Individual's Scientific Leadership, *Scientometrics*, 118 (2), 673–686. DOI: 10.1007/s11192-018-2994-1.

Hirsch, Jorge. Available at: <https://eponym.ru/Person/585> (date accessed: 20.09.2025).

Igra (2011) v tsyfir', ili kak teper' otsenivayut trud uchenogo (sbornik statey o bibliometrike) [Game of numbers, or how the work of a scientist is now assessed (collection of articles on bibliometrics)], Moskva: MTsNMO (in Russian).

Marvin, S.V. (2015). Al'ternativnaya drobnaya modifikatsiya indeksa Khirsha, uchityvayushchaya kolichestvo avtorov tsitiruyemykh statey [Alternative fractional modification of the Hirsch index, taking into account the number of authors of cited articles], *Upravleniye bol'shimi sistemami*, iss. 56, 108–122 (in Russian).

Marvin, S.V. (2016). Normirovannaya dolevaya tsitiruemost' kak universalnaya kharakteristika nauchnoy publikatsii [Normalized share citation as a universal characteristic of a scientific publication], *Sotsiologiya nauki i tekhnologii*, 7 (1), 95–108 (in Russian).

Marvin, S.V. (2016). Normirovanny pokazatel' publikatsionnoy aktivnosti, uchityvayushchii kolichestvo soavtorov nauchnykh publikatsiy [A standardized indicator of publication activity that takes into account the number of co-authors of scientific publications], *Sotsiologiya nauki i tekhnologii*, 7 (4), 116–133 (in Russian).

Mikhailov, O.V. (2015). Novaya versiya h-indeksa s uchetom chisla soavtorov i poryadka ikh perechisleniya v nauchnoy publikatsii [New version of the h-index taking into account the number of co-authors and the order in which they are listed in a scientific publication], *Sotsiologiya nauki i tekhnologii*, 6 (2), 24–32 (in Russian).

Mikhailov, O.V. (2018). 20 chempionatov mira po futbolu v zerkale naukometricheskoy statistiki. Fakty, tsyfy, ekzotika [20 World football cups in the mirror of scientometric statistics. Facts, numbers, exotics], Moskva: URSS — LENAND (in Russian).

Norris, M., Oppenheim, C. (2010). The H-Index: a Broad Review of a New Bibliometric Indicator, *Journal of Documentation*, 66 (5), 681–705. DOI: 10.1108/00220411011066790.

Polyanin, A.D. (2014). Nedostatki indeksov tsitiruyemosti i Khirsha i ispol'zovaniye drugikh naukometricheskikh pokazateley [Disadvantages of citation indices and Hirsch and the use of other scientometric indicators], *Matematicheskoye modelirovaniye i chislennyye metody*, iss. 1, 131–144 (in Russian).

Dos Santos Rubem, A.P, de Moura, A.L. et al. (2015). Comparative Analysis of Some Individual Bibliometric Indices when Applied to Groups of Researchers, *Scientometrics*, 102 (1), 1019–1035. DOI: 10.1007/s11192-014-1428-y.

Schreiber, M., Malesios, C.C., Psarakis, S. (2012). Exploratory Factor Analysis for the Hirsch Index, 17 H-Type Variants, and Some Traditional Bibliometric Indicators, *Journal of Informetrics*, 6 (3), 347–358. DOI: 10.1016/j.joi.2012.02.001.

Shtovba, S.D., Shtovba, E.V. (2013). Obzor naukometricheskikh pokazateley dlya otsenki publikatsionnoy deyatel'nosti uchenogo [A review of scientometric indicators for assessing the publication activities of a scientist], *Upravleniye bol'shimi sistemami*, iss. 44, 262–277 (in Russian).

Tol, R.S.J. (2009). The H-Index and Its Alternatives: An Application to the 100 Most Prolific Economists, *Scientometrics*, 80 (2), 317–324. DOI: 10.1007/s11192-008-2079-7.

ЭМПИРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

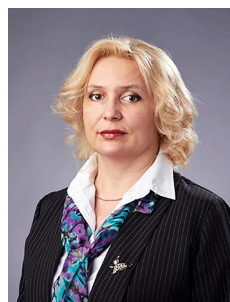
VLADIMIR E. DRACH

PhD (Technical Sciences), Associate Professor of Department
of Information Technologies and Mathematics
of Sochi State University,
Sochi, Russia;
e-mail: vladimir@drach.pro



JULIA V. TORKUNOVA

Doctor of Pedagogical Sciences,
Professor of the Department of Information Technologies
and Intelligent Systems
of Kazan State Power Engineering University,
Kazan, Russia;
e-mail: torkynova@mail.ru



Generative AI and the Transformation of Academic Norms in Higher Education

УДК: 004.8; 316.4; 37.01

DOI: 10.24412/2079-0910-2025-4-127-137

This study explores the sociological impact of generative AI on higher education, focusing on its role as both a cognitive tool and a catalyst for institutional transformation. Based on empirical data, the research reveals the emergence of a monocentric model of technological dependency, with generative neural networks dominating student preferences, while alternative platforms remain marginal. Stratified usage patterns highlight disciplinary divides, with students in humanities relying more heavily on AI systems, in contrast to the more diversified toolkits of those in technical fields. The findings point to a growing tension between rapidly evolving digital practices and lagging institutional norms. While the majority of students report improved academic performance due to AI-assisted learning, the process of digital adaptation remains uneven, marked by access disparities, epistemic uncertainty, and normative ambivalence. A paradox of trust emerges: although AI is widely used in academic routines, it is not yet fully accepted as a legitimate foundation for professional competence in

high-stakes domains. Drawing on theoretical frameworks such as digital augmentation and Bourdieu's field theory, the study interprets these dynamics as indicators of a transitional phase in academic culture. It argues for the need to rethink educational standards and ethics in light of distributed epistemic responsibility and to develop integrative strategies that align technological innovation with pedagogical and societal values. The article concludes that the future of higher education hinges on the institutional capacity to legitimize and regulate AI as a culturally embedded element of learning.

Keywords: generative artificial intelligence, machine learning, text processing, higher education, sociological methodology, sociological studies.

Introduction

The digital transformation [Kopyrin, 2023] of higher education has emerged as a key mechanism for adapting to the challenges of the knowledge economy — a socio-technological paradigm in which knowledge and competencies become the primary drivers of development and competitive advantage. In the context of growing technological disruption, digital transformation is not merely a technical shift, but a deeply socio-cultural phenomenon [Ilichev, 2023]. It reshapes the epistemological foundations of academic knowledge, the institutional modes of legitimation, and the mechanisms of social reproduction of professional competencies [Gluhih, 2022]. By technological disruption, we refer to a state of methodological and normative instability in higher education, driven by the rapid integration of AI technologies that outpace the adaptation of institutional and cultural frameworks. As the focus shifts from material production to the generation of symbolic and cognitive resources, higher education finds itself in a zone of methodological uncertainty, losing its former normative anchors. A particularly transformative force in this context is generative artificial intelligence [Harrington, 2024], which, as an agent of algorithmic rationality, blurs the boundaries between subjective and automated knowledge, between learning and delegation. Its widespread adoption is initiating the formation of new socio-technical regimes of academic activity, altering not only the form of educational practices but also the structure of academic identity itself [Nelson, 2024].

This article aims to provide a sociological reconstruction of the behavioral, cognitive, and normative changes occurring among students within algorithmically mediated education. The analysis is based on empirical data collected through an anonymous survey of university students. The research seeks to uncover the hidden structures of digital adaptation and the emerging mechanisms of normative legitimation for new technological intermediaries in the learning process.

Methodology

The study follows a sociological approach to examining educational transformation under the influence of generative AI tools [Drach, 2024], which act as mediators of cognitive and normative shifts within academic environments. The empirical basis is formed by data from a questionnaire survey that is representative of students from higher education institutions across the Russian Federation. The sample focuses on three universities with distinct geographical and institutional profiles:

- Bauman Moscow State Technical University (Moscow, Kaluga) — an engineering-oriented university representing high-tech education.
- Kazan State Power Engineering University (Kazan) — a technical university specializing in training for the energy sector.
- Sochi State University (Sochi) — a multidisciplinary institution with a focus on social and economic fields.

A probabilistic sampling strategy with multistage stratification was employed to ensure structural balance across academic disciplines and regional affiliations. The sample size exceeded the required threshold, minimizing random bias and enhancing the generalizability of the results. Methodological reliability was ensured through internal validity and statistical robustness. Although the sample is limited to three universities, their profiles (technical, energy, multidisciplinary) cover key areas of higher education in Russia.

The anonymous, voluntary survey was conducted using a custom-built digital platform (author's website <https://drach.pro>), which enabled automated metric aggregation, association coefficient calculation, and dynamic correlation analysis. Data processing was carried out using *Python 3.11*, allowing for the integration of quantitative analysis within a socio-technical research framework. The focus of the analysis was not on institutional differences, but rather on the structural patterns of digital subjectivity formation and the normative framing of educational legitimacy in algorithmically mediated learning environments.

Results and Discussions

Digital preferences structure: cognitive divide and socio-technical shifts

The analysis of students' use of digital tools in educational practices revealed a clear binary pattern, reflecting a shift in emphasis between traditional academic formats and high-tech media-based solutions. One of the key survey questions asked respondents to identify the digital learning resources they use most frequently. Multiple choices were allowed, including online courses, recorded lectures, gamified platforms, virtual labs, external video content, and generative AI services (such as *ChatGPT*-style chatbots).

The aggregated results show the overwhelming prevalence of generative AI tools, with 93% of students reporting regular use. This indicates a significant transformation in the nature of learning interactions, where algorithmically guided dialogue increasingly replaces traditional forms of knowledge transmission. External video resources (e. g., *YouTube*) followed closely at 88%, highlighting a growing preference for unstructured, short-form, and visually driven content.

In contrast, traditional academic sources — such as scholarly articles, books, and specialized academic platforms — were used by less than 1% of respondents, pointing to a crisis in text-based didactics in the context of information overload. Online courses (23%), recorded video lectures (20%), and gamified platforms (19%) showed moderate popularity, suggesting their auxiliary status in the new learning ecosystem. Virtual labs (12%) maintained a niche role, mostly within engineering and natural science disciplines.

These findings point to the emergence of a new hierarchy of educational resources, with generative AI acting not just as a tool, but as a socio-technical mediator and an infra-structural element of academic socialization. The observed divide between high-tech and

classical formats reflects what may be interpreted as a digital gap — a tension between institutionally embedded pedagogical practices and de facto emerging models of self-directed, technology-mediated learning [Liang, 2024].

Preferences in text generation tools

The analysis of students' preferences among generative AI tools revealed the dominance of *ChatGPT* (84%) as the primary educational mediator, suggesting the emergence of a centralized model of technological reliance. *DeepSeek* attracted notable but significantly lower attention (55%), often positioned as an academically oriented alternative. Other tools — such as *Perplexity* (19%), *Claude* (16%), and *Gemini* (10%) — showed more fragmented usage, while platforms like *Phind*, *HuggingChat*, *Grok* and *Bard* collectively accounted for less than 3%, indicating a strong user concentration around a few leading solutions.

An interesting pattern emerged during data stratification: students specializing in machine learning or information technologies were more likely to use *DeepSeek*, while those from humanities disciplines predominantly preferred *ChatGPT*. A follow-up survey showed that the ability to recognize differences between LLM models and their versions was typically limited to high-performing students within technical fields (such a part of students is statistically almost indistinguishable).

Choice of supplementary educational platform

Responses to the question “Which digital tool has been most useful for your professional development?” revealed a clear stratification of preferences. Generative AI systems emerged as the top choice (32%, considering variations in phrasing), indicating a shift in the structure of professional socialization: intelligent agents are becoming a normalized part of students' everyday cognitive routines. In second place were video content platforms (20%, mostly *YouTube*), reflecting a move toward visually fragmented and informal knowledge sources.

Formal educational tools such as online courses (10%) were considered of secondary importance, trailing behind personalized digital learning paths. Development environments and coding platforms (10%) were mostly relevant to technically specialized fields. Alternative AI tools (8%) remained marginal, reinforcing the trend of platform dominance. A small portion of responses (6%) reflected semantic ambiguity, with students providing unclear or inconsistent answers — possibly indicating cognitive fragmentation in how the digital learning environment is perceived.

An evaluation of the perceived impact of digital tools on academic performance revealed a notable trend: 92% of students reported an improvement, with 53% indicating a significant improvement. This supports the argument that digital technologies serve not only as learning aids but also as catalysts for reconfiguring educational trajectories. Neutral (7%) and negative (1%) responses point to the existence of cognitive, disciplinary, and normative limitations, which merit further interpretation in the context of digital inequality and individual adaptation strategies.

Theoretical Interpretation: Digital Augmentation and Social Stratification

The findings align with the concept of digital augmentation, where AI tools function as cognitive extensions that enhance individual capabilities through algorithmic optimization. This phenomenon manifests in three key ways:

- enhanced cognitive productivity;
- personalized learning trajectories, both in terms of time and content;
- development of meta-competencies for interacting with non-human agents.

At the same time, the presence of a neutral perception (7%) points to latent forms of digital inequality, expressed through selective access to and assimilation of new technological modes of learning.

The analysis of how students perceive professional skills gained through digital tools reveals a strong technocratic bias. Skills such as programming (83%), analytics (70%), and data handling (51%) dominate over communicative or reflexive competencies like teamwork (32%). This configuration highlights a structural asymmetry between operational and social dimensions of professional development. The marginal role of “creative” skills (1%) suggests an effect of digital reductionism, where emerging technologies reproduce a narrow range of functional tasks. As a result, a competence gap emerges — reflecting a mismatch between the instrumental focus of digital environments and the demand for hybrid, adaptive professionals.

Despite clear cognitive benefits, the widespread adoption of AI is accompanied by notable sociological risks, including increased vertical stratification, the normative devaluation of soft skills, and the institutionalization of asymmetrical distribution of cognitive capital [Davies, 2020].

When asked whether the presence of digital technologies in universities should be expanded, 76% of respondents supported further technological transformation of the educational environment. This indicates a normative acceptance of digitalization as a new educational standard and reflects a high level of both institutional and everyday adaptation among students to digital agents. However, 24% of students expressed either neutral or negative views (split evenly), suggesting the persistence of digital skepticism linked to overload, distrust in effectiveness, or a perceived loss of control over the learning process.

The results are consistent with previously established patterns of mass technological integration (93% — the use of AI, 92% — a positive assessment of the impact on learning) and confirm the request for a reassembly of university practices.

The preference for a hybrid learning model (74%) indicates the institutionalization of a mixed format as the most legitimate (see fig. 1). The equally low interest in the extreme formats (completely in person and completely remotely — 12% and 14% respectively) confirms the crisis of the binary opposition ‘digital vs. tradition’.

In the sociological dimension, this indicates the formation of new educational attitudes in which digital presence is perceived not as an alternative, but as a necessary element of the learning environment.

Educational institutions, therefore, face the need to develop not universal, but flexibly configurable pedagogical modes that take into account the multiplicity of students’ digital identities.

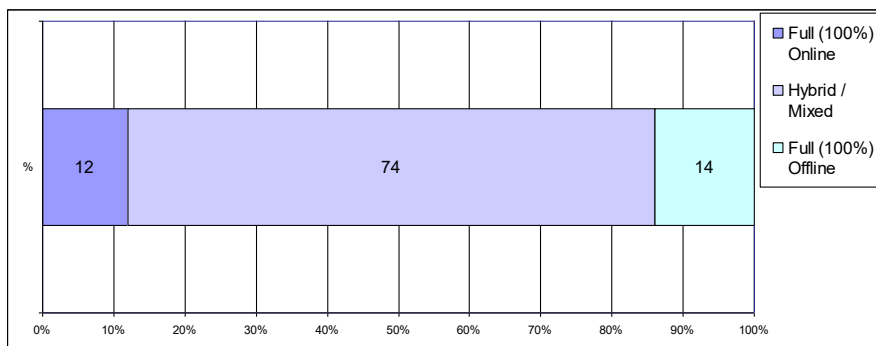


Fig. 1. The diagram for the question “Which training format is most effective for you in terms of gaining real knowledge, skills, and abilities?”

Digital Barriers and Normative Transition: Access, Trust, and Adaptation

One of the most sociologically significant components of the study was the analysis of difficulties encountered when using digital technologies in higher education. The dominant barrier (22.7%) relates to institutional access limitations — from technological instability to geopolitical restrictions. However, a notable proportion (27.3%) reported no difficulties at all, which may indicate either high levels of digital resilience or superficial engagement with digital tools.

At the level of cognitive and organizational barriers, three key issues were identified: epistemic unreliability (10.6%), technical failures (7.6%), and ergonomic challenges (9.1%). Additional obstacles included instructional gaps (9.1%) and financial constraints (1.5%). Heterogeneous “other” responses (12.1%) point to the multilayered nature of digital inequality.

Statistical analysis of students’ self-reported academic performance shows a positive perception of digital integration: 70% noted significant improvement in their results. Neutral (24%) and minimal negative responses support the notion of an overall adaptive digital socialization. Yet, behind this consensus lie latent cognitive burdens and risks of overload.

Normative Dissonance in Technology-Mediated Learning: A Sociological Perspective

The empirical data highlight a fundamental socio-cultural paradox in contemporary higher education, where technological practices and normative expectations coexist in a state of ongoing tension. The distribution of responses to the question “How often do you use chatbots to complete graded assignments?” forms a distinctive bimodal curve (see fig. 2), with a central cluster (“sometimes” — 34%) flanked by zones of intensive (“often” / “always” — 39%) and limited (“rarely” / “never” — 26%) usage. This distribution closely mirrors Everett Rogers’ diffusion of innovations model, with 34% representing the early majority who drive normalization of new technologies.

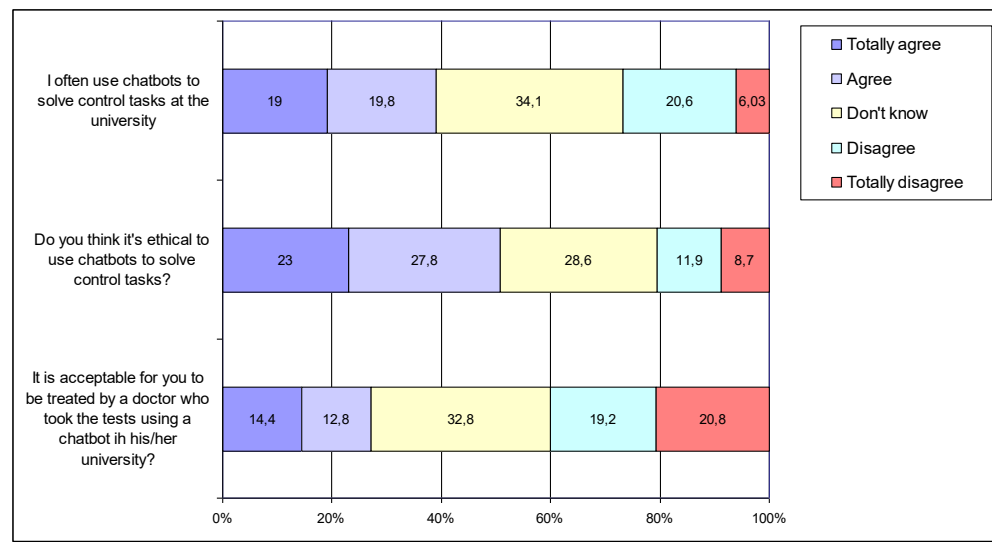


Fig. 2. Responses to key questions on the use of chatbots in university control tasks and professional ethics

A parallel analysis of ethical attitudes (“Do you consider it ethical to use chatbots for completing graded assignments?”) revealed three competing normative regimes (see fig. 3):

- traditionalist (“absolutely not” / “no” — 21%)
- transitional (“not sure” — 28%)
- innovative (“probably yes” / “definitely yes” — 55%)

This triangulation of value orientations reflects the active renegotiation of academic norms under the influence of digital practices. Notably, the size of the “not sure” group nearly mirrors that of occasional chatbot users, suggesting a “buffer zone” of normative transformation.

A comparison of both distributions reveals a sociologically relevant pattern — the effect of normative lag, where the widespread adoption of a technological practice (73% reporting at least moderate use) outpaces the formation of a shared ethical consensus. This dissonance is especially evident in the contrast between 19% who use chatbots “very often” and only 28% who fully endorse the practice ethically. The gap points to a substantial group of actors who engage regularly with the technology while experiencing normative conflict.

Using Pierre Bourdieu’s theoretical lens, these results can be interpreted as a struggle for symbolic capital within the academic field, where chatbots become a tool for navigating educational demands but are not yet culturally legitimized. The resulting gap between embodied practices (habitus) and institutional norms creates space for the emergence of a new type of academic subjectivity — the “digital double”, simultaneously embedded in digital routines and reflexively negotiating their normative status.

This configuration is of particular interest to the sociology of morality, as it demonstrates how technological innovations disrupt traditional binary ethical classifications, creating a complex mosaic of transitional normative states. The observed phenomenon calls for a reconsideration of classical theories of academic integrity through the lens of distributed epistemic responsibility in algorithmically mediated environments.

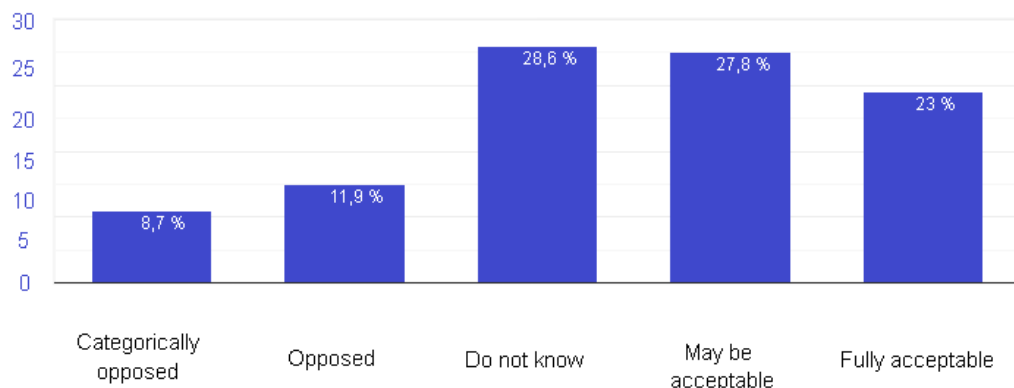


Fig. 3. Response distribution to the item: “The survey is anonymous; please respond candidly: Do you consider it ethically permissible to utilize chatbots for completing academic assessment tasks?”

