



THE ISSUE CONTAINS:

Proceedings of the 9th
International Scientific
and Practical Conference

**SCIENCE IN THE ENVIRONMENT
OF RAPID CHANGES**

Brussels, Belgium
26-28.07.2026

SCIENTIFIC COLLECTION
INTERCONF

No 303
July, 2026

Scientific Collection «InterConf»

No 303

July 2026

THE ISSUE CONTAINS:

Proceedings of the 9th International
Scientific and Practical Conference

**SCIENCE IN THE ENVIRONMENT
OF RAPID CHANGES**

BRUSSELS, BELGIUM

July 26–28, 2026



BRUSSELS
2026

UDC 001.1

S 40 *Scientific Collection «InterConf», (303): with the Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference «Science in the Environment of Rapid Changes» (July 26-28, 2026; Brussels, Belgium) / comp. by LLC SPC «InterConf». Brussels: De Boeck, 2026. 53 p.*
ISBN 978-2-8037-1533-6 (series)
DOI 10.51582/interconf.2026.303

EDITOR

Anna Svoboda
Doctoral student
University of Economics;
Czech Republic
annasvobodaprague@yahoo.com

COORDINATOR

Mariia Granko
Coordination Director
LLC Scientific Publishing Center
«InterConf»; Ukraine
info@interconf.center

EDITORIAL BOARD

Dmytro Marchenko (PhD in Engineering) Mykolayiv National Agrarian University (MNAU); Ukraine;	Svitlana Lykholat (PhD in Economics), Lviv Polytechnic National University; Ukraine
Mariana Vereskliia (PhD in Pedagogy) Lviv State University of Internal Affairs; Ukraine	Viktor Yanchenko (PhD in Pharm. Sc.), T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»; Ukraine
Dan Goltsman (Doctoral student) Riga Stradiņš University; Republic of Latvia; goltsman.dan@inbox.lv	Rakhmonov Aziz Bositovich (PhD in Pedagogy) Uzbek State University of World Languages; Republic of Uzbekistan;
Katherine Richard (DSc in Law), Hasselt University; Kingdom of Belgium katherine.richard@protonmail.com;	Asta Marija Inkėnienė (Doctor of Pharm. Sc.), Lithuanian University of Health Sciences, Republic of Lithuania;
Bashirov Ansar (Doctor of Medicine), EMIH of Almaty region, Republic of Kazakhstan	Vera Gorak (PhD in Economics) Karlovarská Krajská Nemocnice; Czech Republic veragorak.assist@gmail.com;
Stanyslav Novak (DSc in Engineering) University of Warsaw; Poland novaks657@gmail.com;	Polina Vuitsik (PhD in Economics) Jagiellonian University; Poland p.vuitsik.prof@gmail.com;
Kanako Tanaka (PhD in Engineering), Japan Science and Technology Agency; Japan;	Alexander Schieler (PhD in Sociology), Transilvania University of Brasov; Romania alexanrds.schieler@protonmail.ch
Vagif Sultanly (DSc in Philology) Baku State University; Republic of Azerbaijan	George McGrown (PhD in Finance) University of Florida; USA mcgrown.geor@gmail.com;
Davit Tchiotashvili (Doctor of Economics), Gori State University, Georgia;	Mark Alexandr Wagner (DSc. in Psychology) University of Vienna; Austria mw6002832@gmail.com;
Richard Brouillet (LL.B.), University of Ottawa; Canada;	Larysa Kupriianova (PhD in Medicine) Humanitas University, Italy
Kamilə Əliağa qızı Əliyeva (DSc in Biology) Baku State University; Republic of Azerbaijan	Temur Narbaev (DSc in Medicine) Tashkent Pediatric Medical Institute, Republic of Uzbekistan; temur1972@inbox.ru
Giuli Giguashvili (Doctor of Economics), Gori State University, Georgia;	Nataliia Mykhalitska (PhD in Public Administration) Lviv State University of Internal Affairs; Ukraine
Tamar Makasarashvili (Doctor of Economics), Gori State University, Georgia;	
Khaliana Chitadze (Doctor of Economics), Gori State University, Georgia;	

Please, cite as shown below:

1. Surname, N. & Surname, N. (2026). Title of an article. *Scientific Collection «InterConf», (303)*, 21-27. Retrieved from <https://archive.interconf.center/index.php/conference-proceeding...>

This issue of Scientific Collection «InterConf» contains the materials of the International Scientific and Practical Conference. The conference provides an interdisciplinary forum for researchers, practitioners and scholars to present and discuss the most recent innovations and developments in modern science. The aim of conference is to enable academics, researchers, practitioners and college students to publish their research findings, ideas, developments, and innovations.