Transformational Shift and the Paradox of Trust: Digital Competence and the Boundaries of Professional Legitimacy

We are witnessing a phase of transformational shift, in which academic norms and educational structures are increasingly pressured by the digitalization of everyday learning. This necessitates a critical rethinking of academic integrity models and the development of pedagogical strategies that can balance technological realism with sociocultural responsibility.

The closing section of the study addresses the paradox of trust — specifically, the perception of digital competence within high-stakes professional contexts. A deliberately provocative question — “Would it be acceptable to be treated by a doctor who completed exams with the help of a chatbot?” — was used to explore tensions in the public evaluation of AI-mediated professional formation.

Results reveal a sharp normative divide:

- 39% of respondents rejected the idea outright, appealing to an ideal of autonomous knowledge acquisition. This group reflects persistent academic purism and resistance to the transformation of traditional conceptions of expertise.
- 27.4% were open to such a scenario, often correlating with their own routine use of AI in learning. This indicates the emergence of a normative bifurcation, splitting society into technological pragmatists and traditionalists (see fig. 4).

The central phenomenon here is cognitive uncertainty: 32% of students were unable to give a definitive answer. This reflects a crisis of epistemic trust and institutional unpreparedness to legitimize new forms of competence construction. Paradoxically, the widespread use of AI in academic practice (73%) coexists with a widespread refusal to recognize these tools as legitimate foundations for professional responsibility.

This contradiction stems from a form of cognitive dissonance: individual benefit derived from AI use is not easily extrapolated to socially critical domains. Theoretically, this relates to the concept of epistemic responsibility — students’ concerns are less about knowledge accuracy and more about the erosion of symbolic foundations of trust in professional fields.

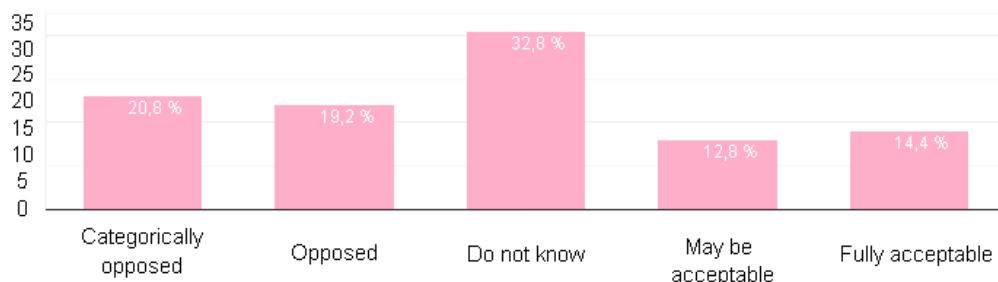


Fig. 4. Response distribution to the item: “Would you find it acceptable to be treated by a medical professional who utilized a chatbot to prepare for or complete their licensing examinations?”

Practical implications include:

- the development of digital training standards for high-risk professions;
- the creation of new models for competence verification;
- engagement with public perception and normative ambiguity.

In conclusion, we observe a legitimacy gap: technological practices advance faster than institutional mechanisms of recognition, producing social turbulence in the system of professional education. This gap demands urgent sociological attention — not only to manage risk, but to imagine new ethical and epistemological frameworks for digital expertise.

Conclusion

This study highlights the emergence of new sociotechnical regimes within academic environments, where generative artificial intelligence (AI) is no longer merely a tool for cognitive support but a transformative force reshaping norms, practices, and identities. The dominance of AI in students’ educational routines is accompanied by normative tensions and cognitive uncertainties, revealing a growing disconnect between institutional regulation and lived academic practices.

Our findings suggest that digital adaptation is unfolding as a fragmented — and at times conflicting — process, in which technological development outpaces the social mechanisms needed to interpret and integrate it meaningfully. On a sociological level, this signals a transformation in the very nature of academic legitimacy, where the boundaries between autonomous knowledge and algorithmic assistance are becoming increasingly blurred.

Universities, caught in the midst of digital turbulence, now face a dual challenge: not only to modernize technologically, but also to reimagine the foundations of pedagogical responsibility and institutional trust. It is no longer sufficient to view AI as an external supplement; it must be critically embedded into the cultural and normative fabric of higher education as a legitimate and sustainable element of academic practice.

Our conclusions point to the urgent need for systemic change across three key dimensions.

- 1) Normative — through the regulation of AI-assisted academic practices (Development of codes for the use of AI in the academic environment is needed?).
- 2) Didactic — through the thoughtful integration of AI tools into curricula and learning processes (Integration of ethics modules into curricula is needed?).

- 3) Social — through the mitigation of digital inequality and enhancement of equitable access.

Ultimately, the future of higher education will be determined not by the speed of digitalization, but by society's ability to institutionalize, legitimize, and critically reflect upon its consequences. Without such a comprehensive adaptation, universities risk deepening the gap between technological capacity and cultural acceptance, compromising their role as ethical and inclusive spaces of knowledge production.

References

Davies, H.C., Eynon, R., Salveson, C. (2020). The Mobilisation of AI in Education: A Bourdieusean Field Analysis, *Sociology*, 55 (3), 539–560. DOI: 10.1177/0038038520967888.

Drach, V.E., Torkunova, Ju.V. (2024). Utilizing Generative Artificial Intelligence for Sociological Studies, *Sotsiologiya nauki i tekhnologiy*, 15 (4), 163–177. DOI: 10.24412/2079-0910-2024-4-163-177.

Gluhih, V.A., Eliseev, S.M., Kirsanova, N.P. (2022). Artificial Intelligence as a Problem of Modern Sociology, *Discourse*, 8 (1), 82–93 (in Russian). DOI: 10.32603/2412-8562-2022-8-1-82-93.

Harrington, L. (2024). Comparison of Generative Artificial Intelligence and Predictive Artificial Intelligence, *AACN Advanced Critical Care*, no. 2 (35), 93–96. DOI: 10.4037/aacnacc2024225.

Ilyichev, V.Yu., Drach, V.E., Chukaev, K.E. (2023). Moral and Ethical Issues of the Universal Application of Neural Networks, *Reflection*, no. 5, 8–13 (in Russian).

Kopyrin, A.S. (Ed.). (2023). *Digital Economy and Systemic Digital Transformation*, Sochi: “SGU” (in Russian).

Liang, E.S., Bai, S. (2024). Generative AI and the Future of Connectivist Learning in Higher Education, *Journal of Asian Public Policy*, 18 (1), 1–23. DOI: 10.1080/17516234.2024.2386085.

Nelson, R. (2024). Academic Identity in the Age of AI: Higher Education and the Digital Revolution (pp. 1–8), Emerald Publishing Limited, Leeds. DOI: 10.1108/978-1-83549-866-820241001.

Генеративный ИИ и трансформация академических норм в высшем образовании

В.Е. Драч

Сочинский государственный университет,
Сочи, Россия;
email: vladimir@drach.pro

Ю.В. Торкунова

Казанский государственный энергетический университет,
Казань, Россия;
email: torkunova@mail.ru

В настоящей статье рассматривается социологическое влияние генеративного искусственного интеллекта на высшее образование, уделяется особое внимание его роли как когнитивного инструмента и катализатора институциональных преобразований. Основываясь на эмпирических данных, исследование показывает появление моноцентрической модели технологической зависимости, при которой использование генеративных нейросетей доминирует в предпочтениях студентов, в то время как альтернативные платформы остаются в тени. Стратифицированные модели использования подчеркивают дисциплинарные различия: студенты-гуманитарии в большей степени полагаются на системы искусственного интеллекта, в отличие от более разнообразного инструментария тех, кто работает в технических областях. Полученные данные указывают на растущее противоречие между быстро развивающимися цифровыми практиками и отстающими институциональными нормами. Хотя большинство студентов сообщают об улучшении успеваемости благодаря обучению с помощью искусственного интеллекта, процесс цифровой адаптации остается неравномерным, отмеченным неравенством в доступе, эпистемологической неопределенностью и нормативной амбивалентностью. Возникает парадокс доверия: хотя искусственный интеллект широко используется в академической практике, он еще не в полной мере признан в качестве законной основы профессиональной компетентности в областях с высокими ставками. Опираясь на теоретические основы, такие как цифровое расширение и теория Поля Бурдьё, авторы исследования интерпретируют эту динамику как показатели переходного этапа в академической культуре. В нем обосновывается необходимость переосмысления образовательных стандартов и этики в свете распределенной эпистемологической ответственности и разработки интегративных стратегий, которые увязывают технологические инновации с педагогическими и общественными ценностями. В статье делается вывод о том, что будущее высшего образования зависит от институциональной способности узаконить и регулировать искусственный интеллект как культурно укоренившийся элемент обучения.

Ключевые слова: генеративный искусственный интеллект, машинное обучение, обработка текста, высшее образование, социологическая методология, социологические исследования.

ЭТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ ШЕНДЕРЮК-ЖИДКОВ

доктор honoris causa Балтийского федерального университета
им. И. Канта, Калининград, Россия;
сенатор, член Совета Федерации
Федерального Собрания Российской Федерации
от Калининградской области,
первый зампред Комитета по бюджету
и финансовым рынкам Совета Федерации,
Москва, Россия;
e-mail: A.shenderyuk@yandex.ru



АЛЕКСАНДР ЕВГЕНЬЕВИЧ ХРАМОВ

доктор физико-математических наук, профессор,
член-корреспондент Российской академии наук,
директор НИИ прикладного искусственного интеллекта
и цифровых решений РЭУ им. Г.В. Плеханова,
Москва, Россия;
e-mail: hramov.ae@rea.ru



Согласование этики и технологий: построение ответственного будущего нейротехнологий и искусственного интеллекта

УДК: 008.2, 004.8, 612.8

DOI: 10.24412/2079-0910-2025-4-138-154

Этика искусственного интеллекта (ИИ) представляет собой междисциплинарную область, ориентированную на идентификацию и разрешение комплекса проблем, возникающих при внедрении ИИ в социум. Ключевые этические вопросы, находящиеся в фокусе внимания исследователей, включают обеспечение конфиденциальности, инклюзивности, надежности, прозрачности, справедливости и объяснимости алгоритмов ИИ. Для их решения применяются разнообразные технические, социальные и социально-технические методы. В результате исследований в области этики ИИ были сформулированы принципы, руководящие указа-

ния, инструментальные средства, разработаны корпоративные политики, рамки управления, стандарты и юридические нормы, предназначенные для регулирования разработки и применения систем ИИ. Нейротехнологии, осуществляющие сбор и/или модификацию данных о нервной системе в реальном времени, все чаще интегрируются с ИИ, что обуславливает необходимость учета их специфических этических аспектов. Принципы, сформированные в рамках этики ИИ, могут предоставить ориентиры для решения этических проблем нейротехнологий, однако последние могут нести новые, более сложные вызовы, требующие дополнительного изучения и разработки новых подходов к их решению.

Ключевые слова: этика, искусственный интеллект, нейротехнологии, объяснимость, правовые нормы регулирования, этические дилеммы, справедливость, управление, нейроправа.

Введение

Бурное развитие нейротехнологий и искусственного интеллекта (ИИ) открывает беспрецедентные возможности для трансформации медицины, образования, науки и повседневной жизни [Hassabis et al., 2017; Karpov et al., 2023]. Однако стремительная интеграция этих технологий порождает сложные этические вызовы, связанные с автономией личности, конфиденциальностью данных, справедливостью распределения преимуществ от использования гибридных «нейро- + ИИ-технологий» и ответственностью за принимаемые решения [Ienca et al., 2017].

Нейротехнологии, включая нейроинтерфейсы, нейромодуляцию и нейровизуализацию, позволяют не только лечить заболевания, но и усиливать когнитивные способности, изменяя саму природу человеческого мышления [Kellmeyer et al., 2018]. В то же время ИИ, особенно генеративные модели, активно вторгается в сферы творчества, образования и принятия решений, стирая границы между реальным и искусственным [Mittelstadt et al., 2016; Floridi et al., 2018; Battista, 2020]. Синергия этих технологий способна привести к созданию гибридных интеллектуальных систем, но одновременно усиливает риски манипуляции сознанием, цифрового неравенства и утраты человеческой идентичности. Современные тенденции, такие как распространение «умной среды» и гибридизация физической и цифровой реальности [Филиппова, 2021; Lecomte, 2023], развитие которых невозможно без ИИ и нейротехнологий, подчеркивают необходимость всестороннего анализа этических, социальных и юридических вопросов, связанных с этими технологиями. Только опережающее регулирование и междисциплинарное сотрудничество позволят минимизировать риски и обеспечить ответственное использование нейротехнологий и ИИ в интересах общества.

Поэтому в данной статье исследуются ключевые этические дилеммы, возникающие на стыке нейротехнологий и ИИ, и предлагаются новые подходы к их согласованию. Особое внимание уделяется разработке междисциплинарных этических рамок, обеспечивающих ответственное и социально ориентированное развитие этих технологий. В условиях отсутствия глобальных регуляторных стандартов, подобных инициативам ЮНЕСКО в области нейроэтики¹, особую актуальность

¹ UNESCO. Этические аспекты нейротехнологий: ЮНЕСКО назначила международную группу экспертов для разработки рекомендаций. 2021. Режим доступа: [https://www.unesco.org/ru/articles/eticheskie-aspekty-neyrotekhnologiy-yunesko-naznachila-mezhdunarodnuyu-](https://www.unesco.org/ru/articles/eticheskie-aspekty-neyrotekhnologiy-yunesko-naznachila-mezhdunarodnuyu)

приобретает опережающее регулирование развития нейротехнологий и ИИ, основанное на принципах прозрачности, инклюзивности и защиты фундаментальных прав человека. Согласование этических принципов с технологическим прогрессом становится насущной задачей для обеспечения благополучия и справедливости в обществе [Ruiz et al., 2024].

Цель работы — не только обозначить существующие риски, но и предложить пути гармонизации технологического прогресса с этическими ценностями, чтобы совместное развитие нейротехнологий и ИИ служило интересам всего общества, а не усугубляло существующие социальные разрывы.

Отметим, что обычно этические проблемы ИИ и нейротехнологий рассматриваются отдельно. В ряде последних работ в этом направлении авторы останавливались на вопросах пересечения этических вопросов, которые ставят ИИ и нейротехнологии [Robinson et al, 2022; Sample et al, 2021; Savage, 2019; Illes, 2017]. В центре внимания данной статьи находится процесс коэволюции ИИ и нейротехнологий. Исследование ставит перед собой задачу проанализировать комплекс этических вызовов, возникающих в результате их интеграции, и сформулировать концептуальные подходы, направленные на обеспечение социально ответственного развития этой технологической сферы.

Методология исследования

В данной работе для комплексного анализа и сопоставления этических аспектов регулирования ИИ и нейротехнологий выбран междисциплинарный подход, позволяющий учесть как технические, так и социально-правовые измерения рассматриваемых проблем. Исследование опирается на синтез качественного анализа существующих нормативных документов, научной литературы и аналитических обзоров в сфере этики ИИ и нейротехнологий, а также на сравнительный правовой анализ.

Сравнительный анализ регулирования проведен на примере стран, играющих ведущую роль в формировании глобальных стандартов: Китая, ЕС, США и России. Выбор этих юрисдикций обусловлен их активной законодательной деятельностью в сфере ИИ, внедрением нейротехнологий в медицину и другие области, а также разнообразием моделей регулирования — от жестких норм до гибких «регуляторных песочниц». Кроме того, выбор стран расширяется примерами из Латинской Америки, такими как Колумбия и Аргентина, что позволяет отразить разнообразие подходов к законодательному обеспечению и внедрению принципов этики в разных социокультурных и институциональных контекстах. Такой выбор обоснован актуальностью и новизной предложенных ими законодательных инициатив, а также желанием продемонстрировать вариативность методов регулирования, от ориентированных на риск-менеджмент до основанных на правах человека. Это позволило выделить общие закономерности и национальные особенности в подходе к этическим вызовам.

Методологически исследование базируется на критическом сравнительном анализе, позволяющем выявить общие тенденции и уникальные черты в подходах к регулированию ИИ и нейротехнологий. Особое внимание уделяется анализу этических принципов и практик их реализации в правовых актах, что служит основанием для построения рекомендаций по интеграции технологий с учетом их социальных и гуманитарных последствий. Для структурирования этических проблем использована классификация рисков по категориям, включая предвзятость алгоритмов, угрозы конфиденциальности данных, автономию личности и экзистенциальные риски. Каждая категория проанализирована через призму социальных, юридических и технологических последствий, что обеспечило комплексность оценки. Принятие именно такого междисциплинарного и сравнительного подхода позволяет не только систематизировать существующие знания, но и выявить пробелы в текущих практиках регулирования, что особенно важно в контексте стремительного развития и интеграции нейротехнологий с ИИ.

Разработка рекомендаций основывалась на синтезе правовых, технических и этических решений. Рассмотрены принцип-ориентированные подходы (этические кодексы), модели, основанные на оценке рисков, и правоцентричные стратегии, направленные на защиту нейроправ. Учтены позиции ключевых стейкхолдеров — от разработчиков технологий до представителей уязвимых групп, что подчеркивает социальную ориентированность исследования.

Современное состояние и совместное развитие нейротехнологий и искусственного интеллекта

Нейротехнологии и ИИ сегодня представляют собой две взаимодополняющие области, стремительное развитие которых открывает новые горизонты в изучении мозга, медицине, реабилитации и когнитивном усилении человека. Нейротехнологии, включая нейровизуализацию, нейроинтерфейсы и нейромодуляцию, позволяют регистрировать активность мозга и влиять на нее, в то время как ИИ, особенно благодаря методам глубокого обучения, обеспечивает мощные инструменты для анализа сложных нейронных данных и создания адаптивных систем.

Одним из наиболее перспективных направлений синергии является развитие интерфейсов «мозг — компьютер» (ИМК), где алгоритмы машинного обучения играют ключевую роль в декодировании нейронных сигналов [Hramov et al., 2021]. Современные ИМК, как инвазивные, так и неинвазивные, уже применяются для восстановления двигательных функций у пациентов после инсульта, управления протезами и даже коммуникации при тяжелых формах паралича. ИИ повышает точность интерпретации нейроданных, позволяя адаптировать системы под индивидуальные особенности пользователей. Например, сочетание ИМК с генеративными моделями ИИ открывает возможности для более естественного взаимодействия с внешними устройствами, такими как экзоскелеты или системы виртуальной реальности.

Другим важным аспектом коэволюции этих технологий является использование ИИ для анализа данных нейровизуализации (фМРТ, ЭЭГ, магнитоэнцефалография и т. д.). Глубокие нейронные сети способны выявлять скрытые паттерны, связанные с нейродегенеративными заболеваниями, психическими расстройствами или

когнитивными процессами, что способствует ранней диагностике и персонализированной терапии [Topol, 2019; Карпов и др., 2022]. В свою очередь, нейробиологические исследования вдохновляют архитектуры ИИ: сверточные сети возникли под влиянием принципов обработки зрительной информации в мозге [LeCun et al., 1998], а новые модели, такие как *Titans* от *Google Research*, имитируют механизмы человеческой памяти [Behrouz et al., 2024].

Однако стремительное развитие и интеграция этих технологий порождают серьезные вопросы этического и правового характера. Особую озабоченность вызывает отсутствие четких регуляторных механизмов, способных эффективно контролировать эту динамично развивающуюся сферу.

Первый ключевой риск связан с коммерческим использованием нейроданных. Корпорации, получая доступ к информации о мозговой активности через специализированные устройства, могут выявлять нейробиологические маркеры, отражающие предпочтения и эмоциональные реакции пользователей. Подобные данные открывают возможности для скрытого манипулирования потребительским выбором в маркетинговых целях. Эта практика ставит под угрозу базовые принципы приватности, создавая прецеденты для вмешательства в личную сферу и потенциального злоупотребления конфиденциальной информацией на уровне как отдельных лиц, так и общества в целом [Luna-Nevarez, 2021; Stanton et al., 2017].

Второй существенной проблемой становится усиление социальной стратификации. Высокая стоимость современных нейротехнологических решений, таких как системы когнитивной коррекции или нейрореабилитации, может привести к их доступности исключительно для обеспеченных слоев населения. Это способно усугубить существующее неравенство, создавая новый вид цифрового разрыва — «нейроразрыв», который проявится на глобальном, национальном и локальном уровнях [Ienca et al., 2017; Goering et al., 2016].

Несмотря на огромный потенциал совместного применения нейротехнологий и ИИ в медицине, когнитивном усилении и улучшении качества жизни, стремительное развитие этих технологий требует тщательного анализа сопутствующих моральных дилемм. В последующих разделах будет представлен детальный обзор этических аспектов, возникающих в процессе разработки и внедрения нейротехнологических решений на базе ИИ.

Этические вызовы и социальные дилеммы развития ИИ и нейротехнологий

Развитие нейротехнологий и ИИ представляет собой не только технологическую революцию, но и источник глубоких этических и социальных дилемм, которые требуют тщательного анализа и проработки [Savage, 2019]. Эти вызовы затрагивают фундаментальные ценности — автономию личности, справедливость, конфиденциальность и права человека — и требуют координации усилий исследователей, государства и общества.

Одним из ключевых вопросов является проблема *предвзятости и дискриминации* [Mehrabani et al., 2021]. Алгоритмические системы, основанные на обучении на больших массивах данных, могут воспроизводить и усиливать существующие социальные стереотипы. Если в традиционных областях это проявляется в неверных реше-

ниях при отборе персонала или предоставлении финансовых услуг [Caliskan et al., 2017], то интеграция с нейротехнологиями несет риск дискриминации на основании нейропсихологических характеристик личности, которые сами по себе крайне чувствительны к интерпретации. Одной из ключевых проблем остается неравенство в доступе к цифровой медицине [Карпов и др., 2022]. Несмотря на активное внедрение ИИ и нейротехнологий в диагностику и лечение, их доступность зависит от уровня дохода, страхового покрытия и географического положения. Это усугубляет разрыв в качестве медицинской помощи, оставляя уязвимые группы без современных технологий.