Scientific Collection «InterConf» and its content are indexed in Google Scholar

TABLE OF CONTENTS

PEDAGOGY AND EDUCATION

	Sakpanova N.S.	HOW ARTIFICIAL INTELLIGENCE IS TRANSFORMING DIGITAL TOOLS FOR CHILD AND EDUCATIONAL PSYCHOLOGY	4
	Уколова Т.О.	ПРИЙОМ «КЛАСТЕР» У ПОЧАТКОВІЙ ШКОЛІ	14

LAW AND INTERNATIONAL LAW

	Абдалиев А.А.	РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В КРИМИНАЛИСТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ: НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ	19
--	---------------	---	----

CHEMISTRY AND MATERIALS SCIENCE

	Mirzaliyeva S.E.	APPLICATION OF COBALT-MODIFIED ZEOLITE CATALYSTS IN THE ISOMERIZATION REACTION OF N-HEXANE	36
---	------------------	--	----

INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

	Skyba V. Zorenko Y. Zorenko O.	FACTORS INFLUENCING THE USER EXPERIENCE OF MODERN DIGITAL PRODUCTS	38
	Tu Thanh Tri Duong Thi Thuy Nga	MOBILE-WEBGIS APPLICATIONS FOR COMMUNITY-BASED URBAN SOLID WASTE MANAGEMENT: A MINI REVIEW	42

PEDAGOGY AND EDUCATION

How Artificial Intelligence is Transforming Digital Tools for Child and Educational Psychology

Sakpanova Nurgul Smagulovna¹

¹ kindergarten No 39; Republic of Kazakhstan

Abstract. The integration of artificial intelligence (AI) into digital tools for child and educational psychology represents a paradigm shift in how psychological support and educational interventions are delivered to young populations. This article examines the transformative role of AI technologies—including generative AI, conversational agents, emotion recognition systems, and adaptive learning platforms—in reshaping assessment, intervention, and engagement strategies for children and adolescents. Drawing on recent empirical research, the paper analyzes key opportunities such as personalized learning pathways, scalable mental health support, and real-time emotional monitoring, while critically examining challenges including data privacy concerns, algorithmic bias, developmental risks, and the necessity of human oversight. The analysis highlights the importance of co-design methodologies that actively involve children, parents, and clinicians in technology development, as well as the need for robust ethical frameworks to govern AI deployment in sensitive developmental contexts. The article concludes that while AI holds transformative potential for child and educational psychology, realizing this potential requires balancing technological innovation with safeguarding children's developmental needs and psychological well-being.

Keywords: artificial intelligence, educational psychology, child mental health, digital tools, generative AI, co-design, ethics.

1. Introduction

The convergence of artificial intelligence and child development science marks one of the most significant technological shifts in educational and psychological practice of the twenty-first century. Over the past decade, rapid advancements in machine learning, natural language processing, and affective computing have driven the development and adoption of AI-powered digital tools in educational settings. These technologies have evolved from experimental prototypes to large-scale deployments that now profoundly impact how children learn, interact, and receive psychological support.

The launch of ChatGPT in late 2022 served as a watershed

PEDAGOGY AND EDUCATION

moment, accelerating interest in generative AI applications for education and mental health . Built on deep learning and natural language processing technologies, generative AI tools are capable of producing diverse content based on user inputs, enabling unprecedented levels of personalization and interactivity in educational and therapeutic contexts . Alongside these developments, specialized AI applications have emerged, including conversational agents for mental health support, emotion recognition systems for detecting learner affect, and adaptive learning platforms that tailor instruction to individual cognitive profiles .

The relevance of AI to child and educational psychology extends beyond mere technological novelty. Traditional models of educational support and mental health care often prove inadequate for meeting the needs of children and young people due to barriers such as stigma, resource limitations, and geographical inaccessibility . Digital mental health interventions, particularly those leveraging AI, offer a promising adjunct to traditional services, leveraging technology to deliver scalable, personalized, and potentially more accessible care . Similarly, in educational contexts, AI systems can provide the kind of individualized attention that has long been recognized as optimal for learning but has remained impractical to deliver at scale through traditional means .

However, the integration of AI into child-centered domains raises profound questions about safety, ethics, and developmental appropriateness. Children constitute a particularly vulnerable population, and interactions with AI systems—especially those framed as emotional supporters, romantic partners, or close friends—could shape adolescents' social and emotional development in ways that remain poorly understood . Recent tragic cases, including the suicides of adolescents after prolonged conversations with AI companions, underscore the urgent need for appropriate safeguards and ethical frameworks .

This article provides a comprehensive examination of how AI technologies are transforming digital tools for child and educational psychology. It analyzes the key opportunities presented by AI-driven personalization, conversational agents, and emotion recognition systems, while critically examining the challenges and risks that must be addressed. The analysis emphasizes the importance of co-design methodologies and stakeholder engagement in developing safe

PEDAGOGY AND EDUCATION

and effective AI tools for young users.

2. AI Technologies in Child and Educational Psychology

2.1. Conversational Agents and AI Companions

Conversational agents represent one of the most prominent applications of AI in child and educational psychology. These systems use natural language processing to simulate human-like dialogue, enabling interactions that range from therapeutic conversations to educational tutoring. Generative AI has significantly enhanced the capabilities of these agents, allowing them to engage in open-ended conversations, adapt to user inputs in real time, and simulate therapeutic interactions.

In mental health contexts, conversational agents have been deployed to support children and young people with conditions including anxiety, depression, and emotion regulation difficulties. These systems provide scalable and accessible ways to deliver psychological support to diverse populations. For example, chatbots have been developed to teach life skills to adolescents through engaging dialogues and multimedia features, while WhatsApp-based chatbots have been co-designed to collect real-time longitudinal data on adolescent mood fluctuations. Some systems integrate "curious questioning" techniques inspired by therapeutic approaches to foster user engagement and support emotional exploration.

The rise of AI companions represents an evolution beyond task-oriented chatbots. AI companions are digital characters created to form emotional attachments and simulate relationships with users for companionship, entertainment, and romance. Recent survey research indicates that AI companions have become a significant part of many teenagers' digital lives, with 72% of US teens having used AI companions and more than half reporting regular engagement. Nearly one-third of teens turn to these AI characters for social interaction or emotional connection, including romantic exploration.

While these applications offer potential benefits—such as providing safe spaces for practicing social interactions and rehearsing real-life relationships—they also raise significant concerns. Researchers have identified risks including sexual harassment, emotional dependence, and blurred boundaries between reality and simulation. The developmental vulnerability of youth means that interactions with AI framed as emotional supporters or close friends could

PEDAGOGY AND EDUCATION

shape adolescents' social and emotional development in ways that may be detrimental .

2.2. Emotion Recognition and Affect-Aware Systems

Emotion recognition technologies represent another frontier in AI applications for child psychology. These systems detect and respond to students' affective states in real time using facial expression analysis, voice tone, keystroke patterns, or physiological signals . The integration of such affect-aware systems holds considerable potential to increase student engagement, motivation, and satisfaction by offering a more empathetic and responsive learning environment .

Research has demonstrated positive correlations between AI-driven emotion recognition and student engagement, while also suggesting that these technologies can reduce digital learning anxiety . This finding is consistent with the theoretical predictions of the Control-Value Theory of Achievement Emotions, which posits that learners' emotions arise from their perceptions of control over learning activities and the value they assign to those tasks .

However, the deployment of emotion recognition technologies introduces significant ethical complexities. The presence of constant emotional monitoring raises questions about student privacy, consent, and the potential for unintended emotional manipulation or stress . For many students, particularly those learning English as a foreign language, digital learning anxiety may stem from unfamiliarity with AI tools, fear of constant surveillance, and cognitive overload associated with complex digital interfaces .