Следующий крупный блок рисков связан с *прозрачностью и объяснимостью технологий*. В то время как ИИ функционирует как «черный ящик» при обработке сложных данных [Dwivedi et al., 2023], нейротехнологические вмешательства еще менее понятны в плане долгосрочного влияния на психику человека. Отсутствие четкой объяснимости снижает доверие пользователей и может подрывать социальную легитимность внедряемых систем на основе нейротехнологий.

Не менее значимы вопросы *конфиденциальности и контроля над данными*. В отличие от классических цифровых данных, нейроданные могут представлять прямое отражение когнитивных процессов и психических состояний. Их сбор и обработка открывают возможности не только для медицинской диагностики, но и для профилирования личности, что ставит под угрозу право человека на ментальную неприкосновенность и контроль над внутренним миром. Риски включают несанкционированный доступ, использование нейроданных для дискриминации (например, при найме или страховании), манипулирование поведением и нарушение приватности [Yuste et al., 2017]. В связи с этим в научной литературе все чаще обсуждается необходимость введения специальных «нейроправ» [Ienca et al., 2017], гарантирующих защиту субъективной сферы.

Отдельный пласт проблем связан с *автономией и агентностью человека*. Если ИИ воздействует скорее опосредованно — через алгоритмические решения и рекомендации, — то нейротехнологии способны напрямую вмешиваться в нервные процессы и изменять когнитивные или эмоциональные состояния субъекта. Возникает дилемма: где проходит граница допустимости вмешательства в сознание человека и как обеспечить баланс между пользой (например, восстановлением утраченных функций) и рисками потери автономии?

Значительное внимание уделяется и вопросу *справедливого доступа к новым технологиям*. Уже сегодня стоимость передовых медицинских нейроинтерфейсов или систем на базе ИИ делает их доступными лишь ограниченному кругу пользователей. В перспективе это способно привести к усилению социального неравенства: разделению общества на группы, имеющие доступ к когнитивному усилению, и те, которые остаются «по другую сторону технологического барьера».

Развитие ИИ и нейротехнологий должно учитывать их влияние на *физическое и психическое благополучие пользователей*, включая здоровье, безопасность, комфорт и социально-экологические аспекты. Согласно Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Рекомендации для врачей, занимающихся биомедицинскими исследованиями с участием людей» (2000 г.), применение таких технологий требует информированного согласия, защиты нейроданных и соблюдения принципов автономии, конфиденциальности и безопасности. Достижение благополучия возможно лишь при обеспечении прозрачности, ответственности и

защиты прав пользователей, поскольку этические аспекты напрямую связаны с безопасностью и качеством жизни.

Наконец, следует выделить *социальные и нормативные дилеммы*. Интеграция ИИ и нейротехнологий не только трансформирует индивидуальный опыт, но и влияет на общество и институты в целом: от практик цифрового профилирования и манипуляции общественным мнением до вопросов кибербезопасности и использования таких технологий в военной сфере. При отсутствии эффективных законодательных механизмов регулирования есть риск стихийного развития рынка, где коммерциализация будет преобладать над этическими ограничениями.

Таким образом, анализ показывает, что этические проблемы при коэволюции ИИ и нейротехнологий выходят далеко за рамки традиционных дискуссий о надежности и безопасности. Речь идет о вызовах цивилизационного масштаба, затрагивающих права человека, социальную справедливость и само понимание человеческой идентичности. Их решение возможно лишь путем разработки комплексных подходов, включающих правовые новации, интернациональное сотрудничество и ответственное проектирование технологий.

Подходы к регулированию ИИ и нейротехнологий и сравнительные выводы

Современная политика регулирования искусственного интеллекта (ИИ) и нейротехнологий развивается по двум основным траекториям. *Первая траектория* — рискориентированная, предусматривающая классификацию технологий по уровню потенциального вреда и установление соответствующих обязательств для каждой категории. *Вторая траектория* базируется на защите фундаментальных прав человека, которые должны соблюдаться независимо от оценки рисков.

Европейский союз является ярким примером реализации рискориентированного подхода. Согласно принятому в 2024 г. Закону об ИИ, нормативному акту ЕС об ИИ, принятому Европейским парламентом 13 марта 2024 г. и одобренному Советом ЕС 21 мая 2024 г., системы подразделяются на уровни риска²: «неприемлемый риск» запрещен к использованию (например, массовая биометрическая идентификация в реальном времени в общественных местах), системы «высокого риска» подлежат строгому регулированию — с требованиями к управлению данными, технической документации, прозрачности, человеческому надзору и кибербезопасности. Для «низкорисковых» систем установлены минимальные требования, включая обязательство информировать пользователей о взаимодействии с ИИ и маркировку создаваемого таким ИИ контента.

Значимую роль в европейской правовой архитектуре играет также Регламент о защите данных (General Data Protection Regulation, GDPR)³, который регулирует автоматизированную обработку персональных данных, включая профилирование.

² World's First Major Law for Artificial Intelligence Gets Final EU Green Light // CNBC. 2024. Available at: <https://www.cnn.com/2024/05/21/worlds-first-major-law-for-artificial-intelligence-gets-final-eu-green-light.html> (date accessed: 27.01.2025).

³ General Data Protection Regulation (GDPR). Available at: <https://gdpr-info.eu> (date accessed: 27.01.2025).

GDPR закрепляет права субъектов данных на защиту от решений, принимаемых исключительно автоматизированными системами. Это особенно актуально для нейроданных, которые отражают когнитивные и психические состояния, требующие повышенной защиты.

В странах Латинской Америки наблюдается развитие иной модели регулирования, адаптирующейся к локальным особенностям. Например, в Колумбии законопроект № 225/2024 вводит уголовную ответственность за использование ИИ при создании поддельных цифровых идентичностей (deepfakes). В Аргентине поправки в закон о науке и технологиях предусматривают обязательство регистрировать системы ИИ и дают государственным органам право приостанавливать разработку и использование систем, нарушающих этические нормы.

Особое место занимает применение «регуляторных песочниц», которые предоставляют разработчикам платформ возможность тестировать технологии в контролируемой среде с целью выявления потенциальных рисков и своевременной адаптации нормативных требований. Этот механизм способствует балансу между стимулированием инноваций и гарантией безопасности, что особенно важно при работе с технологиями, затрагивающими ментальную неприкосновенность личности. Согласно статье 57 Закона ЕС об ИИ, каждый член Евросоюза должен обеспечить создание национальными компетентными органами нормативных «песочниц» для ИИ на национальном уровне.

Таким образом, международная практика демонстрирует две основные стратегии: структурированный и стандартизированный подход Европейского союза с упором на управление рисками и комплексную защиту данных, а также гибкие, адаптивные подходы Латинской Америки, основанные на интеграции этических ценностей в существующие правовые рамки с учетом местных социокультурных контекстов.

Важным голосом в общественной дискуссии о этических границах технологий являются религиозные институты. Такие традиционные институты, как Русская православная и Римско-католическая церкви, в своих заявлениях (например, в «Римском призыве» папы римского или в Слове Патриарха о научно-техническом прогрессе на встрече с учеными во Всероссийском научно-исследовательском институте экспериментальной физики в г. Сарове, 31 июля 2019 г.) сходятся в ключевых принципах: технологии должны служить человеку, а не подчинять его; необходимо защищать неприкосновенность человеческого достоинства, свободы воли и приватности, особенно в контексте нейротехнологий, способных влиять на сознание и идентичность. В их позиции подчеркивается, что технологический прогресс не должен приводить к дегуманизации и обязан учитывать духовно-нравственные аспекты человеческой природы, выходящие за рамки утилитарного подхода.

Эффективное регулирование ИИ и нейротехнологий требует выработки многоуровневых международных стандартов, которые смогут объединить гибкость инновационных подходов с жесткими гарантиями защиты личности, ее автономии и ментальной неприкосновенности, обеспечивая тем самым ответственное развитие технологий на глобальном уровне.

Правовая база регулирования ИИ и нейротехнологий: современное состояние и международный опыт

Правовое регулирование ИИ и нейротехнологий в мире находится на ранних этапах формирования. В настоящее время отсутствует единый подход к законодательной регламентации, многие правовые акты содержат обобщенные и расплывчатые формулировки, не охватывающие полный жизненный цикл технологий. Особая сложность связана с нейротехнологиями, для которых специализированные законы есть лишь в единичных юрисдикциях. В большинстве стран эти технологии регулируются через существующие нормативы в сферах медицины, защиты персональных данных, прав человека и интеллектуальной собственности, а этические рекомендации носят часто неформальный характер. Важную роль в формировании глобального подхода к ответственному развитию нейротехнологий сыграли Рекомендации Совета по ответственным инновациям в нейротехнологиях Организации экономического сотрудничества и развития (2019)⁴. Этот документ стал одним из первых международных ориентиров, призывавших стран-участников принять меры для обеспечения того, чтобы политика в области нейротехнологий соответствовала принципам ответственности, безопасности, этичности, инклюзивности и уважения прав человека.

В числе мировых лидеров в области регулирования нейротехнологий выделяется Европейский союз. Уже в 2020 г. был опубликован Белый документ по ИИ, в котором были сформулированы базовые принципы этичного и безопасного развития, включая нейротехнологии. Стоит особо отметить влияние Регламента ЕС по защите данных, который содержит положения, регламентирующие обработку высокочувствительных данных, в том числе нейроданных. Этот регламент предусматривает права субъектов данных, в том числе ограничения на автоматизированные решения, которые могут затрагивать жизненно важные интересы человека.

Рассмотрим ключевые подходы и практики в различных странах.

Китайская Народная Республика. В августе 2023 г. вступила в силу директива по ИИ, которая предусматривает обязательное маркирование контента, созданного с применением ИИ, использование только легальных данных для обучения моделей, а также создание механизмов рассмотрения публичных жалоб на ИИ-сервисы. Параллельно формируются требования к качеству и актуальности обучающих данных.

Соединенные Штаты Америки. В 2022 г. администрация США представила «Билль о безопасном и надежном ИИ», направленный на создание безопасных систем, борьбу с дискриминацией, защиту конфиденциальности и обеспечение права выбора человека. В 2023 г. ведущие IT-компании подписали соглашение о саморегулировании, включая меры по маркировке AI-сгенерированного контента и совместные инициативы по управлению рисками. Регулирование нейротехнологий в США носит фрагментарный характер и осуществляется в рамках законов о медицинских приборах и защите данных. Этические рекомендации разрабатываются Национальными институтами здоровья и Национальной академией медицины, но не имеют юридической силы.

⁴ Recommendation of the Council on Responsible Innovation in Neurotechnology OECD/LEGAL/0457, adopted on 11.12.2019. Available at: <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0457> (date accessed: 19.08.2025).

Европейский союз. Введенный в действие Закон об ИИ классифицирует системы ИИ по уровню риска: от запрещенных практик психического воздействия и социального рейтинга до строго регулируемых систем в критически важных сферах и относительно свободных «низкорисковых» технологий, таких как генерация контента. Комплекс мер дополняется обязательной регистрацией и контролем.

Знаковым событием 2024 г. стало принятие Рамочной конвенции Совета Европы об искусственном интеллекте и правах человека (СДСЕ № 225) — первого в истории международного юридически обязывающего договора, призванного обеспечить полное соответствие систем ИИ стандартам прав человека, демократии и верховенства права на всех этапах их жизненного цикла. Конвенция открыта для подписания всеми странами мира, а ее принципы, сфокусированные на защите личности, уже задают новый глобальный ориентир для разработки национальных регуляторных режимов, выходящий за рамки исключительно рискориентированного подхода.

Латинская Америка. Регулирование в регионе менее институционально систематизировано: в Колумбии законодательно ужесточена ответственность за злонамеренное использование ИИ (например, создание *deepfake*), а в Аргентине вводятся нормы, регулирующие регистрацию и этическое использование ИИ и подкрепленные государственным контролем.

Российская Федерация. В России законодательная база в сфере ИИ пока формируется. В 2020 г. была утверждена Национальная стратегия развития искусственного интеллекта до 2030 г., которая определяет основные направления развития ИИ, включая создание правовых и этических рамок. В рамках этой стратегии акцент делается на обеспечении безопасности, защите персональных данных и предотвращении дискриминации при использовании ИИ-технологий. Кроме того, в 2021 г. был принят Федеральный закон № 331-ФЗ, который вносит изменения в Гражданский кодекс РФ и регулирует вопросы ответственности за действия автономных систем, включая ИИ. Однако на данный момент правовое регулирование остается фрагментарным и требует дальнейшей детализации, особенно в вопросах определения ответственности за решения, принимаемые ИИ. Необходимо отметить также, что в настоящее время происходит значительная работа по формированию стандартов в области использования систем ИИ, и здесь одним из лидеров являются здравоохранение и промышленность, где активно развивается правовое и техническое регулирование ИИ (см. подробнее: [Карпов и др., 2022; глава 4]).

Одним из ключевых аспектов регулирования ИИ в России является этическая составляющая. В 2021 г. был разработан Кодекс этики в области искусственного интеллекта, который устанавливает принципы разработки и использования ИИ, такие как прозрачность, справедливость и уважение прав человека. Этот документ, хотя и не имеет обязательной юридической силы, служит ориентиром для разработчиков и компаний, работающих в сфере ИИ. Тем не менее отсутствие четких механизмов контроля и санкций за нарушение этических норм остается проблемой.

Интегрированные стратегии преодоления этических вызовов при совместном развитии ИИ и нейротехнологий

Для эффективного решения этических проблем, возникающих на стыке искусственного интеллекта и нейротехнологий, необходим комплексный междисциплинарный подход, учитывающий как общие, так и уникальные вызовы этих технологий. Современные исследования и практика демонстрируют, что проблемы, возникающие в области ИИ, такие как предвзятость алгоритмов, вопросы конфиденциальности, прозрачности и справедливости, дополняются специфическими рисками нейротехнологий. Среди них: особенности прямого воздействия на когнитивные процессы, работа с особо чувствительными нейроданными и вызовы для автономии личности.

Для решения этих задач адаптируются и расширяются существующие этические рамки искусственного интеллекта с учетом специфики нейротехнологий. Международное сообщество нейроэтиков, в частности Институт нейроэтики (Institute of Neuroethics, IoNx)⁵, разработало свыше двадцати рекомендаций и практических руководств, которые служат базой для создания политики и стандартов в этой области.

Ключевой этический принцип — *in dubio pro homo* (в сомнении — в пользу человека) — призван обеспечить наивысшую защиту прав, достоинства и автономии личности на всех этапах взаимодействия с этими технологиями.

Для реализации этого принципа применяются современные инструменты и технологии:

- наборы инструментов для объяснимости ИИ — программные решения, обеспечивающие доступность и прозрачность алгоритмических решений, что снижает риски ошибок и укрепляет доверие пользователей в том числе и при обработке медицинских данных [McDermid et al., 2021];
- технологии повышения конфиденциальности — методы гомоморфного шифрования, дифференциальной приватности и анонимизации, позволяющие безопасно обрабатывать данные нейровизуализации и психофизиологические сведения [Cummings et al., 2024];
- «регуляторные песочницы» — контролируемые экспериментальные среды, в которых новые разработки ИИ и нейротехнологий тестируются с целью раннего выявления рисков и адаптации нормативного регулирования, которые обсуждались нами выше;
- подход этического проектирования — методы интеграции этических норм непосредственно в цикл разработки технических средств, направленные на минимизацию негативных последствий [Sabbah et al., 2018];
- образовательные программы и курсы — специализированные обучающие инициативы для разработчиков, медицинских специалистов и регуляторов, способствующие формированию культуры ответственного внедрения технологий;
- международные стандарты и протоколы — усилия различных организаций (ISO, IEEE, ОЭСР) по формированию универсальных требований к безо-

⁵ Institute of Neuroethics (IoNx). Available at: <https://instituteofneuroethics.org> (date accessed: 04.02.2025).

пасности, прозрачности, справедливости и соблюдению прав человека при применении ИИ и нейротехнологий.

Успешное разрешение этических проблем невозможно без объединения усилий специалистов из нейронаук, информатики, права, этики, медицины, а также с учетом мнений представителей уязвимых групп — малочисленных народов, людей с особыми потребностями и др. [Panch et al., 2019]. Учет их интересов поможет избежать социальной дискриминации и обеспечить инклюзивность технологий.

Таким образом, применение современных технических инструментов в сочетании с устойчивыми этическими и правовыми принципами формирует надежную основу для ответственного и гуманного развития интегрированных технологий искусственного интеллекта и нейротехнологий.

Обсуждение и заключение

Современная динамика совместного развития и взаимопроникновения ИИ и нейротехнологий все отчетливее демонстрирует ограниченность традиционных инструментов регулирования и подчеркивает необходимость гибких, адаптивных стратегий, способных учитывать уникальные особенности обеих технологий. Поскольку нейротехнологии напрямую воздействуют на нервную систему и когнитивные процессы человека, а ИИ обеспечивает мощные инструменты анализа и управления данными, их интеграция порождает как новые этические риски, так и технологические вызовы, требующие междисциплинарного освоения и повышения регуляторной готовности.

За время, прошедшее с первых попыток сформировать юридические и этические механизмы контроля ИИ, ландшафт технологий значительно изменился, и сейчас во многих случаях выжидательная позиция, позволяющая анализировать опыт ведущих юрисдикций и параллельно изучать развитие рынка нейротехнологий, представляется наиболее прагматичной для России и ряда других государств.

Появление высокоэффективных языковых моделей и быстро развивающихся нейротехнологий в сочетании с доступностью вычислительных платформ создает беспрецедентные возможности для демократизации технологий. Тем не менее это усложняет контроль и мониторинг таких систем, поскольку и ИИ, и нейротехнологии требуют определения границ допустимого вмешательства в личность и понимания долгосрочных социальных последствий.

Не менее важен вопрос перераспределения экономических выгод в контексте глобализации цифровых технологий и концентрирования ресурсов. Крупные ИТ-компании, владеющие технологиями ИИ и инфраструктурой для поддержки нейротехнологических исследований, влияют на национальные рынки труда, образование и налоговую политику. Рассматриваемые сейчас инициативы по введению международных налоговых механизмов, наподобие *Pillar One*, могут стать важным инструментом адаптации к новой экономической реальности, в том числе и в России.

При этом растущая концентрация вычислительных мощностей и ограниченный доступ молодых команд к инфраструктуре создают барьеры не только для развития ИИ, но и для инноваций в области нейротехнологий — обе области критически зависят от технологий обработки больших данных и мощностей высокопроизводи-

тельных вычислений. В таких условиях важны меры государственной и институциональной поддержки стартапов и исследовательских коллективов, обеспечивающие равные возможности для развития как ИИ, так и нейротехнологий.

Особое внимание следует уделить вопросам интеллектуальной собственности в новой парадигме: рост объемов контента, генерируемого ИИ, требует новых подходов к компенсации авторам и правообладателям, а также к внедрению инструментов маркировки продуктов, созданных ИИ.

Авторы призывают к открытой экспертной дискуссии по формированию комплексных и гибких моделей регулирования, в центре которых — защита прав и интересов личности, стимулирование науки, образования и технологического предпринимательства. Такой системный подход, опирающийся на постоянный диалог государства, бизнеса, академического сообщества и гражданского общества, позволит создать адаптивную нормативную базу, отвечающую реалиям XXI в. и обеспечивающую устойчивое развитие цифровых и нейроцифровых экосистем.

Литература

- Карнов О.Э., Храмов А.Е.* Информационные технологии, вычислительные системы и искусственный интеллект в медицине. М.: ДПК Пресс, 2022. 320 с.
- Филипова И.А.* Нейротехнологии: развитие, применение на практике и правовое регулирование // Вестник С.-Петерб. ун-та. Право. 2021. Т. 12. № 3. С. 1–15. DOI: 10.21638/spbu14.2021.302.
- Battista D.* Political Communication in the Age of Artificial Intelligence: An Overview of Deepfakes and Their Implications // Society Register. 2024. Vol. 8. No. 2. P. 7–24. DOI: 10.14746/sr.2024.8.2.01.
- Behrouz A., Zhong P., Mirrokni V.* Titans: Learning to Memorize at Test Time // arXiv preprint arXiv:2501.00663. 2024.
- Caliskan A., Bryson J.J., Narayanan A.* Semantics Derived Automatically from Language Corpora Contain Human-Like Biases // Science. 2017. Vol. 356. No. 6334. P. 183–186. DOI: 10.1126/science.aal4230.
- Cummings R., Sarathy J.* Centering Policy and Practice: Research Gaps Around Usable Differential Privacy // 023 5th IEEE International Conference on Trust, Privacy and Security in Intelligent Systems and Applications (TPS-ISA). 2024. <https://arxiv.org/abs/2406.12103>.
- Dwivedi R., Dave D., Naik H., Singhal S., Omer R., Patel P., Qian B. et al.* Explainable AI (XAI): Core Ideas, Techniques, and Solutions // ACM Computing Surveys. 2023. Vol. 55. No. 9. P. 1–33.
- Floridi L. et al.* AI4People — An Ethical Framework for a Good AI Society: Opportunities, Risks, Principles, and Recommendations // Minds and Machines. 2018. Vol. 28. No. 4. P. 689–707.
- Goering S., Yuste R.* On the Necessity of Ethical Guidelines for Novel Neurotechnologies // Cell. 2016. Vol. 167. No. 4. P. 882–885. DOI: 10.1016/j.cell.2016.10.029.
- Hassabis D., Kumaran D., Summerfield C., Botvinick M.* Neuroscience-Inspired Artificial Intelligence // Neuron. 2017. Vol. 95. No. 2. P. 245–258. DOI: 10.1016/j.neuron.2017.06.011.
- Hramov A.E., Maksimenko V.A., Pisarchik A.N.* Physical Principles of Brain-Computer Interfaces and Their Applications for Rehabilitation, Robotics and Control of Human Brain States // Physics Reports. 2021. Vol. 918. P. 1–133. DOI: 10.1016/j.physrep.2021.03.004.
- Ienca M., Andorno R.* Towards New Human Rights in the Age of Neuroscience and Neurotechnology // Life Sciences, Society and Policy. 2017. Vol. 13. No. 1. P. 5.
- Illes J.* Neuroethics — Anticipating the Future. New York, NY: Oxford University Press, 2017. 643 p.