2.3. Adaptive Learning and Personalization Systems

AI-driven personalization systems analyze learners' behaviors, preferences, and performance data to deliver customized content and learning pathways . These systems promise to make education more accessible and responsive to diverse learner needs, particularly in large-scale online environments where traditional one-size-fits-all approaches often fall short . The technical foundations of these systems include natural language processing models for understanding student inputs, reinforcement learning engines for determining optimal sequences of learning tasks, and knowledge tracing models for tracking student mastery .

Personalized tutoring through AI has been linked to improved learning outcomes, but challenges remain. As Laak,

PEDAGOGY AND EDUCATION

Abdelghani, and Aru observe, "personalisation is not guaranteed" . The effectiveness of personalization depends on the quality of the underlying algorithms, the appropriateness of the learning content, and the alignment with pedagogical goals . Furthermore, the opacity of many AI systems poses challenges for teachers who require interpretable insights into student learning progress .

3. Theoretical Frameworks and Empirical Evidence

The integration of AI into child and educational psychology is informed by several theoretical frameworks that help explain how and why these technologies influence learning and development.

3.1. Control-Value Theory of Achievement Emotions

Control-Value Theory provides a framework for understanding how AI technologies affect learner emotions and engagement. According to this theory, learners' emotions arise from their perceptions of control over learning activities and the value they assign to those tasks . When learners feel in control and perceive tasks as meaningful, they are more likely to experience positive emotions and remain engaged. AI-driven personalization enhances perceived control by aligning instruction with individual learner needs, while emotion recognition tools may increase task value by creating a responsive and emotionally supportive environment .

Empirical research supports these theoretical predictions. A study of Chinese EFL learners found that AI-driven personalization and emotion recognition were positively correlated with engagement and negatively correlated with digital learning anxiety . The study also demonstrated that anxiety partially mediated the relationship between AI technologies and engagement, suggesting that the emotional impact of AI systems plays a significant role in determining their effectiveness .

3.2. Social Constructivist Theory and Scaffolding

Social Constructivist Theory, particularly Vygotsky's concept of the Zone of Proximal Development, provides another important framework for understanding AI applications in education. According to this theory, learning is facilitated through social interaction and scaffolding within a learner's zone of proximal development. Chatbots and AI tutors can serve as always-available scaffolding agents, guiding learners through complex tasks, offering hints, and providing explanations .

PEDAGOGY AND EDUCATION

This theoretical grounding has been empirically validated. Research has shown that chatbots provide pedagogical affordances that are directly antithetical to the drivers of technological resistance, including 24/7 availability, self-paced interaction, immediate and personalized feedback, and a low-stakes, private practice environment. A randomized controlled trial demonstrated that chatbot-based interventions significantly reduced student resistance to technological change compared to traditional teaching methods, with a large effect size.

3.3. Co-Design and Stakeholder Engagement

Co-design methodologies actively engage end users—including children, parents or caregivers, and professionals—to ensure that interventions are safe, relevant, and aligned with user experiences and needs. All studies included in a recent systematic review of generative AI for youth mental health employed co-design methods, engaging young people as both end-users and co-creators who shaped app content, visual design, and functional features.

The outcomes of co-design efforts have been positive. Studies report high levels of user satisfaction, with participants appreciating how their input shaped the final products. Co-design has resulted in AI-enhanced tools perceived as more usable, engaging, and clinically effective. Creative approaches to co-design have included partnerships with organizations like UNICEF and technology developers to enhance scalability and ensure cultural relevance, as well as incorporating AI learning into co-design to enable chatbots to adapt in real-time based on user input.

4. Challenges and Ethical Considerations

4.1. Safety and Developmental Risks

The deployment of AI systems in child and educational contexts raises significant safety and developmental concerns. Research on youth interactions with AI companions has identified risks including grooming-like language, leading youth into romantic or emotional interactions, and modeling harmful values or norms. Stakeholder assessments of these risks are contextual, attending to factors such as youth maturity, AI character age, and how AI characters model values and norms.

Parents and developmental experts assess risks through different logics. Parents tend to take an event-based approach, flagging interactions as high risk when a single concerning element appears—for example, a mention of suicide

PEDAGOGY AND EDUCATION

or flirtation . Experts, by contrast, emphasize patterns over time, focusing on frequency and duration as indicators of escalating concern . These different logics have implications for the design of risk detection systems and interventions.

4.2. Privacy and Data Protection

Privacy concerns are paramount in AI applications for children. The collection and analysis of sensitive data—including emotional states, behavioral patterns, and mental health information—require robust protections. Differential privacy, which adds controlled noise to data or gradients to prevent individual student records from being decoded, and federated learning, which allows training on local servers without centralizing raw student data, represent promising technical approaches .

However, ethical challenges extend beyond technical solutions. Informed consent, algorithm transparency, potential biases, unclear accountability, and risks of clinician deskilling have been identified as significant concerns . The complexity of these issues is compounded in child contexts, where consent must be obtained from both parents and children, and where the implications of data collection may not be fully understood by either party.

4.3. Algorithmic Bias and Fairness

Algorithmic bias represents a critical challenge in AI applications for education and psychology. Models trained on homogeneous datasets may produce incorrect or unfair results for underrepresented groups . Fairness-aware machine learning techniques such as adversarial debiasing, reweighting, and active sampling can help ensure subgroups receive equal predictive accuracy, but these techniques are complex and often require specialized expertise to implement effectively.

The fairness challenge is particularly acute in child-centered contexts, where developmental differences, linguistic diversity, and cultural variation may not be adequately represented in training data. Furthermore, the opacity of many high-performing models makes it difficult for teachers, parents, and clinicians to understand how decisions are made, undermining trust and accountability .

4.4. The Need for Human Oversight

While AI systems offer significant potential, they cannot replace human judgment in complex psychological and educational contexts. Experts and stakeholders have emphasized the importance of human-in-the-loop designs that empower teachers and parents . In mental health applications,

PEDAGOGY AND EDUCATION

experts favor crisis-only escalation and stronger links to professional resources, while maintaining human oversight for ongoing care .

The role of AI in supporting—rather than replacing—human practitioners is a recurring theme in the literature. AI can augment mental health services by providing scalable, personalized support, but must be integrated into human-led care . Similarly, in educational contexts, AI should support teachers rather than substitute for them, providing actionable insights and reducing administrative burdens while preserving pedagogical autonomy .

5. Implications and Future Directions

The integration of AI into digital tools for child and educational psychology has profound implications for practice, policy, and research.

For practitioners, AI offers tools for more personalized and responsive interventions, but requires new skills for effective implementation. Clinicians and educators must develop AI literacy to evaluate tools critically, interpret AI-generated insights appropriately, and maintain human judgment in decision-making processes. Professional development and training will be essential to prepare practitioners for AI-enhanced practice .

For policymakers, the evidence highlights the need for robust governance frameworks that address safety, privacy, and equity concerns. Current industry practices often lack adequate safeguards, as evidenced by reports that some AI platforms allow systems to engage children in romantic or sensual conversations . Regulatory frameworks must ensure that AI tools for children meet appropriate safety and ethical standards, with mechanisms for ongoing monitoring and accountability.

For researchers, numerous gaps remain to be addressed. Most existing studies rely on self-report data and short-term assessments, limiting insight into the sustained impact of AI on child development and learning . Longitudinal studies are needed to understand how prolonged AI use affects social and emotional development. Additionally, research is needed on the effectiveness of AI interventions across diverse populations, cultural contexts, and developmental stages.

The principles emerging from stakeholder research provide concrete guidance for the design of safe AI tools for youth. At the system and character level, suggested safeguards include movie- or game-style ratings, AI character cards

PEDAGOGY AND EDUCATION

disclosing age and likely behaviors, and entry-level AI literacy to help users understand system limits . At the interaction level, stakeholders endorse context-aware monitoring, soft stops rather than abrupt refusals, reflective prompts, and embedding educational dialogue into risky scenarios . At the social level, preferences diverge, with parents favoring broader oversight and experts preferring cautious, crisis-only escalation linked to professional resources .