Karpov O.E., Pitsik E.N., Kurkin S.A., Maksimenko V.A., Gusev A.V., Shusharina N.N., Hramov A.E. Analysis of Publication Activity and Research Trends in the Field of AI Medical Applications: Network Approach // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2023. Vol. 20. P. 5335. DOI: 10.3390/ijerph20075335.

Kellmeyer P. Big Brain Data: On the Responsible Use of Brain Data from Clinical and Consumer-Directed Neurotechnological Devices // *Neuroethics*. 2018. Vol. 11. No. 1. P. 1–16. DOI: 10.1007/s12152-018-9371-x.

Lecomte P. Umwelt as the Foundation of an Ethics of Smart Environments // *Humanities and Social Sciences Communications*. 2023. Vol. 10. No. 1. P. 1–12. DOI: 10.1057/s41599-023-02356-9.

LeCun Y., Bottou L., Bengio Y., Haffner P. Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition // *Proceedings of the IEEE*. 1998. Vol. 86. No. 11. P. 2278–2324.

Luna-Nevarez C. Neuromarketing, Ethics, and Regulation: An Exploratory Analysis of Consumer Opinions and Sentiment on Blogs and Social Media // *Journal of Consumer Policy*. 2021. Vol. 44. No. 4. P. 559–583. DOI: 10.1007/s10603-021-09496-y.

McDermid J.A., Jia Y., Porter Z., Habli I. Artificial Intelligence Explainability: The Technical and Ethical Dimensions // *Philosophical Transactions of the Royal Society A*. 2021. Vol. 379. No. 2207. P. 20200363. DOI: 10.1098/rsta.2020.0363.

Mehrabi N., Morstatter F., Saxena N., Lerman K., Galstyan A. A Survey on Bias and Fairness in Machine Learning // *ACM Computing Surveys*. 2021. Vol. 54. No. 6. P. 1–35. DOI: 10.48550/arXiv.1908.09635.

Mittelstadt B.D., Allo P., Taddeo M., Wachter S., Floridi L. The Ethics of Algorithms: Mapping the Debate // *Big Data & Society*. 2016. Vol. 3. No. 2. P. 1–21. DOI: 10.1177/205395171667967.

Panch T., Mattie H., Celi L.A. The “Inconvenient Truth” about AI in Healthcare // *NPJ Digital Medicine*. 2019. Vol. 2. P. 1–3. DOI: 10.1038/s41746-019-0155-4.

Robinson J.T., Rommelfanger K.S., Anikeeva P.O., Etienne A., French J., Gelinas J., Grover P., Picard R. Building a Culture of Responsible Neurotech: Neuroethics as Socio-Technical Challenges // *Neuron*. 2022. Vol. 110. No. 13. P. 2057–2062. DOI: 10.1016/j.neuron.2022.05.005.

Ruiz S., Valera L., Ramos P., Sitaram R. Neurorights in the Constitution: from Neurotechnology to Ethics and Politics // *Philosophical Transactions B*. 2024. Vol. 379. No. 1915. P. 20230098. DOI: 10.1098/rstb.2023.0098.

Sabbah M., Rami E.K., Jebbawi Y., Halabi R., Zantout R., Diab M.O. Robotic Interface Controller for Minimally Invasive Surgery // 2018 1st International Conference on Computer Applications & Information Security (ICCAIS). IEEE. 2018. April. P. 1–4.

Sample M., Racine E. Pragmatism for a Digital Society: The (In)Significance of Artificial Intelligence and Neural Technology // *Advances in Neuroethics: Clinical Neurotechnology Meets Artificial Intelligence*. Springer, 2021. P. 81–100.

Savage N. How AI and Neuroscience Drive Each Other Forwards // *Nature*. 2019. Vol. 571. P. S15. DOI: 10.1038/d41586-019-02212-4.

Stanton S.J., Sinnott-Armstrong W., Huettel S.A. Neuromarketing: Ethical Implications of Its Use and Potential Misuse // *Journal of Business Ethics*. 2017. Vol. 144. P. 799–811. DOI: 10.1007/s10551-016-3059.

Topol E.J. High-Performance Medicine: The Convergence of Human and Artificial Intelligence // *Nature Medicine*. 2019. Vol. 25. No. 1. P. 44–56. DOI: 10.1038/s41591-018-0300-7.

Yuste R., Goering S., Bi G., Carmena J.M., Carter A., Fins J.J., Friesen P. et al. Four Ethical Priorities for Neurotechnologies and AI // *Nature*. 2017. Vol. 551. No. 7679. P. 159–163. DOI: 10.1038/551159a.

Harmonization of Ethics and Technology: Building a Responsible Future for Neurotechnology and Artificial Intelligence

ALEXANDER V. SHENDERYUK-ZHIDKOV

Federation Council, Moscow;
Immanuel Kant Baltic Federal University,
Kaliningrad, Russia;
e-mail: e-mail: A.shenderyuk@yandex.ru

ALEXANDER E. HRAMOV

Research Institute of Applied Artificial Intelligence
and Digital Solutions, Plekhanov Russian University of Economics,
Moscow, Russia;
e-mail: hramov.ae@rea.ru

Artificial intelligence (AI) ethics is an interdisciplinary field focused on identifying and resolving the set of issues that arise when AI is introduced into society. Key ethical issues that are the focus of research include ensuring the privacy, inclusiveness, reliability, transparency, fairness, and explainability of AI algorithms. A variety of technical, social, and socio-technical methods are being applied to address them. Research in AI ethics has resulted in the formulation of principles, guidelines, toolkits, corporate policies, governance frameworks, standards and legal norms designed to regulate the development and application of AI. Neurotechnology that collects and / or modifies real-time neural data are increasingly being integrated with AI, necessitating their specific ethical considerations. The principles developed within the framework of AI ethics can provide valuable guidelines for addressing the ethical challenges of neurotechnology, but the latter may present new more complex challenges that require further study and the development of specialized ethical standards.

Keywords: ethics, artificial intelligence, neurotechnology, explainability, legal regulatory standards, ethical dilemmas, fairness, governance, neurorights.

References

- Battista, D. (2024). Political Communication in the Age of Artificial Intelligence: An Overview of Deepfakes and Their Implications, *Society Register*, 8 (2), 7–24. DOI: 10.14746/sr.2024.8.2.01.
- Behrouz, A., Zhong, P., Mirrokni, V. (2024). Titans: Learning to Memorize at Test Time, *arXiv preprint arXiv:2501.00663*.
- Caliskan, A., Bryson, J.J., Narayanan, A. (2017). Semantics Derived Automatically from Language Corpora Contain Human-Like Biases, *Science*, 356 (6334), 183–186.
- Cummings, R., Sarathy, J. (2024). Centering Policy and Practice: Research Gaps Around Usable Differential Privacy, *023 5th IEEE International Conference on Trust, Privacy and Security in Intelligent Systems and Applications (TPS-ISA)*. <https://arxiv.org/abs/2406.12103>.
- Dwivedi, R., Dave, D., Naik, H., Singhal, S., Omer, R., Patel, P., Qian, B. et al. (2023). Explainable AI (XAI): Core Ideas, Techniques, and Solutions, *ACM Computing Surveys*, 55 (9), 1–33.

Filipova, I.A. (2021). Neyrotekhnologii: razvitiye, primeneniye na praktike i pravovoye regulirovaniye [Neurotechnologies: Development, practical application, and legal regulation], *Vestnik S.-Peterb. un-ta. Pravo*, 12 (3), 1–15 (in Russian). DOI: 10.21638/spbu14.2021.302.

Floridi, L. et al. (2018). AI4People — An Ethical Framework for a Good AI Society: Opportunities, Risks, Principles, and Recommendations, *Minds and Machines*, 28 (4), 689–707.

Goering, S., Yuste, R. (2016). On the Necessity of Ethical Guidelines for Novel Neurotechnologies, *Cell*, 167 (4), 882–885.

Hassabis, D., Kumaran, D., Summerfield, C., Botvinick, M. (2017). Neuroscience-Inspired Artificial Intelligence, *Neuron*, 95 (2), 245–258. DOI: 10.1016/j.neuron.2017.06.011.

Hramov, A.E., Maksimenko, V.A., Pisarchik, A.N. (2021). Physical Principles of Brain-Computer Interfaces and Their Applications for Rehabilitation, Robotics and Control of Human Brain States, *Physics Reports*, vol. 918, 1–133. DOI: 10.1016/j.physrep.2021.03.004.

Ienca, M., Andorno, R. (2017). Towards New Human Rights in the Age of Neuroscience and Neurotechnology, Life Sciences, *Society and Policy*, 13 (1), p. 5.

Illes, J. (2017). *Neuroethics — Anticipating the Future*, New York, NY: Oxford University Press.

Karpov, O.E., Khramov, A.E. (2022). *Informatsionnyye tekhnologii, vychislitel'nyye sistemy i iskusstvennyy intellekt v meditsine* [Information technologies, computing systems, and artificial intelligence in medicine], Moskva: DPK Press (in Russian).

Karpov, O.E., Pitsik, E.N., Kurkin, S.A., Maksimenko, V.A., Gusev, A.V., Shusharina, N.N., Hramov, A.E. (2023). Analysis of Publication Activity and Research Trends in the Field of AI Medical Applications: Network Approach, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 20, p. 5335. DOI: 10.3390/ijerph20075335.

Kellmeyer, P. (2018). Big Brain Data: On the Responsible Use of Brain Data from Clinical and Consumer-Directed Neurotechnological Devices, *Neuroethics*, 11 (1), 1–16.

Lecomte, P. (2023). Umwelt as the Foundation of an Ethics of Smart Environments, *Humanities and Social Sciences Communications*, 10 (1), 1–12. DOI: 10.1057/s41599-023-02356-9.

LeCun, Y., Bottou, L., Bengio, Y., Haffner, P. (1998). Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition, *Proceedings of the IEEE*, 86 (11), 2278–2324.

Luna-Nevarez, C. (2021). Neuromarketing, Ethics, and Regulation: An Exploratory Analysis of Consumer Opinions and Sentiment on Blogs and Social Media, *Journal of Consumer Policy*, 44 (4), 559–583. DOI: 10.1007/s10603-021-09496-y.

McDermid, J.A., Jia, Y., Porter, Z., Habli, I. (2021). Artificial Intelligence Explainability: The Technical and Ethical Dimensions, *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 379 (2207), 20200363.

Mehrabi, N., Morstatter, F., Saxena, N., Lerman, K., Galstyan, A. (2021). A Survey on Bias and Fairness in Machine Learning, *ACM Computing Surveys*, 54 (6), 1–35.

Mittelstadt, B.D., Allo, P., Taddeo, M., Wachter, S., Floridi, L. (2016). The Ethics of Algorithms: Mapping the Debate, *Big Data & Society*, 3 (2), 1–21.

Panch, T., Mattie, H., Celi, L.A. (2019). The “Inconvenient Truth” about AI in Healthcare, *NPJ Digital Medicine*, vol. 2, 1–3. DOI: 10.1038/s41746-019-0155-4.

Robinson, J.T., Rommelfanger, K.S., Anikeeva, P.O., Etienne, A., French, J., Gelinas, J., Grover, P., Picard, R. (2022). Building a Culture of Responsible Neurotech: Neuroethics as Socio-Technical Challenges, *Neuron*, 110 (13), 2057–2062. DOI: 10.1016/j.neuron.2022.05.005.

Ruiz, S., Valera, L., Ramos, P., Sitaram, R. (2024). Neurorights in the Constitution: From Neurotechnology to Ethics and Politics, *Philosophical Transactions B*, 379 (1915), 20230098.

Sabbah, M., Rami, E.K., Jebbawi, Y., Halabi, R., Zantout, R., Diab, M.O. (2018, April). Robotic Interface Controller for Minimally Invasive Surgery, *2018 1st International Conference on Computer Applications & Information Security (ICCAIS)* (pp. 1–4), IEEE.

Sample, M., Racine, E. (2021). Pragmatism for a Digital Society: The (In)Significance of Artificial Intelligence and Neural Technology, *Advances in Neuroethics: Clinical Neurotechnology Meets Artificial Intelligence* (pp. 81–100), Springer.

Savage, N. (2019). How AI and Neuroscience Drive Each Other Forwards, *Nature*, vol. 571, p. S15. DOI: 10.1038/d41586-019-02212-4.

Stanton, S.J., Sinnott-Armstrong, W., Huettel, S.A. (2017). Neuromarketing: Ethical Implications of Its Use and Potential Misuse, *Journal of Business Ethics*, vol. 144, 799–811.

Topol, E.J. (2019). High-Performance Medicine: The Convergence of Human and Artificial Intelligence, *Nature Medicine*, 25 (1), 44–56. DOI: 10.1038/s41591-018-0300-7.

Yuste, R., Goering, S., Bi, G., Carmena, J.M., Carter, A., Fins, J.J., Friesen, P. et al. (2017). Four Ethical Priorities for Neurotechnologies and AI, *Nature*, 551 (7679), 159–163. DOI: 10.1038/551159a.

ИВАН АЛЕКСАНДРОВИЧ СМЕКАЛИН

стажер-исследователь Лаборатории
социальной и когнитивной информатики,
аспирант Департамента социологии
Национального исследовательского университета
«Высшая школа экономики»,
Санкт-Петербург, Россия;
e-mail: iasmekalin@hse.ru



Роль искусственного интеллекта в обнаружении недостоверной информации: обзор новейших исследований и их значение для социальных наук

УДК: 316

DOI: 10.24412/2079-0910-2025-4-155-171

Рост популярности больших языковых моделей (БЯМ) меняет информационное поведение пользователей, включая способы поиска и оценки достоверности информации. Настоящее исследование представляет обзор предметного поля, посвященный роли искусственного интеллекта (ИИ) в обнаружении и интерпретации недостоверной информации. Целью обзора стало выявление ключевых направлений исследований на стыке ИИ и недостоверной информации, а также определение существующих пробелов в понимании влияния ИИ на когнитивные процессы пользователей. Данный обзор включает 32 статьи, опубликованные преимущественно в 2019–2024 гг. Выделены четыре направления исследований: 1) применение краудсорсинговых подходов к проверке информации и сравнение их с оценками профессиональных фактчекеров; 2) обнаружение и отслеживание распространения ложной информации в социальных сетях с ИИ-методами; 3) автоматический фактчекинг как разработка алгоритмов и моделей для автоматизированной проверки достоверности утверждений; 4) когнитивные искажения и предвзятости ИИ при восприятии недостоверной информации. ИИ в форме БЯМ все активнее выступает не только средством поиска информации пользователями, но и ее источником. С вовлечением ИИ в информационное поведение пользователей возникли новые вызовы: к уже известным когнитивным искажениям добавились предвзятости ИИ. Особенно актуальным становится вопрос о том, усиливает ли ИИ склонность пользователя соглашаться с готовыми суждениями или может развивать критическое восприятие информации, способствуя более адаптивному информационному поведению индивидов. Обзор выявил отсутствие работ, напрямую изучающих влияние ИИ на восприятие и распознавание ложной информации пользователями.

Ключевые слова: искусственный интеллект, когнитивные искажения, информационное поведение, большие языковые модели.

Благодарность

Исследование выполнено в рамках Программы фундаментальных исследований Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики».

Автор выражает благодарность заведующей Лабораторией социальной и когнитивной информатики д. филол. н. Олеся Юрьевне Кольцовой за ценные советы и рекомендации в ходе подготовки статьи.

Введение

Технологии искусственного интеллекта, в основе которых лежат большие языковые модели (БЯМ), получают все более массовое внедрение в повседневную жизнь: ими все шире пользуются не только медиапрофессионалы и профессиональные фактчекеры, для которых БЯМ становятся привычным инструментом создания и проверки медиаконтента, но и обычные пользователи, которые все чаще прибегают к ИИ для поиска и верификации информации. Это существенно меняет многие социальные процессы, такие как медиапотребление, обучение или получение медицинских консультаций, и в ближайшем будущем должно привести к изменению соответствующих социальных институтов (медиа, образования, здравоохранения и др.) При этом ввиду новизны самого ИИ эффективность его использования для поиска и проверки информации остается мало исследованной.

По мере того как ИИ-системы, способные к генерации и обработке информации, становятся более совершенными, исследователи подчеркивают, что традиционных методов проверки достоверности уже недостаточно для борьбы с дезинформацией в цифровой среде [Cabañes, 2020]. Кроме того, особенности пользовательского контента требуют внедрения новых практик верификации, адаптированных к вызовам, связанным с платформами социальных медиа [Brandtzaeg et al., 2016].

Теоретическая рамка

Базовым теоретическим подходом для этого обзора является теория информационного поведения [Wilson, 1981, 1997]. Информационное поведение выступает ответом индивида на потребность в информации, которая задана социальным контекстом. Между контекстом и потребностью существует мотивация, в соответствии с которой человек решает, что ему нужна информация. На поиск информации могут влиять внутренние и внешние барьеры, например психологические особенности индивида, особенности источника информации и технологические факторы. Чат-боты на основании ИИ выступают и источником информации, и способом ее поиска. В терминах теории информационного потребления ИИ могут влиять на большую часть компонентов модели: на контекст, на внешние барьеры среды и на формы информационного поведения.

Другой теоретической основой выступает междисциплинарный подход к исследованию недостоверной информации [Lewandowsky et al., 2017]. Он утверждает, что недостоверная информация — это не просто ложная информация, которую достаточно опровергнуть, но альтернативная система знаний, на распространение

которых влияет не качество информации [Fazio et al., 2015], а структура социальных сетей и особенности восприятия содержания пользователями. Социальным контекстом условий для распространения недостоверной информации выступают сокращение общественного доверия, рост неравенства и политическая поляризация. Техно-когнитивный подход (*technocognition*) сочетает когнитивные науки и технологии для исследования того, как пользователи обращаются с недостоверной информацией.

В статье обсуждается два вида ложной информации: недостоверная информация (*misinformation*) и дезинформация (*disinformation*). Отличительной характеристикой дезинформации является преднамеренное введение в заблуждение с целью причинения вреда или получения выгоды [Hameleers, 2023].

Методы

Согласно типологии [Grant, Booth, 2009], предлагаемый анализ относится к обзорам предметного поля (*scoping review*), поскольку имеет цель первоначальной оценки охвата публикаций по только формирующемуся направлению исследований. Результаты включают типологизацию литературы по ключевым характеристикам, а формальная оценка качества не применяется. Методологическая рамка обзора предметного поля [Arksey, O'malley, 2005] состоит из пяти шагов, которые применялись в рамках этого обзора.

1. Формулировка исследовательского вопроса: какие аспекты роли искусственного интеллекта в обнаружении и восприятии ложной информации исследуются в актуальной литературе?
2. Поиск релевантной литературы: в обзор были включены статьи, которые рассматривают стык ИИ и ложной информации, включая ИИ как метод исследования и как источник информации. В частности, поиск проводился по академическим базам данных, в том числе *PubMed*, *PubMed Central*, *Scopus*, *Web of Science*, *ScienceDirect*, *arXiv*, *ACL Anthology* и *SpringerLink*, а также по материалам ведущих международных конференций, таких как: *International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*, *Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics (NAACL)*, *ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM)*. Для поиска использовались такие ключевые слова, как «автоматический факт-чекинг», «ИИ и недостоверная информация», «предвзятости ИИ».
3. Отбор релевантных исследований: критериями включения публикации в обзор являлись временные рамки между 2015 и 2025 гг., рассмотрение предмета исследования на стыке ИИ и ложной информации, наличие новизны в исследовательских методах, представительство разных академических дисциплин. Изначально было отобрано 75 статей, опубликованных с 2016 по 2025 г., с общим количеством цитирований более 20 тыс.; далее из них было отобрано 32 статьи, которые лучше соответствовали задачам исследования (не дублировали уже рассмотренные решения поставленных исследовательских проблем; фокусировались на недостоверной информации, а не на языке ненависти; писали о новых подходах к верификации информации, а не о техническом увеличении точности старых).

4. Систематизация данных: полученная информация была организована по характеристикам исследований вроде ключевых концептов, данных, методов их анализа, а также вкладу в общее исследовательское поле. Вся информация представлена в результатах обзора.
5. Сводка, обобщение и представление результатов: обобщение и синтез позволили сгруппировать исследования по тематическим направлениям и сформулировать пробел в исследованиях, на стыке искусственного интеллекта и ложной информации.

Результаты

Обзор включает 32 статьи, опубликованные преимущественно в 2019–2024 гг., сгруппированные по четырем направлениям: 1) краудсорсинг и экспертная проверка; 2) обнаружение и распространение недостоверной информации в соцсетях; 3) автоматический фактчекинг; 4) когнитивные и ИИ-предвзятости в восприятии информации.

Экспертная оценка и краудсорсинг как методы проверки информации

Вопрос «Может ли толпа объективно обнаружить недостоверную информацию?» задается в одноименной публикации [Roitero et al., 2020]. Авторы исходят из того, что профессионалы, которые занимаются проверкой фактов (в том числе фактчекеры и журналисты), не справляются с объемами информации, которая нуждается в проверке. Это, как отмечается в тексте, создает необходимость в децентрализованных стратегиях, таких как краудсорсинг, позволяющих привлекать множество участников к процессу проверки достоверности утверждений. Дизайн исследования состоял в том, чтобы проверить степень соответствия между оценками достоверности профессионалов и пользователей краудсорсинговых платформ. В качестве метрик использовались точность полученных оценок, степень консенсуса между участниками и уровень корреляции между коллективными суждениями и оценками профессиональных фактчекеров. Участнику предлагался опросник с 11 утверждениями, а также вопросами о социально-демографических и ценностных установках. Дизайн эксперимента включал в себя встроенную поисковую систему для проверки информации, позволяя участникам обращаться к релевантным источникам в процессе выполнения задания. Агрегированные данные пользователей краудсорсинговых платформ демонстрируют высокую степень соответствия экспертным оценкам, причем увеличение размерности шкалы (3-балльная, 6-балльная и 100-балльная) не привело к значимому улучшению качества суждений. Когнитивные способности и политическая ориентация респондентов оказали значимое влияние на их способность распознавать ложные утверждения.