6. Conclusion

Artificial intelligence is fundamentally transforming digital tools for child and educational psychology, enabling unprecedented levels of personalization, scalability, and responsiveness in educational and mental health interventions. Conversational agents, emotion recognition systems, and adaptive learning platforms offer promising opportunities to address longstanding challenges in meeting children's developmental and psychological needs.

However, the transformative potential of AI must be balanced against significant risks and ethical considerations. Safety concerns, including the potential for emotional dependence, harmful normalization, and inappropriate interactions, require robust safeguards. Privacy and data protection demands careful attention, particularly given the sensitivity of data collected from children. Algorithmic bias threatens to perpetuate or exacerbate educational inequities, while the opacity of many AI systems undermines transparency and accountability.

Realizing the benefits of AI in child and educational psychology requires a human-centered approach that prioritizes children's developmental needs and psychological well-being. Co-design methodologies that actively engage children, parents, and professionals in technology development have demonstrated their value in creating tools that are usable, engaging, and clinically effective. The perspectives of stakeholders—including parents and developmental experts—provide essential guidance for embedding safety into AI companion design.

Ultimately, AI should be viewed as an augmentation of, rather than a replacement for, human expertise in child and educational psychology. The most promising applications integrate AI tools into human-led care, empowering practitioners with actionable insights while maintaining the human connection that remains essential for healthy

PEDAGOGY AND EDUCATION

development. As research continues to evolve, longitudinal studies, diverse populations, and rigorous evaluation of long-term impact will be essential for ensuring that AI technologies serve the best interests of children and young people.

References:

- [1] Yuan, R., Wang, K., Wang, Z., & He, W. (2026). Generative artificial intelligence (GenAI) in K-12 schools: A systematic review of teacher motivation and engagement. ScienceDirect.
- [2] (2025). Review of innovative mental health support for children and young people: Generative AI co-design applications and challenges. Springer.
- [3] Laak, K.-J., Abdelghani, R., & Aru, J. (2024). Personalisation is not guaranteed: The challenges of using generative AI for personalised learning. Lecture Notes in Computer Science, 40-49.
- [4] (2025). Navigating anxiety in digital learning: How AI-driven personalization and emotion recognition shape EFL students' engagement. Acta Psychologica, 260, 105466.
- [5] Yu, Y., et al. (2026). Principles of safe AI companions for youth: Parent and expert perspectives. arXiv.
- [6] Zhang, Z. (2025). Computational foundations and educational impacts of AI in child-centered learning. ACM Digital Library.
- [7] (2025). Mitigating student resistance: The role of chatbots in sustainable educational technology integration. Frontiers in Education.
- [8] Adindu, K. N., et al. (2025). Artificial intelligence and digital therapy for adolescent mental health in the UK: Opportunities, barriers, and ethical consideration. SSRN.

PEDAGOGY AND EDUCATION

Прийом «Кластер» у початковій школі

Уколова Тетяна Олексіївна¹

¹ учитель початкової школи;
комунальний заклад «Харківський ліцей №134 Харківської міської ради»; Україна

Анотація. У статті розглянуто сутність прийому «кластер» як сучасної педагогічної технології розвитку критичного мислення молодших школярів. Проаналізовано теоретичні засади використання кластерів у початковій освіті, визначено їх дидактичний потенціал, особливості застосування на різних етапах уроку та вплив на формування ключових компетентностей учнів. Обґрунтовано значення візуалізації знань, асоціативного мислення та активної навчально-пізнавальної діяльності дітей молодшого шкільного віку. Наведено приклади використання прийому під час вивчення різних освітніх галузей. Доведено, що систематичне використання кластерів сприяє підвищенню мотивації до навчання, розвитку творчого потенціалу та вдосконаленню комунікативних умінь учнів.

Ключові слова: кластер, початкова школа, критичне мислення, компетентнісний підхід, навчальна діяльність, візуалізація знань, молодші школярі.

Сучасний етап розвитку освіти характеризується пошуком ефективних методів і прийомів навчання, спрямованих на формування активної, творчої та компетентної особистості. Концепція Нової української школи орієнтує педагогів на впровадження інноваційних технологій, які забезпечують розвиток критичного мислення, самостійності та здатності учнів до аналізу інформації. Одним із таких прийомів є кластер, який набув широкого поширення у практиці початкового навчання.