Другое исследование ставит аналогичную задачу — оценить эффективность краудсорсинга как метода проверки достоверности информации [Saeed et al., 2022]. В исследовании используются данные, полученные с платформы краудсорсинговой верификации фактов *Birdwatch*. Она использует данные из «Твиттера» и следует алгоритму: обнаружение и выбор утверждений, поиск доказательств, верификация

утверждений (похожий алгоритм используется при автоматическом фактчекинге). Данные с краудсорса сравниваются с данными от профессиональных фактчекеров с платформы *ClaimReview*. Сравнение источников показало, что источники людей с краудсорсинговой платформы были более разнообразными (например, *Wikipedia*, *YouTube*, научные статьи), в то время как профессиональные фактчекеры использовали меньше источников, но они были более специализированные. К похожим результатам приходит другое исследование: в отличие от профессиональных фактчекеров фактчекеры-активисты при проверке информации опирались на более узкий набор источников и менее точно различали фактические неточности и утверждения, вводящие в заблуждения [Tsang et al., 2023]. Также активисты более склонны критиковать недостоверную информацию, а не приводить достоверную.

При этом есть данные, которые подтверждают влияние политической ориентации на оценку правдивости утверждений [La Barbera et al., 2020]. Для этого использовался набор данных *PolitiFact*, который содержит 12 800 политических утверждений с разметкой достоверности по 6-балльной шкале, присвоенной экспертами-фактчекерами. Разметка данных проводилась при помощи 400 исполнителей, которые оценивали по 10 утверждений, в том числе два контрольных утверждения и по три утверждения на определение политических взглядов. Оценщики с крауд-платформ склонны отдавать предпочтение материалам, соответствующим их убеждениям. Шкалы, которые используют оценщики, сами по себе выступают предметом исследования. На тех же самых данных из 12 800 утверждений *PolitiFact* показано [Soprano et al., 2021], что согласованность оценок варьируется в зависимости от аспекта «правдивости», который используется (правильность, нейтральность, понятность, точность, полнота, достоверность, информативность). При этом упрощение оценки достоверности до трех признаков (непредвзятость, точность и правдивость) позволило прийти к более согласованным выводам, чем в прошлых исследованиях [Barbera et al., 2024]. В качестве источника информации использовался тот же *PolitiFact*, из которого выбрали 120 утверждений, по 20 на каждого оценщика.

До сих пор говорилось о сравнении оценок профессиональных оценщиков и людей с краудсорсинговых платформ. Эксперимент «Фактчекинг фактчекеров» [Lee et al., 2023] демонстрирует высокую согласованность разных фактчекеров между собой. Его данные включают корпус из 24 169 фактчекинговых статей, которые были собраны с помощью веб-скрепинга с сайтов организаций-фактчекеров. Для сопоставления утверждений из разных баз использовались TF-Df-векторизация и BERT, а точность соответствия оценок составила 0,96. Некоторая «наивность» такой оценки состоит в том, что совпадение оценок у разных фактчекеров констатируется даже тогда, когда они отметили информацию ложной по разным основаниям [Uscinski, 2015]. Они также могут ошибаться в одних и тех же местах, особенно если оценщики являются профессиональными и имеют схожие идеологические предвзятости.

Обнаружение и отслеживание распространения недостоверной информации

Методы, основанные на машинном обучении, вносят вклад в отслеживание распространения недостоверной информации в социальных сетях. На эту тему есть си-

стематический обзор литературы [Wang et al., 2019], где отмечается, что в литературе о распространении ложной информации преобладают исследования на медицинские темы. Обзор включил 57 публикаций за период с 2012 по 2018 г., посвященных недостоверной информации в сфере здравоохранения в контексте социальных медиа. Анализ совместного цитирования выявил четыре междисциплинарных кластера, к которым относятся публикации на эту тему: социальная психология, коммуникации, медицинские и биомедицинские науки, общественное здравоохранение. В этот обзор также попали статьи, которые основаны на информации по медицинским или политическим вопросам.

Ярким примером решения задачи отслеживания распространения недостоверной информации по социальным медиа выступает исследование [Ghenai, Mejova, 2017], которое посвящено выявлению недостоверной информации о вирусе Зика в социальных сетях с использованием методов машинного обучения для мониторинга общественных нарративов в области здравоохранения. Исследование анализирует, как различные типы ложной информации влияют на скорость и охват ложных нарративов, а также как можно снизить их воздействие с помощью целевых интервенций. В статье о распространении информации в различных социальных сетях описываются разные методы, которые платформы используют для того, чтобы обнаруживать недостоверную информацию [Cohen et al., 2020]. В качестве доступных методов перечисляются модели на основании искусственного интеллекта, которые в качестве исходных данных принимают не только текст, но и характеристики сетевого взаимодействия: данные об оценках и комментариях поста, как связаны комментаторы друг с другом и с автором публикации, оценка тональности комментариев.

На социально-сетевой подход опирается исследование о структуре дискурсивных сообществ в социальных сетях [Mattei et al., 2022]. Сравнивая распространение информации с эпидемией, авторы вводят термин «инфодемия»: есть источники инфекции и есть ее переносчики. Исследователи описывают структуру дискурсивных сообществ как галстук-бабочку: исходящий сегмент выступает односторонним источником информации для ядра, а ядро выступает односторонним источником информации для входящего сегмента. При этом на периферии, вне ядра, качество контента значимо более низкое и включает недостоверную информацию. Неполная связность сегментов способствует распространению инфодемии. Роль кластеров при распространении ложной информации известна как эффект эхо-камер. На наборе данных из более чем одного миллиарда твитов, связанных с COVID-19, сетевое моделирование и картографирование эхо-камер было дополнено методами тематического моделирования для выявления распространенных нарративов [Chen et al., 2022]. Картографирование эхо-камер показало, что пользователи, которые публиковали ложную информацию, чаще принадлежали к одному кластеру. Тематическое моделирование выявило, что эхо-камеры различаются по политическим признакам.

В 2019 г. различные модели машинного обучения также использовались для решения более ранней и смежной задачи — обнаружения оскорбительного языка [Zampieri et al., 2019]. Тогда же была поставлена задача о том, чтобы на основании стилистических особенностей текста отличать пропаганду от не пропаганды [Barrón-Cedeño et al., 2019]. Языковые признаки помогали моделям машинного обучения лучше классифицировать тексты. Задачей исследований, в рамках которых большие

языковые модели стали самостоятельным методом анализа, стала автоматическая проверка достоверности информации, то есть автоматический фактчекинг.

Автоматический фактчекинг

Платформы вопросов и ответов (*Community Question Answering, cQA*), такие как *Yahoo! Answers* и *Stack Overflow*, стали одними из первых источников данных для использования языковых моделей [Srba, Bielikova, 2016]. Языковые модели использовались для поиска экспертов, которые с большей вероятностью могли бы ответить на поставленный вопрос. Одним из первых примеров системы автоматической проверки достоверности утверждений является модель: [Karadzhev et al., 2017]. В публикации автоматизированный фактчекинг (*automatic fact checking*) рассматривается как вариант решения задачи валидации информации из Интернета. В качестве принципов для решения этой задачи авторы предлагают универсальность, надежность, простоту, возможность повторного использования и высокое качество моделей машинного обучения. Авторы разработали систему фактчекинга, классифицирующую публикации как истинные или ложные на основе сходства с утверждениями из *cQA*. Для сопоставления использовалось 992 кластера публикаций и три метрики: важность каждого слова в документе (TF-IDF), векторные представления слов и тематическая близость. Применение модели для проверки фактов в форумах *cQA* показало улучшение по сравнению с базовыми моделями.

Отдельная задача в рамках автоматического фактчекинга состоит в том, чтобы обнаружить, проходила ли информация фактчекинг ранее. Исследователи [Shaar et al., 2020] предложили ранжировать проверенные утверждения по степени их полезности для верификации нового утверждения. Для этого использовались пары «входное — проверенное утверждение» из двух датасетов, векторизация текста с помощью BERT и расчет косинусного сходства. Метод показал значимое улучшение качества ранжирования по сравнению с предыдущими подходами. В рамках развития автоматического фактчекинга проект *Check That! 2020* [Barrón-Cedeño et al., 2020] предложил инструменты для автоматической идентификации и верификации утверждений в социальных медиа. Данные, включая публикации по COVID-19, собирались с помощью веб-скрепинга и аннотировались экспертами. Для верификации также использовались внешние датасеты с проверенными утверждениями. В качестве методов применялись трансформеры (BERT, RoBERTa) и SVM — как по отдельности, так и в гибридных комбинациях — для извлечения доказательств и предсказания достоверности утверждений.

В обзорном докладе [Nakov et al., 2021] дается определение того, какие этапы включает в себя автоматический фактчекинг: извлечение утверждений из текстовой информации, отбор тех, которые достойны проверки, и определение их достоверности. Роль ИИ состоит в том, что он помогает отбирать наиболее важные утверждения. Для верификации утверждений используются алгоритмы сопоставления текста с проверенными базами. Авторы выделяют ключевые задачи автоматического фактчекинга: мониторинг недостоверной информации, отбор утверждений для проверки и их последующая верификация.

Когнитивные искажения и предвзятости ИИ при восприятии недостоверной информации

Восприимчивость к недостоверной информации в социальных сетях варьируется в зависимости от социального портрета пользователя (например, американские респонденты старше 65 лет делились фейковыми новостями в семь раз чаще, чем респонденты в возрасте 18–29 лет) [Guess et al., 2019]. В статье, посвященной инфодемии во время COVID-19, делается вывод о том, что фактчекинга недостаточно для предотвращения негативного воздействия дезинформации [Chou et al., 2021], и в первую очередь — из-за когнитивных искажений, которые ускоряют распространение недостоверной информации.

В процессе фактчекинга, проводимого как с помощью автоматических средств, так и с помощью краудсорсинга, важно учитывать, что на оценщиков влияют когнитивные искажения. В обзоре когнитивных предвзятостей в фактчекинге выделяется 39 искажений, которые могут влиять на качество фактчекинга, и 11 контрмер против них [Soprano et al., 2024]. Значимость статьи заключается в акценте на предвзятости автоматизации — явлении, при котором автоматизированные системы предоставляют информацию для пользователя и искажают правильные решения, принятые оценщиком. В качестве контрмер предлагается контроль поисковой системы исследователем (рекомендательные алгоритмы могут закладывать индивидуальные смещения для оценщиков), информирование оценщиков о наличии автоматизированной системы поиска информации, а также инструкции о скептическом отношении к информации, которую они могут получить из этих систем. Это ставит вопрос об ИИ не только как о средстве для проверки достоверности информации, но и как об ее источнике. Пользователи также склонны больше верить той ложной информации от ИИ, которая соответствует их представлениям о том, как правильно проверять достоверность информации [Shin et al., 2024]. Это согласовывается с тем, что новости с доминирующим нарративом воспринимаются респондентами как более достоверные [Bryanov et al., 2023].

В контексте недостоверной информации у искусственного интеллекта есть еще одно применение — это проверка информации при помощи чат-ботов с генеративным искусственным интеллектом. В этом инструменте большие языковые модели выступают методом не анализа данных, а генерации ответов о достоверности информации. При этом возникают риски предвзятости искусственного интеллекта — систематических ошибок, приводящих к несправедливым результатам [Ferrara, 2023]. Источниками предвзятости могут быть смещения в тренировочных данных, особенности алгоритма и интерпретация ответа пользователем. Типология [Ferrara, 2023] включает: 1) предвзятость выборки, возникающую из-за нерепрезентативных данных или систематических ошибок измерения, и 2) предвзятость алгоритма, при которой отдельные атрибуты оказываются непропорционально значимыми. В контексте машинного обучения «галлюцинацией» называют явление, при котором модель генерирует выходные данные, не соответствующие входным данным, создавая ложную или бессмысленную информацию. В академической литературе вместо термина «галлюцинация» все чаще используется концепт «искажения ИИ» (*AI misinformation*) — то есть ложная информация, сгенерированная ИИ [Hatem et al., 2023]. При этом авторами подчеркивается, что интерпретация таких ответов во многом определяется самим пользователем.

В исследовании [Pan et al., 2023] о применении искусственного интеллекта в контексте проверки достоверности информации используется следующий дизайн: унифицированные запросы с утверждениями на медицинскую тематику направляются различным генеративным моделям искусственного интеллекта; далее ответы чат-ботов оцениваются по достоверности, практической полезности и читаемости. По результатам опытов авторов статьи достоверность выдачи оказалась высокой, понятность средней, а полезность — низкой, что отчасти может объясняться особенностью сформулированного запроса. Дизайн другого исследования состоял в том, чтобы оценить, насколько успешно чат-бот на основании БЯМ может пройти стандартизированный медицинский экзамен [Kung et al., 2023]. Результаты показали, что даже без дополнительной настройки модели специализированными данными ее ответы позволяют достичь проходного балла медицинского экзамена.

У экспериментов с искажениями ИИ есть другое ограничение, которое выражается в настройке точного запроса для получения более точного ответа. Это ограничение учитывается при добавлении вариативности по модели, строению запроса и сложности тематики [Wang et al., 2024]. Исследователи рассматривали точность выдачи генеративного ИИ на примере *ChatGPT* в разрезе разных моделей, запросов разных грамматических структур и тематик от простой до сложной. Исследование показало, что формулировки запросов способны влиять на точность информации в выдаче ИИ, но даже при одинаковых вопросах достоверность ответов чат-бота может отличаться. Отдельным сценарием использования генеративного ИИ является получение рекомендаций, а не просто информации. В исследовании ставится вопрос о том, насколько будут похожими рекомендации чат-бота на реальные решения врачей [Williams et al., 2024]. На материале более чем 10 тыс. случаев неотложной медицинской помощи чат *GPT-3.5-turbo* показал точность 24% в сравнении с решениями врачей-ординаторов. Информирование со стороны ИИ, в том числе посредством диалога с чат-ботом, может снижать уровень доверия теориям заговора: в эксперименте с 2 190 участниками участие в диалоге с чат-ботом на основании большой языковой модели вера в теории заговора снижалась на 20–21% [Costello et al., 2024].

Дискуссия

Распространение недостоверной информации является одним из самых острых вызовов для цифровых платформ и общества в целом ввиду его все большей информатизации и цифровизации. Применение инструментов проверки информации означает методологический компромисс, поскольку каждый инструмент решает одни методологические проблемы и создает другие. Эти ограничения необходимо учитывать при работе с инструментами верификации, и они представляют собой самостоятельный предмет исследования. Инструменты обнаружения недостоверной информации за десять лет эволюционировали от краудсорсинга до широкого использования искусственного интеллекта для автоматизированного фактчекинга. При этом на своем пути развитие инструментов сталкивалось с барьерами: когнитивные способности и политическая ориентация оценщиков, размерность шкал для оценки, когнитивные искажения и точность данных. Использование искусственного интеллекта для проверки достоверности утверждений на индивидуальном уровне

сталкивается с новым вызовом — искажениями ИИ, когда предвзятость ИИ приводит к тому, что инструмент выступает не средством обнаружения недостоверной информации, а ее источником.

Для проверки информации можно использовать экспертов. Их оценки хорошо согласовываются между собой [Lee et al., 2023], однако это совпадение может быть следствием общих когнитивных искажений, институциональных рамок [Uscinski, 2015] или идеологической предвзятости [La Barbera et al., 2020]. Применение этого инструмента опосредовано относительно более высокими издержками по времени и привлечению экспертов. Коллективный способ проверки информации опирается не на узкоспециализированных экспертов, а на пользователей краудсорсинговых платформ. С одной стороны, у них нет смещения из-за своей специализации в теме. С другой стороны, они используют более доступные источники информации [Saeed et al., 2022] и хуже различают манипулятивные утверждения [Tsang et al., 2023]. В этом способе угроза политической и институциональной предвзятости становится меньше, поскольку самих оценщиков становится меньше. Однако недостаток их квалификации приводит к снижению точности определения недостоверной информации. Таким образом, выбор между экспертной и коллективной оценками состоит в методологическом компромиссе между глубиной экспертизы и широтой вовлечения участников, а также ограничениями по точности классификации и по специализации источников информации.

Автоматический фактчекинг с использованием алгоритмов машинного обучения позволяет обрабатывать большие массивы информации и отбирать утверждения, требующие проверки. Этот метод появился как продолжение коллективных методов проверки информации и использовался профессиональными исследователями. Он частично снимает ограничения масштабируемости и скорости проверки, присущие экспертам. Тем не менее точность оценки ограничена качеством тренировочных данных для модели и предвзятости самих алгоритмов [Soprano et al., 2024; Ferrara, 2023]. Когнитивные искажения начинают играть важную роль, когда результаты ИИ интерпретируют пользователи без профессиональных навыков проверки информации.

Направления будущих исследований

В то время как изучение эффективности БЯМ для автоматического фактчекинга только начинается, исследования краудсорсинга показывают, что, несмотря на разногласия в оценках отдельных участников, грамотная агрегация данных повышает их соответствие экспертным оценкам, делая краудсорсинг эффективным инструментом борьбы с дезинформацией. Кроме того, методы коррекции когнитивных искажений, включая обратную связь от ИИ, помогают снижать доверие к ложным сведениям и теориям заговора. Вместе с тем большинство существующих работ сосредоточено либо на технической стороне задач обнаружения недостоверной информации, либо на анализе роли различных социальных и когнитивных факторов в точности оценки информации. В меньшей степени исследуется, как именно взаимодействие с ИИ (в том числе с языковыми моделями) влияет на когнитивные процессы, лежащие в основе восприятия, интерпретации и доверия к информации.

Таким образом, обзор выявляет существенный пробел — отсутствие работ, напрямую изучающих влияние ИИ на восприятие и распознавание ложной информации пользователями. Неясно, способствует ли обращение к ИИ формированию более критического отношения к информации или усиливает предвзятость в условиях, когда пользователь получает готовые утверждения от ИИ. Также недостаточно изучены механизмы, посредством которых ИИ-ответы могут менять суждения пользователей: за счет аргументации и стилистических особенностей. В этом контексте возможно более системное и междисциплинарное исследование того, как взаимодействие пользователя с ИИ влияет на способность оценивать достоверность информации. Такая способность напрямую связана с возможностями адаптации индивидов в обществе, с продуктивностью их решений и, как следствие, с функциональностью общественных систем в целом, поэтому такое исследование представляло бы существенный научный и практический интерес.

Заключение

В условиях цифровизации общества искусственный интеллект в форме больших языковых моделей все активнее включается в информационное поведение пользователей, выступая не только средством поиска информации, но и ее источником, посредником в интерпретации и оценке достоверности. С позиции техно-когнитивного подхода это означает, что ИИ становится фактором, опосредующим восприятие достоверности, аргументации и доверия к полученной информации.

История развития инструментов проверки достоверности информации началась с экспертного фактчекинга и краудсорсинговых инициатив, которые позволяли сообществу пользователей участвовать в оценке утверждений. Со временем эти подходы дополнились методами машинного обучения, которые начали использоваться для анализа больших объемов данных и выявления закономерностей в распространении недостоверной информации. Это привело к появлению систем автоматического фактчекинга, основанных на технологиях обработки естественного языка и предсказательных моделей. Однако с вовлечением ИИ в информационное поведение пользователей возникли новые вызовы: к уже известным когнитивным искажениям добавились предвзятости ИИ, связанные с алгоритмами, обучающими выборками и автоматической генерацией ответов.

Особенно актуальным становится вопрос о том, усиливает ли ИИ склонность пользователя соглашаться с готовыми суждениями или может развивать критическое восприятие информации, способствуя более адаптивному поведению индивидов в социуме. Будущие исследования могут быть направлены на роль, которую ИИ играет при оценке достоверности информации и принятии решений на ее основе, в том числе — представителями разных социальных групп.

Литература

Arksey H., O'Malley L. Scoping Studies: Towards a Methodological Framework // *International Journal of Social Research Methodology*. 2005. Vol. 8. No. 1. P. 19–32. DOI: 10.1080/1364557032000119616.

Barrón-Cedeño A., Elsayed T., Nakov P., Da San Martino G., Hasanain M., Suwaileh R., Ali Z.S. Overview of CheckThat! 2020: Automatic Identification and Verification of Claims in Social Media // Experimental IR Meets Multilinguality, Multimodality, and Interaction: 11th International Conference of the CLEF Association, CLEF 2020, Thessaloniki, Greece, September 22–25, 2020, Proceedings 11. Springer International Publishing, 2020. Vol. 12036. P. 215–236. DOI: 10.48550/arxiv.2007.07997.

Barrón-Cedeño A., Jaradat I., Da San Martino G., Nakov P. Proppy: Organizing the News Based on Their Propagandistic Content // Information Processing & Management. 2019. Vol. 56. No. 5. P. 1849–1864. DOI: 10.1016/j.ipm.2019.03.005.

Barbera D.L., Maddalena E., Soprano M., Roitero K., Demartini G., Ceolin D., Mizzaro S. Crowdsourced Fact-Checking: Does It Actually Work? // Information Processing & Management. 2024. Vol. 61. No. 5. Article 103792. DOI: 10.1016/j.ipm.2024.103792.

Brandtzaeg P.B., Lüders M., Spangenberg J., Rath-Wiggins L., Følstad A. Emerging Journalistic Verification Practices Concerning Social Media // Journalism Practice. 2016. Vol. 10. No. 3. P. 323–342. DOI: 10.1080/10584609.2023.2172492.

Bryanov K., Kliegl R., Koltsova O., Miltsov A., Pashakhin S., Porshnev A., Sinyavskaya Y., Terpilovskii M., Vziatyshcheva V. What Drives Perceptions of Foreign News Coverage Credibility? A Cross-National Experiment Including Kazakhstan, Russia, and Ukraine // Political Communication. 2023. Vol. 40. No. 2. P. 115–146. DOI: 10.1080/17512786.2015.1020331.

Cabañes J. Digital Disinformation and the Imaginative Dimension of Communication // Journalism & Mass Communication Quarterly. 2020. Vol. 97. No. 2. P. 435–452. DOI: 10.1177/1077699020913799.

Chen E., Jiang J., Chang H.-C.H., Muric G., Ferrara E. Charting the Information and Misinformation Landscape to Characterize Misinfodemics on Social Media: COVID-19 Infodemiology Study at a Planetary Scale // JMIR Infodemiology. 2022. Vol. 2. No. 1. Article e32378. DOI: 10.2196/32378.

Chou W.-Y. S., Gaysynsky A., Vanderpool R.C. The COVID-19 Misinfodemic: Moving beyond Fact-Checking // Health Education & Behavior. 2021. Vol. 48. No. 1. P. 9–13. DOI: 10.1177/1090198120980675.

Cohen R., Moffatt K., Ghenai A., Yang A., Corwin M., Lin G., Gray L. Addressing Misinformation in Online Social Networks: Diverse Platforms and the Potential of Multiagent Trust Modeling // Information. 2020. Vol. 11. No. 11. P. 539. DOI: 10.3390/info11110539.

Costello T.H., Pennycook G., Rand D.G. Durably Reducing Conspiracy Beliefs through Dialogues with AI // Science. 2024. Vol. 385. No. 6714. Article eadq1814. DOI: 10.31234/osf.io/xcwdn.

Fazio L.K., Brashier N.M., Payne B.K., Marsh E.J. Knowledge Does Not Protect Against Illusory Truth // Journal of Experimental Psychology: General. 2015. Vol. 144. No. 5. P. 993–1002. DOI: 10.1037/xge0000098.

Ferrara E. Fairness and Bias in Artificial Intelligence: A Brief Survey of Sources, Impacts, and Mitigation Strategies. 2023. Vol. 6. No. 1. Article 3. DOI: 10.48550/ARXIV.2304.07683.

Ghenai A., Mejova Y. Catching Zika Fever: Application of Crowdsourcing and Machine Learning for Tracking Health Misinformation on Twitter // Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Healthcare Informatics (ICHI). 2017. P. 518–518. DOI: 10.48550/arxiv.1707.03778.

Grant M.J., Booth A. A Typology of Reviews: An Analysis of 14 Review Types and Associated Methodologies // Health Information & Libraries Journal. 2009. Vol. 26. No. 2. P. 91–108. DOI: 10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x.

Guess A., Nagler J., Tucker J. Less than You Think: Prevalence and Predictors of Fake News Dissemination on Facebook // Science Advances. 2019. Vol. 5. No. 1. Article eaau4586. DOI: 10.1126/sciadv.aau4586.

Hameleers M. Disinformation as a Context-Bound Phenomenon: Toward a Conceptual Clarification Integrating Actors, Intentions and Techniques of Creation and Dissemination // Communication Theory. 2023. Vol. 33. No. 1. P. 1–10. DOI: 10.1093/ct/qtac021.

Hatem R., Simmons B., Thornton J.E. A Call to Address AI ‘Hallucinations’ and How Healthcare Professionals Can Mitigate Their Risks // *Cureus*. 2023. Vol. 15. No. 9. Article e44720. DOI: 10.7759/cureus.44720.

Karadzhov G., Nakov P., Márquez L., Barrón-Cedeño A., Koychev I. Fully Automated Fact Checking Using External Sources // *Proceedings of RANLP 2017 — Recent Advances in Natural Language Processing Meet Deep Learning*. 2017. P. 344–353. DOI: 10.26615/978-954-452-049-6_046.

Kung T.H., Cheatham M., Medenilla A., Sillos C., De Leon L., Elepaño C., Tseng V. Performance of ChatGPT on USMLE: Potential for AI-Assisted Medical Education Using Large Language Models // *PLOS Digital Health*. 2023. Vol. 2. No. 2. Article e0000198. DOI: 10.1371/journal.pdig.0000198.

La Barbera D., Roitero K., Demartini G., Mizzaro S., Spina D. Crowdsourcing Truthfulness: The Impact of Judgment Scale and Assessor Bias // *Lecture Notes in Computer Science*. 2020. Vol. 12036. P. 207–214. DOI: 10.1007/978-3-030-45442-5_26.

Lee S., Xiong A., Seo H., Lee D. “Fact-Checking” Fact Checkers: A Data-Driven Approach // *Harvard Kennedy School Misinformation Review*. 2023. DOI: 10.37016/mr-2020-126.

Lewandowsky S., Ecker U.K.H., Cook J. Beyond Misinformation: Understanding and Coping with the “Post-Truth” Era // *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*. 2017. Vol. 6. No. 4. P. 353–369. DOI: 10.1016/j.jarmac.2017.07.008.

Mattei M., Pratelli M., Caldarelli G., Petrocchi M., Saracco F. Bow-Tie Structures of Twitter Discursive Communities // *Scientific Reports*. 2022. Vol. 12. No. 1. Article 12944. DOI: 10.1038/s41598-022-16603-7.

Nakov P., Corney D., Hasanain M., Alam F., Elsayed T., Barrón-Cedeño A., Da San Martino G. Automated Fact-Checking for Assisting Human Fact-Checkers // *Proceedings of the Thirtieth International Joint Conference on Artificial Intelligence*. 2021. P. 4551–4557. DOI: 10.24963/ijcai.2021/619.

Pan A., Musheyev D., Bockelman D., Loeb S., Kabarriti A.E. Assessment of Artificial Intelligence Chatbot Responses to Top Searched Queries about Cancer // *JAMA Oncology*. 2023. Vol. 9. No. 10. P. 1437–1440. DOI: 10.1001/jamaoncol.2023.2947.

Roitero K., Soprano M., Fan S., Spina D., Mizzaro S., Demartini G. Can the Crowd Identify Misinformation Objectively? The Effects of Judgment Scale and Assessor’s Background // *arXiv*. 2020. DOI: 10.48550/arXiv.2005.06915.

Saeed M., Traub N., Nicolas M., Demartini G., Papotti P. Crowdsourced Fact-Checking at Twitter // *Proceedings of the 31st ACM International Conference on Information & Knowledge Management*. 2022. P. 3815–3819. DOI: 10.48550/arXiv.2208.09214.

Shaar S., Babulkov N., Da San Martino G., Nakov P. That Is a Known Lie: Detecting Previously Fact-Checked Claims // *Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*. 2020. P. 3607–3618. DOI: 10.48550/arXiv.2005.06058.

Shin D., Jitkajornwanich K., Lim J.S., Spyridou A. Debiasing Misinformation: How Do People Diagnose Health Recommendations from AI? // *Online Information Review*. 2024. Vol. 48. No. 5. P. 1025–1044. DOI: 10.1108/OIR-04-2023-0167.

Soprano M., Roitero K., La Barbera D., Ceolin D., Spina D., Demartini G., Mizzaro S. The Many Dimensions of Truthfulness: Crowdsourcing Misinformation Assessments on a Multidimensional Scale // *Information Processing & Management*. 2021. Vol. 58. No. 6. Article 102710. DOI: 10.1016/j.ipm.2021.102710.

Soprano M., Roitero K., La Barbera D., Ceolin D., Spina D., Demartini G., Mizzaro S. Cognitive Biases in Fact-Checking and Their Countermeasures: A Review // *Information Processing & Management*. 2024. Vol. 61. No. 3. Article 103672. DOI: 10.1016/j.ipm.2024.103672.

Srba I., Bielikova M. A Comprehensive Survey and Classification of Approaches for Community Question Answering // *ACM Transactions on the Web*. 2016. Vol. 10. No. 3. P. 1–63. DOI: 10.1145/2934687.

Tsang N.L.T., Feng M., Lee F.L.F. How Fact-Checkers Delimit Their Scope of Practices and Use Sources: Comparing Professional and Partisan Practitioners // *Journalism*. 2023. Vol. 24. No. 10. P. 2232–2251. DOI: 10.1177/14648849221100862.

Uscinski J.E. The Epistemology of Fact Checking (Is Still Naïve): Rejoinder to Amazeen // *Critical Review*. 2015. Vol. 27. No. 2. P. 243–252. DOI: 10.1080/08913811.2015.1055892.

Wang L., Chen X., Deng X., Wen H., You M., Liu W., Li J. Prompt Engineering in Consistency and Reliability with the Evidence-Based Guideline for LLMs // *NPJ Digital Medicine*. 2024. Vol. 7. No. 1. Article 41. DOI: 10.1038/s41746-024-01029-4.

Wang Y., McKee M., Torbica A., Stuckler D. Systematic Literature Review on the Spread of Health-Related Misinformation on Social Media // *Social Science & Medicine*. 2019. Vol. 240. Article 112552. DOI: 10.1016/j.socscimed.2019.112552.

Williams C.Y.K., Miao B.Y., Kornblith A.E., Butte A.J. Evaluating the Use of Large Language Models to Provide Clinical Recommendations in the Emergency Department // *Nature Communications*. 2024. Vol. 15. No. 1. Article 8236. DOI: 10.1038/s41467-024-52415-1.

Wilson T.D. On User Studies and Information Needs // *Journal of Documentation*. 1981. Vol. 37. No. 1. P. 3–15.

Wilson T.D. Information Behaviour: An Interdisciplinary Perspective // *Information Processing & Management*. 1997. Vol. 33. No. 4. P. 551–572. DOI: 10.1016/S0306-4573(97)00028-9.

Zampieri M., Malmasi S., Nakov P., Rosenthal S., Farra N., Kumar R. Predicting the Type and Target of Offensive Posts in Social Media // *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*. 2019. P. 1415–1420. DOI: 10.18653/v1/N19-1144.

The Role of Artificial Intelligence in Detecting Misinformation: A Review of Recent Research and Its Implications for Social Sciences

IVAN A. SMEKALIN

National Research University “Higher School of Economics”,
St. Petersburg, Russia;
e-mail: iasmekalin@hse.ru

The growing popularity of large language models (LLMs) is reshaping users' information behavior, including how they search for and assess the credibility of information. This study presents a scoping review focused on the role of artificial intelligence in the detection and interpretation of misinformation. The review aims to identify key research directions at the intersection of AI and misinformation, as well as to highlight existing gaps in understanding how AI influences users' cognitive processes. The corpus includes 32 publications, mostly published between 2019 and 2024. Four main areas of research are identified: 1) the use of crowdsourcing approaches for information verification and their comparison with professional fact-checkers; 2) detection and monitoring of misinformation spread on social media using AI-based methods; 3) automatic fact-checking as the development of models and algorithms for verifying claims; and 4) cognitive biases and algorithmic biases in users' perception of misinformation. LLMs increasingly function not only as tools for information retrieval, but also as sources of information themselves. The integration of AI into users' information behavior has introduced new challenges: in addition to existing cognitive biases, AI biases and AI misinformation

have occurred. A pressing question emerges: does interaction with AI reinforce users' tendency to accept ready-made judgments, or can it foster more critical engagement with information, leading to more adaptive behavior? The review reveals a notable gap in empirical research directly examining the impact of AI on users' perception and recognition of false information.

Keywords: artificial intelligence, cognitive biases, information behavior, large language models.

Acknowledgment

The research is completed within the framework of Fundamental Research Program of National Research University "Higher School of Economics".

The author expresses gratitude to Dr. Olesya Y. Koltsova, Head of the Laboratory for Social and Cognitive Informatics, for her valuable advice and recommendations during the preparation of this article.

References

- Arksey, H., O'Malley, L. (2005). Scoping Studies: Towards a Methodological Framework, *International Journal of Social Research Methodology*, 8 (1), 19–32. DOI: 10.1080/1364557032000119616.
- Barrón-Cedeño, A., Elsayed, T., Nakov, P., Da San Martino, G., Hasanain, M., Suwaileh, R., Ali, Z.S. (2020). Overview of CheckThat! 2020: Automatic Identification and Verification of Claims in Social Media, *Lecture Notes in Computer Science*, 12036, 215–236. DOI: 10.48550/arxiv.2007.07997.
- Barrón-Cedeño, A., Jaradat, I., Da San Martino, G., Nakov, P. (2019). Propopy: Organizing the News Based on Their Propagandistic Content, *Information Processing & Management*, 56 (5), 1849–1864. DOI: 10.1016/j.ipm.2019.03.005.
- Barbera, D.L., Maddalena, E., Soprano, M., Roitero, K., Demartini, G., Ceolin, D., Mizzaro, S. (2024). Crowdsourced Fact-Checking: Does It Actually Work? *Information Processing & Management*, 61 (5), 103792. DOI: 10.1016/j.ipm.2024.103792 ISBN: 0306-4573.
- Bryanov, K., Kliegl, R., Koltsova, O., Miltsov, A., Pashakhin, S., Porshnev, A., Sinyavskaya, Y., Terpilovskii, M., Vziatysheva, V. (2023). What Drives Perceptions of Foreign News Coverage Credibility? A Cross-National Experiment Including Kazakhstan, Russia, and Ukraine, *Political Communication*, 40 (2), 115–146. DOI: 10.1080/10584609.2023.2172492.
- Brandtzaeg, P.B., Lüders, M., Spangenberg, J., Rath-Wiggins, L., Følstad, A. (2016). Emerging Journalistic Verification Practices Concerning Social Media, *Journalism Practice*, 10 (3), 323–342. DOI: 10.1080/17512786.2015.1020331.
- Cabañes, J. (2020). Digital Disinformation and the Imaginative Dimension of Communication, *Journalism & Mass Communication Quarterly*, 97 (2), 435–452. DOI: 10.1177/1077699020913799.
- Chen, E., Jiang, J., Chang, H.-C.H., Muric, G., Ferrara, E. (2022). Charting the Information and Misinformation Landscape to Characterize Misinfodemics on Social Media: COVID-19 Infodemiology Study at a Planetary Scale, *JMIR Infodemiology*, 2 (1), e32378. DOI:10.2196/32378.
- Chou, W.-Y.S., Gaysynsky, A., Vanderpool, R. C. (2021). The COVID-19 Misinfodemic: Moving Beyond Fact-Checking, *Health Education & Behavior*, 48(1), 9–13. DOI: 10.1177/1090198120980675.
- Cohen, R., Moffatt, K., Ghenai, A., Yang, A., Corwin, M., Lin, G., Gray, L. (2020). Addressing Misinformation in Online Social Networks: Diverse Platforms and the Potential of Multiagent Trust Modeling, *Information*, 11 (11), 539. DOI: 10.3390/info11110539.
- Costello, T.H., Pennycook, G., Rand, D.G. (2024). Durably Reducing Conspiracy Beliefs through Dialogues with AI, *Science*, 385 (6714), eadq1814. DOI: 10.31234/osf.io/xcwdn.

- Fazio, L.K., Brashier, N.M., Payne, B.K., Marsh, E.J. (2015). Knowledge Does Not Protect Against Illusory Truth, *Journal of Experimental Psychology: General*, 144 (5), 993–1002. DOI: 10.1037/xge0000098.
- Ferrara, E. (2023). Fairness and Bias in Artificial Intelligence: A Brief Survey of Sources, Impacts, and Mitigation Strategies. *Sci*, 6 (1), 3. DOI: 10.48550/ARXIV.2304.07683.
- Ghenai, A., Mejova, Y. (2017, August). Catching Zika Fever: Application of Crowdsourcing and Machine Learning for Tracking Health Misinformation on Twitter, in *2017 IEEE International Conference on Healthcare Informatics (ICHI)* (pp. 518–518). DOI: 10.48550/arXiv.1707.03778.
- Grant, M.J., Booth, A. (2009). A Typology of Reviews: An Analysis of 14 Review Types and Associated Methodologies, *Health Information & Libraries Journal*, 26 (2), 91–108. DOI: 10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x.
- Guess, A., Nagler, J., Tucker, J. (2019). Less Than You Think: Prevalence and Predictors of Fake News Dissemination on Facebook, *Science Advances*, 5 (1), eaau4586. DOI: 10.1126/sciadv.aau4586.
- Hameleers, M. (2023). Disinformation as a Context-Bound Phenomenon: Toward a Conceptual Clarification Integrating Actors, Intentions and Techniques of Creation and Dissemination, *Communication Theory*, 33 (1), 1–10. DOI: 10.1093/ct/qtac021.
- Hatem, R., Simmons, B., Thornton, J.E. (2023). A Call to Address AI ‘Hallucinations’ and How Healthcare Professionals Can Mitigate Their Risks, *Cureus*, 15 (9), e44720. DOI: 10.7759/cureus.44720.
- Karadzhov, G., Nakov, P., Márquez, L., Barrón-Cedeño, A., Koychev, I. (2017, November 10). Fully Automated Fact Checking Using External Sources, in *RANLP 2017 — Recent Advances in Natural Language Processing Meet Deep Learning* (pp. 344–353). DOI: 10.26615/978-954-452-049-6_046.
- Kung, T.H., Cheatham, M., Medenilla, A., Sillos, C., De Leon, L., Elepaño, C., Tseng, V. (2023). Performance of ChatGPT on USMLE: Potential for AI-Assisted Medical Education Using Large Language Models, *PLOS Digital Health*, 2 (2), e0000198. DOI: 10.1371/journal.pdig.0000198.
- La Barbera, D., Roitero, K., Demartini, G., Mizzaro, S., Spina, D. (2020). Crowdsourcing Truthfulness: The Impact of Judgment Scale and Assessor Bias, in *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 12036, 207–214. DOI: 10.1007/978-3-030-45442-5_26.
- Lee, S., Xiong, A., Seo, H., Lee, D. (2023). “Fact-Checking” Fact Checkers: A Data-Driven Approach, *Harvard Kennedy School Misinformation Review*. DOI: 10.37016/mr-2020-126.
- Lewandowsky, S., Ecker, U.K.H., Cook, J. (2017). Beyond Misinformation: Understanding and Coping with the “Post-Truth” Era, *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 6 (4), 353–369. DOI: 10.1016/j.jarmac.2017.07.008.
- Mattei, M., Pratelli, M., Caldarelli, G., Petrocchi, M., Saracco, F. (2022). Bow-Tie Structures of Twitter Discursive Communities, *Scientific Reports*, 12 (1), 12944. DOI: 10.1038/s41598-022-16603-7.
- Nakov, P., Corney, D., Hasanain, M., Alam, F., Elsayed, T., Barrón-Cedeño, A., Da San Martino, G. (2021, August). Automated Fact-Checking for Assisting Human Fact-Checkers. in *Proceedings of the Thirtieth International Joint Conference on Artificial Intelligence* (pp. 4551–4557). DOI: 10.24963/ijcai.2021/619.
- Pan, A., Musheyev, D., Bockelman, D., Loeb, S., Kabarriti, A.E. (2023). Assessment of Artificial Intelligence Chatbot Responses to Top Searched Queries about Cancer, *JAMA Oncology*, 9 (10), 1437–1440. DOI: 10.1001/jamaoncol.2023.2947.
- Roitero, K., Soprano, M., Fan, S., Spina, D., Mizzaro, S., Demartini, G. (2020). Can the Crowd Identify Misinformation Objectively? The Effects of Judgment Scale and Assessor’s Background, *arXiv*. DOI: 10.48550/arXiv.2005.06915
- Saeed, M., Traub, N., Nicolas, M., Demartini, G., Papotti, P. (2022, October 17). Crowdsourced Fact-Checking at Twitter, in *Proceedings of the 31st ACM International Conference on Information & Knowledge Management* (pp. 3815–3819). DOI: 10.48550/arXiv.2208.09214.

Shaar, S., Babulkov, N., Da San Martino, G., Nakov, P. (2020). That Is a Known Lie: Detecting Previously Fact-Checked Claims, in *Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics* (pp. 3607–3618). DOI: 10.48550/arXiv.2005.06058.

Shin, D., Jitkajornwanich, K., Lim, J.S., Spyridou, A. (2024). Debiasing Misinformation: How Do People Diagnose Health Recommendations from AI?, *Online Information Review*, 48 (5), 1025–1044. DOI: 10.1108/OIR-04-2023-0167.

Soprano, M., Roitero, K., La Barbera, D., Ceolin, D., Spina, D., Demartini, G., Mizzaro, S. (2021). The Many Dimensions of Truthfulness: Crowdsourcing Misinformation Assessments on a Multidimensional Scale, *Information Processing & Management*, 58 (6), 102710. DOI: 10.1108/OIR-04-2023-0167.

Soprano, M., Roitero, K., La Barbera, D., Ceolin, D., Spina, D., Demartini, G., Mizzaro, S. (2024). Cognitive Biases in Fact-Checking and Their Countermeasures: A Review, *Information Processing & Management*, 61 (3), 103672. DOI: 10.1016/j.ipm.2024.103672.

Srba, I., Bielikova, M. (2016). A Comprehensive Survey and Classification of Approaches for Community Question Answering, *ACM Transactions on the Web*, 10(3), 1–63. DOI: 10.1145/2934687.

Tsang, N.L.T., Feng, M., Lee, F.L.F. (2023). How Fact-Checkers Delimit Their Scope of Practices and Use Sources: Comparing Professional and Partisan Practitioners, *Journalism*, 24 (10), 2232–2251. DOI: 10.1177/14648849221100862.

Uscinski, J.E. (2015). The Epistemology of Fact Checking (Is Still Naïve): Rejoinder to Amazeen, *Critical Review*, 27 (2), 243–252. DOI: 10.1080/08913811.2015.1055892.

Wang, L., Chen, X., Deng, X., Wen, H., You, M., Liu, W., Li, J. (2024). Prompt Engineering in Consistency and Reliability with the Evidence-Based Guideline for LLMs, *NPJ Digital Medicine*, 7(1), 41.

Wang, Y., McKee, M., Torbica, A., Stuckler, D. (2019). Systematic Literature Review on the Spread of Health-Related Misinformation on Social Media, *Social Science & Medicine*, vol. 240, 112552. DOI: 10.1016/j.socscimed.2019.112552.

Williams, C.Y.K., Miao, B.Y., Kornblith, A.E., Butte, A.J. (2024). Evaluating the Use of Large Language Models to Provide Clinical Recommendations in the Emergency Department, *Nature Communications*, 15 (1), 8236. DOI: 10.1038/s41467-024-52415-1.

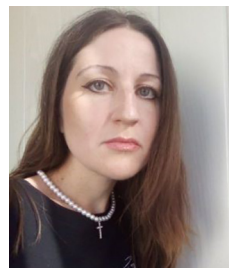
Wilson, T. D. (1981). On User Studies and Information Needs, *Journal of Documentation*, 37 (1), 3–15.