Прийом «кластер» належить до технологій розвитку критичного мислення. Його сутність полягає у графічному відображенні понять, ідей або фактів навколо ключового слова чи теми. Завдяки цьому учні можуть встановлювати логічні зв'язки між елементами знань, систематизувати інформацію та формувати цілісне уявлення про навчальний матеріал [2, с. 87].

Психолого-педагогічною основою використання кластерів є положення про активний характер пізнавальної діяльності дитини. Молодший шкільний вік характеризується переважанням наочно-образного мислення, тому візуалізація інформації сприяє її кращому сприйняттю та запам'ятовуванню [1, с. 114].

PEDAGOGY AND EDUCATION

Використання схем, графічних моделей і кластерів допомагає учням переходити від конкретного до абстрактного мислення.

У науковій літературі кластер розглядається як спосіб структурування інформації та організації навчальної діяльності. Дослідники наголошують, що цей прийом створює умови для активізації розумових операцій аналізу, синтезу, порівняння та узагальнення [5, с. 143]. Водночас кластер є ефективним інструментом розвитку творчості, оскільки передбачає вільне генерування асоціацій і пошук нових зв'язків між поняттями.

Особливого значення використання кластерів набуває в умовах компетентнісного підходу. Учні не лише засвоюють готову інформацію, а й самостійно конструюють знання, що сприяє формуванню навчальної, інформаційної та комунікативної компетентностей [3, с. 66]. Робота над кластером передбачає співпрацю в парах і групах, обговорення ідей та аргументацію власної думки.

На уроках української мови кластер може використовуватися для вивчення частин мови, структури тексту, лексичних груп слів. Наприклад, під час опрацювання теми «Іменник» у центрі схеми розміщується ключове поняття, від якого відходять гілки із запитаннями, граматичними ознаками та прикладами. Така організація матеріалу допомагає учням усвідомити взаємозв'язки між окремими елементами знань.

На уроках літературного читання кластер сприяє розвитку читацької компетентності. Учні можуть створювати схеми характеристик персонажів, визначати головні події твору або встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між подіями. У процесі виконання таких завдань школярі навчаються аналізувати текст і формулювати висновки.

Значний потенціал має використання кластерів на уроках інтегрованого курсу «Я досліджую світ». Під час вивчення природничих тем учні можуть групувати відомості про рослини, тварин, природні явища чи екологічні проблеми. Візуальна форма подання інформації полегшує засвоєння складних понять та сприяє розвитку системного мислення [2, с. 92].

У процесі навчання математики кластер допомагає структурувати знання про геометричні фігури, арифметичні дії, способи розв'язування задач. Використання графічних схем дозволяє учням бачити взаємозв'язки між математичними поняттями та формувати цілісну систему знань.

Важливою перевагою прийому є його універсальність. Кластер можна використовувати на різних етапах уроку: під час актуалізації опорних знань, вивчення нового матеріалу,

PEDAGOGY AND EDUCATION

закріплення або рефлексії. На початку уроку він допомагає виявити попередні знання учнів, а наприкінці – узагальнити здобуту інформацію та оцінити рівень її засвоєння [5, с. 149].

Ефективність використання кластерів значною мірою залежить від методичної майстерності вчителя. Педагог має враховувати вікові особливості учнів, рівень їхньої підготовки та навчальну мету уроку. Доцільним є поступове ускладнення завдань: від простих асоціативних схем до розгорнутих логічних структур.

Досвід практичної діяльності свідчить, що систематичне застосування кластерів позитивно впливає на навчальні досягнення молодших школярів. Учні стають більш активними, упевненими у власних силах, виявляють зацікавленість у навчанні та демонструють вищий рівень сформованості пізнавальних умінь [3, с. 71].

Крім того, робота з кластерами сприяє розвитку навичок співпраці. Під час групового створення схем школярі вчать висловлювати власні ідеї, слухати інших та досягати спільного результату. Такі вміння мають важливе значення для соціалізації особистості та формування громадянської компетентності.

Особливу роль кластер відіграє у формуванні критичного мислення. Аналізуючи інформацію та встановлюючи зв'язки між її складовими, учні навчаються оцінювати факти, порівнювати різні точки зору та робити обґрунтовані висновки. Саме тому цей прийом розглядається як один із найефективніших інструментів сучасної освіти.