Wilson, T.D. (1997). Information Behaviour: An Interdisciplinary Perspective, *Information Processing & Management*, 33 (4), 551–572. DOI: 10.1016/S0306-4573(97)00028-9.

Zampieri, M., Malmasi, S., Nakov, P., Rosenthal, S., Farra, N., Kumar, R. (2019). Predicting the Type and Target of Offensive Posts in Social Media, in *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies* (pp. 1415–1420). DOI: 10.18653/v1/N19-1144.

ДАРЬЯ АЛЕКСАНДРОВНА КОНСТАНТИНОВА

аспирантка факультета журналистики
Московского государственного
университета имени М.В. Ломоносова,
Москва, Россия;
e-mail: konstantinovada@my.msu.ru



Отклик больших языковых моделей на идеологизированные стимулы

УДК: 811:004.89

DOI: 10.24412/2079-0910-2025-4-172-183

Статья посвящена проблеме влияния подсказок на результат в работе с большими языковыми моделями. Обсуждаются нейтральные и мотивированные подсказки. Среди последних выделяется категория идеологизированных стимулов. Анализируется влияние различных идеологизированных стимулов на ответы БЯМ при включении их в промпт. Рассматриваются особенности, которые вносят в текст различные модели, и сравниваются результаты. На основе конкретных примеров показано, что, хотя БЯМ оказывают воздействие на исходы информационных противоборств, степень их влияния преувеличена. Пока их эффективность уступает идеологическому потенциалу человека.

Ключевые слова: большая языковая модель, искусственный интеллект, нейросеть, чат-бот, идеологизированный стимул, информационное противоборство.

Проблема

Медиапространство переполнено идеологизированным контентом, используемым в информационном противоборстве, в котором усиливается роль больших языковых моделей (БЯМ). Современные программы БЯМ, работающие с естественными языками, по сути, представляют собой математические модели, реализуемые на основе нейронной сети и подбирающие слова для текста, заданного в промпте. На основе частотности их употребления после предыдущей языковой единицы им назначаются вероятности, характеризующие их «вес». БЯМ не понимают смысла текста, не знают, что такое идеология и информационное противоборство. При этом они могут генерировать недостоверную информацию и «галлюцинировать» (то есть формировать неверные утверждения) без каких-либо подсказок. Возникает вопрос: как будет реагировать БЯМ на легкие «намекы» подкорректировать результат вы-

полнения задания в ту или иную сторону? И соответственно: насколько БЯМ могут влиять на ход информационного противоборства?

Подсказки в работе с БЯМ уже используются: например, подсказки вроде «согласно...» (according to), широко используемые в журналистских текстах на интернет-ресурсах, когда в новостной статье цитируется источник. Они успешно направляют БЯМ на уточнение их ответов [Weller, 2003]. С точки зрения мотивации эта подсказка нейтральна, она нацеливает на поиск источника и, следовательно, корректирует ответ БЯМ (с точностью до степени достоверности источника). Введем в мотивацию бинарную оценку (позитивно/негативно). Будем называть мотивированный таким образом сигнал, вводимый в БЯМ, идеологизированным стимулом. Идеологизированный стимул — это специально подобранные слова, фразы или контексты, которые содержат явную или скрытую идеологическую нагрузку и направлены на формирование определенного типа ответов, соответствующих заданной системе взглядов, ценностей или политических установок. Такие стимулы могут использоваться для пропаганды, формирования общественного мнения или ограничения многообразия интерпретаций в ответах БЯМ. Идеологизированные стимулы могут включать эмоционально окрашенные формулировки, оценочные суждения или предвзятые предпосылки. При этом альтернативные точки зрения игнорируются или информация подается в выгодном для определенной позиции ключе. Присутствует явное или неявное указание на «правильный» с точки зрения идеологии ответ. Без идеологизированных стимулов БЯМ плохо определяют мотивацию пользователя, так как способ, которым пользователи генерируют запросы, семантически не отличается для разных видов мотивации: из языка неочевидно, каковы их мотивационные состояния [Bak, Chin, 2024].

Инструментарий

Чтобы ответить на поставленные вопросы, был проведен эксперимент с подачей идеологических стимулов в БЯМ. Для проведения эксперимента были выбраны чат-боты с БЯМ российских, американских и китайских разработчиков, годы выпуска с 2022 по 2025 г. (табл. 1).

Табл. 1. Чат-боты, выбранные для эксперимента
Table 1. Chatbots selected for the experiment

Название	Разработчик	Страна	Год выпуска
ChatGPT	OpenAI	США	2022
Perplexity	Perplexity	США	2022
GigaChat	Сбер	Россия	2023
DeepSeek	DeepSeek	Китай	2025
You.com	You.com	США	2025

ChatGPT использует для генерации текста технику, называемую «обучением без наблюдения» (обучение на большом наборе текстовых данных без явных меток или указаний). Процесс обучения *ChatGPT* включал загрузку большого массива текстов из интернета (книги, статьи и веб-сайты). Модель анализирует задание и генериру-

ет ответ, основываясь на закономерностях и связях, которые обнаружены во время обучения. Одной из особенностей *ChatGPT* является возможность адаптации к разным задачам и предпочтениям. Несмотря на высокий уровень обучения, *ChatGPT* часто не улавливает сложный или специфический контекст, что приводит к ошибочным или слишком общим ответам. Помимо этого, модель склонна придумывать несуществующие источники, авторов и «факты»¹.

Perplexity AI — поисковая система и чат-бот на базе искусственного интеллекта, которая использует передовые языковые модели, такие как *GPT-4 Omni* от *OpenAI* и *Claude 3* от *Anthropic*, что обеспечивает высокую точность интерпретации даже сложных и многослойных запросов пользователя². Языковая модель *Perplexity.AI*, как и другие современные БЯМ, обучалась на огромных массивах текстовых данных для того, чтобы понимать и генерировать ответы, максимально приближенные к человеческим. Для простых запросов чаще используются собственные модели, для сложных — сторонние³. В последние версии *Perplexity.AI* внедрила собственную поисковую модель *Sonar*, построенную на основе *Meta Llama 3.3 70B*, которую команда *Perplexity* дообучила для улучшения поисковых и аналитических возможностей⁴. *Perplexity* совмещает возможности поиска в интернете и генерации текста, что позволяет не только находить, но и структурировать, анализировать и обобщать информацию из разных источников. В отличие от классических БЯМ, разработчики *Perplexity* уделяют особое внимание интеграции свежих данных из интернета, чтобы предоставлять максимально актуальные и проверяемые ответы со ссылками на источники⁵. Из слабых сторон этой языковой модели можно назвать прямую зависимость качества и точности ответов от доступности и качества внешних источников. Если по теме мало информации или источники сомнительны, это негативно влияет на результат⁶. Также для получения качественного, структурированного текста (например, статьи) часто требуется многократное уточнение запроса и редактирование результата вручную. Доступ к расширенному функционалу и более мощным моделям требует платной подписки, стоимость которой может быть высокой для отдельных пользователей. Необходим и постоянный доступ к интернету — без подключения к сети платформа не будет работать.

GigaChat — мультимодальная нейросеть, сочетающая в себе технологии искусственного интеллекта, машинного обучения и нейронных сетей⁷. Она функционирует как чат-бот и использует генеративный искусственный интеллект на базе больших языковых моделей. *GigaChat* обучался на большом массиве общедоступ-

¹ Режим доступа: <https://4brain.ru/blog/registraciya-v-chatgpt-obzor-plyusov-i-minusov/> (дата обращения: 02.05.2025).

² Режим доступа: <https://vc.ru/ai/1735043-pochemu-vse-v-vostorge-ot-perplexity> (дата обращения: 01.05.2025).

³ Режим доступа: <https://www.forbes.ru/svoi-biznes/526489-kak-belorus-s-partnerami-postroili-odin-iz-samyh-dorogih-startapov-v-mire-perplexity> (дата обращения: 01.05.2025).

⁴ Режим доступа: <https://the-decoder.com/perplexity-ai-launches-new-ultra-fast-ai-search-model-sonar/> (дата обращения: 01.05.2025).

⁵ Режим доступа: <https://vc.ru/ai/1459723-perplexity-ai> (дата обращения: 01.05.2025).

⁶ Режим доступа: <https://figure.media/perplexity-ai/> (дата обращения: 01.05.2025).

⁷ Режим доступа: <https://neuralonline.ru/tpost/gbe0yl2gn1-gigachat> (дата обращения: 02.05.2025).

ных данных, включая тексты из интернета и книги, новости на русском и английском языках, разговорную речь, научные статьи и части датасета *The Stack* с кодом. Общий объем данных составил 300 ГБ, и домены постоянно пополняются. В 2024 г. была представлена новая модель *MAX GigaChat*, которая демонстрирует качественно новый уровень внутренних знаний и улучшенные способности к логическим рассуждениям⁸. Из недостатков можно отметить отсутствие актуальных данных (из-за чего *GigaChat* может смешивать реальные факты с «галлюцинациями» при ответах на вопросы о недавних событиях)⁹, устаревшую текстовую генерацию по сравнению с бесплатной версией *ChatGPT* (GPT-3.5).

DeepSeek — современная БЯМ, разработанная с акцентом на эффективность, открытость и высокое качество рассуждений¹⁰. В последних версиях *DeepSeek* (например, *DeepSeek-R1*) применяются методы обучения с подкреплением и синтетические данные, которые сама модель генерирует и отбирает лучшие примеры для дальнейшего обучения¹¹. *DeepSeek V3* обучалась на 14,8 трлн токенов, используя 671 млрд параметров (из них 37 млрд активных), что делает ее одной из крупнейших открытых моделей на рынке¹². Модель успешно справляется с многошаговыми рассуждениями, анализом структурированных данных, переводами, написанием эссе и генерацией кода. Особенно сильна она в задачах, требующих логических рассуждений, анализа, программирования и работы с техническими текстами¹³. А в вопросах, связанных с гуманитарными науками, естественным языком и креативными задачами, *DeepSeek* заметно уступает конкурентам (*ChatGPT-4o*, *Claude Sonnet 3.5*)¹⁴. *DeepSeek* склонна избегать подобных вопросов или фильтровать ответы на политически чувствительные вопросы, особенно связанные с Китаем, что обусловлено встроенными механизмами цензуры. Это снижает прозрачность и может ограничивать использование модели в международных или академических проектах¹⁵.

You.com не разрабатывает одну собственную языковую модель, а предоставляет пользователям доступ к множеству ведущих БЯМ от разных разработчиков. Среди них — модели *OpenAI* (*GPT-4*, *GPT-4 Turbo*), *Anthropic* (*Claude 2*, *Claude 3 Opus*, *Sonnet*, *Haiku*), *Google* (*Gemini Pro*), а также открытые и специализированные модели вроде *Zephyr*. Пользователь может выбирать и сравнивать эти модели через специальный селектор, что позволяет гибко подбирать инструмент под задачу. Для интеграции и расширения возможностей БЯМ *You.com* использует собственные интерфейсы при-

⁸ Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/sberdevices/articles/855368/> (дата обращения: 02.05.2025).

⁹ Режим доступа: <https://t-j.ru/gigachat-review/> (дата обращения: 02.05.2025).

¹⁰ Режим доступа: <https://proglab.io/p/deepseek-r1-kak-obuchali-model-vstryahnuvshuyu-ai-industriyu-2025-02-03> (дата обращения: 03.05.2025).

¹¹ Режим доступа: <https://www.vellum.ai/blog/the-training-of-deepseek-r1-and-ways-to-use-it> (дата обращения: 03.05.2025).

¹² Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/67920b739a794768fab8fe92> (дата обращения: 03.05.2025).

¹³ Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/x-com/articles/878218/> (дата обращения: 03.05.2025).

¹⁴ Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/7494367> (дата обращения: 03.05.2025).

¹⁵ Режим доступа: <https://writesonic.com/blog/deepseek-r1-review> (дата обращения: 03.05.2025).

кладного программирования (Application Programming Interface — API), такие как *Research API*, *Search API*, *News API*, которые позволяют языковым моделям получать актуальную информацию из интернета, устраняя типичные ограничения БЯМ — устаревшие данные, отсутствие ссылок на источники и «галлюцинации» (выдуманные факты)¹⁶. Такой подход позволяет моделям *You.com* давать более точные и проверяемые ответы, особенно на вопросы о текущих событиях. Благодаря интеграции с интернетом и собственным API ответы могут содержать свежую информацию и ссылки на источники, что особенно важно для новостей, исследований и аналитики. *You.com* отличается гибкостью и разнообразием: пользователь может выбрать подходящую модель для конкретной задачи — от генерации кода до глубокого исследования или творческих задач. Но есть и недостаток — качество и возможности зависят от внешних БЯМ, а не от собственной разработки *You.com*¹⁷.

Эксперимент

Цель эксперимента состояла в проверке, сможет ли БЯМ:

- выявить идеологизированность предъявленного текста;
- компенсировать обнаруженную идеологизированность;
- усилить идеологизированность и насколько;
- «изменить знак» идеологизированности.

В качестве источника текстовых фрагментов для эксперимента с БЯМ (и образца для сравнения) было выбрано заведомо идеологизированное¹⁸ произведение естественного интеллекта (то есть человека) — книга В.А. Геровича «Мифология советского космоса» [Герович, 2024]. По словам самого автора, слово «мифология», вынесенное в заголовок его книги про космос, — «ключевое понятие, потому что рассказанные участниками советской космической программы истории — это некая мифологизация. Причем она происходила не только с официальной стороны, но и со стороны обычных участников этой программы, которые вроде бы рассказывали о каких-то событиях, не получивших подробного освещения, — о контрмифах. Но они тем не менее тоже мифы, потому что социальный механизм их конструирования и циркулирования в сообществе, их роль в формировании идентичности и подстраивание под образ сообщества тоже способствуют мифологизации» [*Память о космической эре*, 2023, с. 66]. Заведомая идеологизация выражается в постоянном, на всем протяжении книги, подчеркивании автором утверждений о том, что советские космические достижения были окружены мифами и пропагандой. Лейтмотивом проходит утверждение о прямой мифологичности важнейших эпизодов советской космонавтики.

Первый этап эксперимента был посвящен получению фоновых данных — идеологизированные стимулы не вводились. Пяти выбранным моделям были даны одинаковые цитаты из книги и дано задание найти источник цитаты и написать корот-

¹⁶ Режим доступа: <https://techcrunch.com/2023/11/14/you-com-launches-new-apis-to-connect-llms-to-the-web/> (дата обращения: 04.05.2025).

¹⁷ Режим доступа: <https://dev.to/unbalanced-tree/search-engine-youcom-418n> (дата обращения: 04.05.2025).

¹⁸ См.: [Батурин, 2025].

кий текст на ту же тему. Ни одна из пяти моделей с задачей поиска источника не справилась. Это очень характерная деталь. Почему так произошло?

Автор книги, В.А. Герович, ссылаясь на известные имена (Павел Попович, Марина Попович), но так интерпретировал их отдельные слова и реплики, распространяя их на других лиц, что проследить выстраиваемую линию искусственному интеллекту оказалось не под силу. Это понятно: источники носили даже не вторичный, а сильно опосредованный характер, например, интервью в газете «Вечерний Якутск» и тому подобные. В другом случае Герович так интерпретировал известный и неоднократно, в том числе в книгах, опубликованный документ, что все используемые модели БЯМ найти его не смогли и дали ответ об источнике в предельно общей форме: архивы, документальные фильмы, мемуары космонавтов и т. п. В ответе на вопрос о выдвижении автора спутника на Нобелевскую премию (известная легенда) четыре модели фантазировали (понятно, ведь речь шла о выдумке), и лишь *Perplexity* был точен: «Сведений нет».

Что же касается подготовки текстов по заданию, результаты получились весьма интересными.

В теме о создании первого искусственного спутника Земли все три американские модели в похожих формулировках написали о «о достижениях советской науки и техники как результате коллективного труда всего народа» (*ChatGPT*, *You.com*, *Perplexity*). Напротив, и российская, и китайская модели выдали текст об «идеологии коллективизма при создании спутника как части советской пропаганды» (*DeepSeek*, *GigaChat*). Это было удивительно! Трудно судить о способах и информационной основе обучения китайской модели, но многие представители молодого поколения России точно воспитаны в остром неприятии всего советского. Так сработали предубеждения, непреднамеренно заложенные программистами в искусственный интеллект и авторами материалов, на которых обучались указанные БЯМ.

На втором этапе в промпт вводились идеологизированные стимулы типа:

- это очень важно для повышения роли и значимости советской космонавтики (позитивный стимул);
- это очень важно для принижения роли и значимости советской космонавтики (негативный стимул).

Идеологизированные стимулы содержали упоминания таких атрибутов советского периода, как атеистическая пропаганда, идеи Ленина, руководящая роль партии и т. д.

Тексты, написанные под влиянием идеологических стимулов по мотивам фрагмента из книги Геровича о том, что Гагарин якобы вынужден был скрывать факт своего пребывания в детском возрасте в оккупации, особенно интересны. (В скобках заметим, что Гагарин ничего не скрывал и написанные его рукой еще до поступления в отряд космонавтов автобиографии опубликованы.)

При введении позитивного стимула четыре модели выдали примерно одинаковый результат: «Целеустремленность Гагарина усиливает значимость и престиж советской космонавтики, подчеркивает дух советской космонавтики» (*ChatGPT*, *DeepSeek*, *You.com*, *GigaChat*). Собственно, все в духе советских газет. И лишь *Perplexity* был предельно точен: «Юрий Гагарин не скрывал факт нахождения в оккупации при поступлении в летную школу. Его детство в оккупации не стало препятствием для карьеры. Это подчеркивает, что советская космонавтика оценивала способности и достижения, а не личную историю». Следов воздействия идеологи-

зированной стимула не оказалось. Характерно, что эта модель БЯМ 2022 г. Тогда еще обучение нейросетей проводилось на первичной информации из интернета. Обучение более поздних моделей проводилось в большей степени на синтетическом материале, созданном предыдущими языковыми моделями.

При введении негативного стимула результаты различались в большей степени:

- Российский *GigaChat* написал о хаосе и непрофессионализме в советской системе. И это при том, что каждый российский гражданин понимает, что такое первенство в пилотируемых полетах в космос. Как Гагарин мог стать первым при хаосе и непрофессионализме в советской космической отрасли? Это подтверждает идеологизированность разработчиков.
- Американские *ChatGPT*, *You.com* утверждали, что советская космонавтика использовала личные трагедии для пропаганды, принижая истинные достижения науки и техники. Путано и нелогично.
- Наконец, *DeepSeek*, *Perplexity* написали, что главными считались не обстоятельства прошлого, а личные достижения и готовность к подвигу. Видно, что *Perplexity* по-прежнему объективен и на него, как и на китайскую модель, негативные идеологизированные стимулы не подействовали.

По запросу о том, как запуск первого спутника СССР продемонстрировал успех идей В.И. Ленина и политики КПСС, все БЯМ акцентировали связь этого события с советской идеологией, но с некоторыми различиями в подаче и детализации. Так, все модели подчеркивали, что успех советской космической программы стал доказательством «превосходства социалистического строя».

Запуск спутника трактуется языковой моделью *Perplexity* как результат централизованного партийного управления. *ChatGPT* утверждает, что Ленин заложил основы для научно-технического прогресса. *You.com* представляет КПСС как главного организатора успеха.

Капиталистические страны описываются как ориентированные на «погоню за прибылью» (*DeepSeek*), тогда как СССР вкладывался в «будущее человечества» (*GigaChat*).

Все модели повторяют официальную советскую версию событий, где успех науки жестко привязан к партийному руководству и социалистической системе. Отсутствует даже минимальный анализ — нет упоминания о конкуренции с США или о технических трудностях проекта. Это может быть связано либо с обучением БЯМ на соответствующих данных, либо с закладкой в промпт идеологизированных стимулов.

Интерпретации языковых моделей запроса о том, как запуск первого спутника СССР продемонстрировал невозможность воплощения в жизнь идей Ленина и неграмотное руководство КПСС, показали различия в зависимости от степени критичности к советской системе. Традиционного советского нарратива придерживались *ChatGPT* и *Perplexity*. *GigaChat* и *You.com* демонстрируют критический анализ (хотя *You.com* утверждает, что космическая программа противоречила ленинским принципам). И только *DeepSeek* пыталась быть объективной.

Следующий запрос касался того, как награды и привилегии космонавтов способствовали успеху (и наоборот, неудачам) пропаганды атеизма в СССР. Здесь все модели, кроме *ChatGPT*, сосредоточены на атеистической пропаганде, но *DeepSeek* и *You.com* дают больше критического анализа (например, фальсификация цитат). *Gigachat* и *Perplexity* систематизируют методы пропаганды. *ChatGPT* вообще не упо-

минает атеистическую пропаганду, делая акцент на внутренних проблемах СССР. В ответе на вопрос о неудачах атеистической пропаганды все модели отмечают, что государство, борясь с религией, невольно создало светский культ космонавтов, напоминающий религиозное почитание. Упоминается, что многие космонавты сохраняли веру (Гагарин крестил детей, Береговой носил крест), что не поддерживалось властью (*DeepSeek* называет конкретные имена и факты). Научные достижения подавались как «чудо», но это вызывало не материалистическое, а почти религиозное благоговение (*Perplexity*, *DeepSeek*). От БЯМ исходит и критика атеистической пропаганды. Так, *Perplexity*, цитируя экспертов, говорит о ее «вялости», *GigaChat* акцентирует внимание на недостаточной научной аргументации в антирелигиозной кампании, а *You.com* делает упор на парадокс: успехи космонавтов не укладывались в рамки атеистической риторики.

Также интересны оригинальные идеи, присутствующие в ответах каждой из моделей. *DeepSeek* выдает тезис о «невольном создании пантеона святых» — яркую метафору, показывающую идеологический провал. *Perplexity* проводит анализ «формализации» пропаганды, которая стала восприниматься как ритуал. *GigaChat* высказывает мысль о «недостаточной доступности информации» о науке как причине сохранения религиозности, а *You.com* утверждает, что успехи космонавтов ассоциировались с личными качествами, а не с атеизмом.

Ограничения

Конечно, проведенный эксперимент пока не может претендовать на универсальность выводов.

Во-первых, эксперименты проводились только с пятью моделями, давались задания с небольшим числом тестовых примеров (в эксперименте заданий было больше, чем приводится в данной статье).

Во-вторых, предложенные идеологизированные стимулы могут иначе срабатывать в иных заданиях. Требуются дополнительные исследования с вариациями идеологизированных стимулов для подтверждения, правильной интерпретации и обобщения полученных результатов.

Выводы

1. В большинстве случаев БЯМ дают сбой на материалах, идеологизированных человеком.

2. В БЯМ действительно заложены предубеждения разработчиков, что хорошо видно на примерах российской и китайской моделей, настроенных более антисоветски, чем сравнительно объективные американские модели (и это без введения идеологизированных стимулов).

3. Введение позитивных идеологизированных стимулов мало помогает в приукрашивании состояния дел, зато негативные стимулы действуют весьма эффективно (вспомним: ложка дегтя в бочке меда куда хуже ложки меда в бочке дегтя). Следовательно, негативные идеологизированные стимулы обязательно будут использоваться в информационном противоборстве.

4. Наиболее объективным оказался чат-бот *Perplexity* 2022 г. выпуска. Это косвенно подтверждает установленный уже факт, что более поздние модели с большей уверенностью выдают неверные ответы, потому что их научили уверенности в собственной непогрешимости.

5. Герович написал крайне идеологизированную, в антисоветском ключе (правильнее сказать — в постантисоветском), книгу, вероятно, по заказу (он и ссылается на полученный грант). Получив в промптах фрагменты из этой книги, почти все БЯМ потерпели неудачу, не справились с заданием. Таким образом, искусственный интеллект — пока еще ребенок по сравнению с человеком в деле идеологизации (искажения) реальности.

Литература

Батурин Ю.М. Нужна ли тоталитарному космическому кораблю демократическая система управления // Журнал Российского национального комитета по истории и философии науки и техники. 2025. № 1. С. 132–140. DOI: 10.62139/2949-608X-2025-3-1-128-135.

Герович В. Мифология советского космоса. М.: Новое литературное обозрение, 2024. 238 с.

Память о космической эре. Беседа Дениса Сивкова со Славой Геровичем // Неприкосновенный запас. 2023. № 4 (150). С. 59–75.

Ильина В. Perplexity AI: сервис с ИИ, который перескажет длинный текст, придумает идею стартапа и поможет с кодом // VC.ru. Режим доступа: <https://vc.ru/ai/1459723-perplexity-ai> (дата обращения: 01.05.2025).

Кайда Н. DeepSeek-R1: как обучали модель, встряхнувшую AI-индустрию // Proglib. Режим доступа: <https://proglib.io/p/deepseek-r1-kak-obuchali-model-vstryahnuvshuyu-ai-industriyu-2025-02-03> (дата обращения: 03.05.2025).

Култаева Д. Как белорус с партнерами построили один из самых дорогих стартапов в мире Perplexity // Forbes. Режим доступа: <https://www.forbes.ru/svoi-biznes/526489-kak-belorus-s-partnerami-postroili-odin-iz-samyh-dorogih-startapov-v-mire-perplexity> (дата обращения: 01.05.2025).

Лейзаренко Д. GigaChat: что умеет нейросеть от Сбера и как ей пользоваться // Т-Ж. Режим доступа: <https://t-j.ru/gigachat-review/> (дата обращения: 02.05.2025).

Малиновская А. Почему все в восторге от Perplexity // VC.ru. Режим доступа: <https://vc.ru/ai/1735043-pochemu-vse-v-vostorge-ot-perplexity> (дата обращения: 01.05.2025).

Новоселов М. Perplexity AI: чат-бот на русском языке без регистрации и платных версий // Фигура. Режим доступа: <https://figure.media/perplexity-ai/> (дата обращения: 01.05.2025).

Обломова О. Регистрация в ChatGPT, обзор плюсов и минусов // 4brain.ru. Режим доступа: <https://4brain.ru/blog/registraciya-v-chatgpt-obzor-plyusov-i-minusov/> (дата обращения: 02.05.2025).

Решетникова М. Что такое нейросеть DeepSeek: чат-бот с опцией поиска в интернете // РБК Тренды. Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/67920b739a794768fab8fe92> (дата обращения: 03.05.2025).

Тихонов П. «Глубокий взгляд» на конкурентов // Коммерсантъ. Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/7494367> (дата обращения: 03.05.2025).

Что такое DeepSeek и на что способна китайская нейросеть, из-за которой OpenAI снизил цену на ChatGPT // Хабр. Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/x-com/articles/878218/> (дата обращения: 03.05.2025).

Bak M, Chin J. The Potential and Limitations of Large Language Models in Identification of the States of Motivations for Facilitating Health Behavior Change // Journal of the American Medical Informatics Association. 2024. P. 2047–2053. EID: 2-s2.0-85201754346.

GigaChat // Неурал Онлайн. Режим доступа: <https://neuralonline.ru/tpost/g6e0yl2gn1-gigachat> (дата обращения: 02.05.2025).

GigaChat MAX — новая, сильная модель GigaChat // Хабр. Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/sberdevices/articles/855368/> (date accessed: 02.05.2025).

Gupta P. DeepSeek R1 Review: Features, Comparison, & More // Writesonic Blog. Available at: <https://writesonic.com/blog/deepseek-r1-review> (date accessed: 03.05.2025).

Kirkovska A. Breaking down the DeepSeek-R1 Training Process — No PhD Required // Vellum. Available at: <https://www.vellum.ai/blog/the-training-of-deepseek-r1-and-ways-to-use-it> (date accessed: 03.05.2025).

Kyle Wiggers. You.com Launches New APIs to Connect LLMs to the Web // TechCrunch. Available at: <https://techcrunch.com/2023/11/14/you-com-launches-new-apis-to-connect-llms-to-the-web/> (date accessed: 04.05.2025).

Schreiner M. Perplexity AI Launches New Ultra-Fast AI Search Model Sonar // The Decoder. Available at: <https://the-decoder.com/perplexity-ai-launches-new-ultra-fast-ai-search-model-sonar/> (date accessed: 01.05.2025).

Vijayvargiya R. All AI Engines in One Place // Dev. Available at: <https://dev.to/unbalanced-tree/search-engine-youcom-418n> (дата обращения: 04.05.2025).

Weller O. et al. “According to...” Prompting Language Models Improves Quoting from Pre-Training Data // arXiv. 2023. DOI: 10.48550/arxiv.2305.13252.

The Response of Large Language Models to Ideologized Stimuli

DARIA A. KONSTANTINOVA

Lomonosov Moscow State University,
Moscow, Russia;
e-mail: konstantinovada@my.msu.ru

The article is devoted to the problem of the influence of cues on the result in the work with Large Language Models. Neutral and motivated cues are discussed. Among the latter, the category of ideologized stimuli is distinguished. The influence of different ideologized stimuli on the responses of LLMs when they are included in a prompt is analyzed. The features that different models bring to the text are examined and the results are compared. Using case studies, it is shown that although LLMs have an impact on the outcomes of information confrontations, the extent of their influence is exaggerated. So far their effectiveness is inferior to the ideological potential of human beings.

Keywords: Large Language Model, artificial intelligence, neural network, chatbot, ideologized stimulus, information confrontation

References

Bak, M, Chin, J. (2024). The Potential and Limitations of Large Language Models in Identification of the States of Motivations for Facilitating Health Behavior Change, *Journal of the American Medical Informatics Association*, 31 (9), 2047–2053. EID: 2-s2.0-85201754346.

Baturin, Yu.M. (2025). Nuzhna li totalitarnomu kosmicheskomu korablyu demokraticeskaya sistema upravleniya [Does a totalitarian spaceship need a democratic control system?], *Zhurnal Rossiyskogo natsional'nogo komiteta po istorii i filosofii nauki i tekhniki*, no. 1, 132–140 (in Russian). DOI: 10.62139/2949-608X-2025-3-1-128-135.

Chto takoye DeepSeek i na chto sposobna kitayskaya neyroset', iz-za kotoroy OpenAI snizil tsenu na ChatGPT [What is DeepSeek and what is the Chinese Neural Network capable of that led OpenAI to lower the price of ChatGPT?], in *Habr*. Available at: <https://habr.com/ru/companies/x-com/articles/878218> (date accessed: 03.05.2025) (in Russian).

Gerovich, V. (2024). *Mifologiya sovetskogo kosmosa* [Soviet Space Mythologies], Moskva: Novoye literaturnoye obozreniye (in Russian).

GigaChat, in *Neural Onlain*. Available at: <https://neuralonline.ru/tpost/g6e0yl2gn1-gigachat> (date accessed: 02.05.2025).

GigaChat MAX — novaya, sil'naya model' GigaChat [GigaChat MAX is a new, powerful model of GigaChat], in *Habr*. Available at: <https://habr.com/ru/companies/sberdevices/articles/855368> (date accessed: 02.05.2025) (in Russian).

Gupta, P. DeepSeek R1 Review: Features, Comparison, & More, in *Writesonic Blog*. Available at: <https://writesonic.com/blog/deepseek-r1-review> (date accessed: 03.05.2025).

Ilyina, V. Perplexity AI: servis s II, kotoryy pereskazhet dlinnyy tekst, pridumayet ideyu startapa i pomozhet s kodom [Perplexity AI: an AI service that can retell long texts, come up with startup ideas, and help with coding], in *VC.ru*. Available at: <https://vc.ru/ai/1459723-perplexity-ai> (date accessed: 01.05.2025) (in Russian).

Kayda, N. DeepSeek-R1: kak obuchali model', vstryakhnuvshuyu AI-industriyu [DeepSeek-R1: how the model that shook the AI industry was trained], in *Proglib*. Available at: <https://proglib.io/p/deepseek-r1-kak-obuchali-model-vstryakhnuvshuyu-ai-industriyu-2025-02-03> (date accessed: 03.05.2025) (in Russian).

Kirkovska, A. Breaking Down the DeepSeek-R1 Training Process — no PhD Required, in *Vellum*. Available at: <https://www.vellum.ai/blog/the-training-of-deepseek-r1-and-ways-to-use-it> (date accessed: 03.05.2025).

Kultaeva, D. Kak beloruss partnerami postroili odin iz samykh dorogikh startapov v mire Perplexity [How a Belarusian and his partners built one of the world's most valuable startups, Perplexity], in *Forbes*. Available at: <https://www.forbes.ru/svoi-biznes/526489-kak-beloruss-partnerami-postroili-odin-iz-samykh-dorogikh-startapov-v-mire-perplexity> (date accessed: 01.05.2025) (in Russian).

Kyle Wiggers. You.com Launches New APIs to Connect LLMs to the Web, in *TechCrunch*. Available at: <https://techcrunch.com/2023/11/14/you-com-launches-new-apis-to-connect-llms-to-the-web> (date accessed: 04.05.2025).

Leizarenko, D. GigaChat: chto umeyet neyroset' ot Sbera i kak yey pol'zovat'sya [GigaChat: what sber's neural network can do and how to use it], in *T-ZH*. Available at: <https://t-j.ru/gigachat-review> (date accessed: 02.05.2025) (in Russian).

Malinovskaya, A. Pochemu vse v vostorge ot Perplexity [Why everyone is raving about Perplexity], in *VC.ru*. Available at: <https://vc.ru/ai/1735043-pochemu-vse-v-vostorge-ot-perplexity> (date accessed: 01.05.2025) (in Russian).

Novoselov, M. Perplexity AI: chat-bot na russkom yazyke bez registratsii i platnykh versiy [Perplexity AI: a russian-language chatbot with no registration or paid versions], in *Figura*. Available at: <https://figure.media/perplexity-ai> (date accessed: 01.05.2025) (in Russian).

Oblomova, O. Registratsiya v ChatGPT, obzor plusov i minusov [Registration in ChatGPT, an overview of the pros and cons], in *4brain.ru*. Available at: <https://4brain.ru/blog/registratsiya-v-chatgpt-obzor-plusov-i-minusov> (date accessed: 02.05.2025) (in Russian).

Pamyat' o kosmicheskoy ere. Beseda Denisa Sivkova so Slavoy Gerovichem [Memories of the space age. A Conversation between Denis Sivkov and Slava Gerovich], *Neprikosnovennyy zapas*, no. 4 (150), 59–75 (in Russian).

Reshetnikova, M. Chto takoye neyroset DeepSeek: chat-bot s optsyey poiska v internete [what is the DeepSeek neural network: A chatbot with an internet search option?], in *RBK Trendy*. Available

at: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/67920b739a794768fab8fe92> (date accessed: 03.05.2025) (in Russian).

Schreiner, M. Perplexity AI Launches New Ultra-Fast AI Search Model Sonar, in *The Decoder*. Available at: <https://the-decoder.com/perplexity-ai-launches-new-ultra-fast-ai-search-model-sonar> (date accessed: 01.05.2025).

Tikhonov, P. “Glubokiy vzglyad” na konkurentov [“A deep look” at competitors], in *Kommersant*. Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/7494367> (date accessed: 03.05.2025) (in Russian).

Vijayvargiya, R. All AI Engines in One Place, in *Dev*. Available at: <https://dev.to/unbalanced-tree/search-engine-youcom-418n> (date accessed: 04.05.2025).

Weller, O. et al. (2023). “According to...” Prompting Language Models Improves Quoting from Pre-Training Data, *arXiv*. DOI: 10.48550/arxiv.2305.13252.

ОБЗОР НАУЧНОГО МЕРОПРИЯТИЯ

ELENA F. SINELNIKOVA

PhD, deputy director,
S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology
of the Russian Academy of Sciences, St Petersburg Branch,
St Petersburg, Russia;
e-mail: sinelnikova-elena@yandex.ru



Conference: Cooperation Through the Centuries: Chinese-Russian Relations from the 18th to the 21st Century

УДК: 001.83(470+510)

DOI: 10.24412/2079-0910-2025-4-184-187

This article is dedicated to the symposium “Cooperation Through the Ages: Chinese-Russian Relations from the 18th to the 21st Century,” which took place on October 9, 2025, in St Petersburg at the St Petersburg Branch of S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology, Russian Academy of Sciences. Representatives of the historical and scientific communities from Russia and China presented papers.

Keywords: Chinese-Russian collaboration, history of science in Russia, history of science in China, international relations, science diplomacy.

The conference “Cooperation Through the Centuries: Chinese-Russian Relations from the 18th to the 21st Century” was held in St Petersburg on October 9, 2025, for the second time. The first conference took place on October 22, 2024, and was held online. As last time, the conference was organized by St Petersburg Branch of S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of the Russian Academy of Sciences (SPbB IHST RAS) and Institute for the History of Natural Sciences of the Chinese Academy of Science (IHNS CAS). This time conference was included not only scholars from two academies of sciences, but also researchers from different institutions. The conference focused on the development relations between the two countries from the 18th till the 21st century, as well as the current situation and future prospects of Chinese-Russian scientific collaboration. The official language of the conference was English. There were three sessions included discussions after each presentation.

The first session began with greetings from Nadezhda Asheulova, Director of SPbB IHST RAS, and Guan Xiaowu, Director of IHNS CAS. In her speech, N. Asheulova emphasized the importance of good-neighborly relations between the two countries and cooperation in various fields. The main event of the first session was the signing of a scientific cooperation agreement between SPbB IHST RAS and IHNS CAS. After the signing ceremony, several reports were made.



Fig. 1. Guan Xiaowu, Director of IHNS CAS, and Nadezhda Asheulova, Director of SPbB IHST RAS

The key milestones in the collaboration between SPbB IHST RAS and IHNS CAS were highlighted in N. Asheulova's (SPbB IHST RAS) presentation. This collaboration began in the early 21st century and has included joint scientific events in Russia and China, research projects, the publication of books and collections of articles, and internships for research fellows. Next presenter, professor Guan Xiaowu (IHNS CAS) gave a survey of the Soviet scientific school on the development of the Harbin Institute of Technology. In the third presentation by Natalia Kolpakova (Library of the Russian Academy of Sciences) described current collaboration with libraries in the People's Republic of China.

The second session featured researches on the history of Chinese-Russian scientific collaboration in the 19–20th centuries. Ren Xiaolin's (IHNS CAS) paper focused on Soviet-Chinese cooperation in geology in the 1950s, based on the diary of renowned Chinese climatologist and physical geographer Zhu Ke-Zhen. The presentation by Elena Sinelnikova (SPbB IHST RAS) examined, in a historical and conceptual context, how the Bulletin of the USSR Academy of Sciences covered the visit of Chinese scientists to the USSR in 1953, and also analyzed articles by famous Chinese scientists on the history of Chinese sci-

ence, also published in the Bulletin in 1953. Next, Wang Gong (IHNS CAS), in his paper described the large-scale training campaign for Chinese scientific and technical personnel in the early 1950s, which included studying Chinese students in the Soviet Union. Tatyana Feklova's (SPbB IHST RAS) paper aim was to present the activities of the Magnetometeorological observatory of the Russian Academy of Sciences and its stations in China from 1848 to 1915. The last paper on the session was given by Chen Wei (IHNS CAS) who showed a century-long history of Przewalski's horse research and conservation in Russia and China.

The third session featured three papers on problems of training and exchange of personnel between the two countries. Alina Steblyanskaya (Harbin Engineering University, the Russian Club in Harbin) highlighted the activities of Soviet specialists in northeastern China. The challenges and successes of technological exchanges between Russia and China in the space program from 1969 to 1981 were presented in a paper by Zheyi Wang (Shanghai University). The last paper of the conference by Innokenty Aktamov (the Center for Translation from Oriental Languages) examined the specifics of scientific personnel training in China.

The conference concluded with a general discussion on prospects for cooperation in the field of the history of scientific collaboration between the two countries and the history of science in China and Russia.



Fig. 2. Conference participants

The cultural program of the conference included visits to the Peter the Great Museum of Anthropology and Ethnography of the Russian Academy of Sciences (Kunstkamera), the Mariinsky Theater, the Empress Catherine II St. Petersburg Mining University, the Ice-breaker "Krasin," the ROSPHOTO Exhibition Center, the State Hermitage Museum, the Russian Ethnographic Museum, and St. Isaac's Cathedral.

SPbB IHST RAS expresses its deep gratitude to all partners and colleagues who participated in organizing the Chinese delegation visit: the State Hermitage Museum, the Empress

Catherine II St. Petersburg Mining University, the Peter the Great Museum of Anthropology and Ethnography (Kunstkamera) of the Russian Academy of Sciences, the Mariinsky Theatre, the Russian Ethnographic Museum, the ROSPHOTO Exhibition Center, and the Icebreaker “Krasin”. Special thanks to SPbB IHST RAN staff (Elena Sinelnikova, Anna Fedorova, Tatyana Feklova, Valeria Shaidarova), and especially Nadezhda Asheulova, Director of SPbB IHST RAN, for organization of the conference and accompanying the Chinese delegation.

Конференция: Сотрудничество сквозь века: китайско- российские взаимоотношения с XVIII по XXI век

Е.Ф. СИНЕЛЬНИКОВА

Санкт-Петербургский филиал Института истории естествознания и техники
им. С.И. Вавилова Российской академии наук,
Санкт-Петербург, Россия;
e-mail: sinelnikova-elena@yandex.ru

Статья посвящена симпозиуму «Сотрудничество сквозь века: китайско-российские взаимоотношения с XVIII по XXI век», который состоялся 9 октября 2025 г. в Санкт-Петербурге на базе Санкт-Петербургского филиала Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова Российской академии наук. С докладами выступили представители историко-научного сообщества из России и Китая.

Ключевые слова: российско-китайское сотрудничество, история науки в России, история науки в Китае, международные отношения, научная дипломатия.

Информация для авторов и требования к рукописям статей, поступающим в журнал «Социология науки и технологий»

Социология науки и технологий Sociology of Science and Technology

Журнал **Социология науки и технологий** (СНиТ) представляет собой специализированное научное издание.

Журнал создан в 2009 г. Учредитель и издатель: Федеральное государственное учреждение науки Институт истории естествознания и техники имени С. И. Вавилова Российской академии наук.

Периодичность выхода — 4 раза в год.

Свидетельство о регистрации журнала ПИ № ФС 77–75017 выдано Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия 11 февраля 2019 г.

Журнал имеет международный номер ISSN 2079-0910 (Print), ISSN 2414-9225 (Online).

Входит в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, по научным специальностям и соответствующим им отраслям науки:

09.00.08 — Философия науки и техники (философские науки),

22.00.01 — Теория, методология и история социологии (социологические науки),

22.00.04 — Социальная структура, социальные институты и процессы (социологические науки).

Включен в российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Журнал индексируется с 2017, Т. 8, № 1 в Emerging Sources Citation Index (Clarivate Analytics products and services).

Журнал публикует оригинальные статьи на русском и английском языках по следующим направлениям: наука и общество; научно-техническая и инновационная политика; социальные проблемы науки и технологий; социология академического мира; коммуникации в науке; история социологии науки; исследования науки и техники (STS) и др.

Публикации в журнале являются бесплатными для авторов. Гонорары за статьи не выплачиваются.

Направляемые в журнал рукописи статей следует оформлять в соответствии со следующими правилами (требования к оформлению размещены в разделе «Для авторов» на сайте журнала <http://sst.nw.ru/>)

Адрес редакции:

199034, г. Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 5.

Тел.: (812) 328-47-12

Факс: (812) 328-46-67

E-mail: school_kugel@mail.ru

<http://ihst.nw.ru>

В следующем номере

А.Г. Аллахвердян. Фундаментальный вклад профессора С.А. Кугеля в исследование структуры научных кадров.

Е.Ю. Басаргина. Как попал в Санкт-Петербургский филиал Архива РАН автограф Исаака Ньютона

А.Р. Сулейменов. Евангелие от Минводхоза: проект поворота рек и процессы со-производства позднего социализма.

In the Next Issue

Alexander G. Allakhverdian. Fundamental Contribution of Professor S.A. Kugel to the Research of the Structure of Scientific Personnel.

Ekaterina Yu. Basargina. How Did Isaac Newton's Autograph Get into the Archive of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg Branch?

Andrey R. Suleymenov. The Gospel of the Ministry of Water Management: the River Reversal Project and the Co-Production of Late Socialism.