Використання прийому «кластер» у початковій школі сприяє формуванню в учнів умінь працювати з інформацією. У сучасному інформаційному суспільстві важливо не лише отримувати нові знання, а й уміти їх аналізувати, систематизувати та застосовувати на практиці. Створюючи кластер, школярі навчаються виділяти головне, встановлювати логічні зв'язки між окремими поняттями та узагальнювати матеріал. Така діяльність допомагає уникнути механічного запам'ятовування інформації та забезпечує її глибше усвідомлення [5, с. 154].

Перевагою кластерів є також можливість індивідуалізації навчання. Кожен учень може створювати власну схему відповідно до рівня знань, життєвого досвіду та особливостей мислення. Це дозволяє враховувати індивідуальні освітні потреби дітей і створювати умови для успішного навчання кожного школяра. Учитель має можливість спостерігати за ходом мислення учнів та своєчасно коригувати їхню діяльність.

Особливо ефективним є використання кластерів під час

PEDAGOGY AND EDUCATION

реалізації інтегрованого навчання. У межах міжпредметних зв'язків учні можуть об'єднувати знання з різних освітніх галузей навколо однієї теми. Наприклад, під час вивчення теми «Вода» школярі поєднують відомості з природознавства, математики, української мови та мистецтва. Такий підхід сприяє формуванню цілісної картини світу та розвитку системного мислення [3, с. 19].

Суттєвим аспектом використання кластерів є розвиток мовленнєвої діяльності молодших школярів. Під час обговорення змісту схеми учні вчаться правильно формулювати думки, аргументувати власну позицію та використовувати відповідну термінологію. Це позитивно впливає на розвиток усного мовлення, збагачення словникового запасу та вдосконалення навичок комунікації.

У процесі створення кластерів активно розвивається творча уява дітей. Молодші школярі не лише відтворюють відомі факти, а й пропонують власні асоціації, встановлюють нестандартні зв'язки між поняттями та висувають нові ідеї. Завдяки цьому навчальна діяльність набуває творчого характеру, а учні отримують можливість для самовираження та реалізації власного потенціалу [7, с. 108].

Важливо зазначити, що прийом «кластер» успішно поєднується з іншими інноваційними методами навчання. Його можна використовувати разом із технологією «мозковий штурм», проектною діяльністю, інтерактивними вправами та методами розвитку критичного мислення. Комплексне застосування різних педагогічних технологій забезпечує високий рівень активності учнів та підвищує результативність освітнього процесу [4, с. 74].

Сучасні цифрові технології відкривають нові можливості для використання кластерів у початковій школі. Учителі можуть створювати інтерактивні схеми за допомогою спеціальних онлайн-сервісів, мультимедійних презентацій або електронних освітніх платформ. Це робить навчання більш наочним, динамічним та цікавим для дітей, які активно користуються цифровими засобами у повсякденному житті.

Отже, прийом «кластер» є важливим засобом організації навчально-пізнавальної діяльності молодших школярів. Його використання забезпечує візуалізацію знань, активізацію мислення, розвиток творчих здібностей та формування ключових компетентностей. Упровадження кластерів у практику початкової школи відповідає сучасним освітнім тенденціям та сприяє підвищенню якості навчання, дає дітям можливість проявити себе, висловити свою думку, а також надає простір для

PEDAGOGY AND EDUCATION

творчості. В цілому нетрадиційні методи навчання, які активно використовуються в освітньому процесі, сприяють підвищенню мотивації учнів, дарують відчуття власної волі, формують обстановку взаємовигідного співробітництва

References:

- [1] Бібік Н. М. Компетентнісний підхід у початковій освіті : теорія і практика. Київ : Літера ЛТД, 2018. 176 с.
- [2] Вашуленко М. С. Методика навчання української мови в початковій школі. Київ : Освіта, 2019. 256 с.
- [3] Державний стандарт початкової освіти. Київ : Кабінет Міністрів України, 2018. 37 с.
- [4] Пометун О. І. Сучасний урок. Інтерактивні технології навчання. Київ : А.С.К., 2018. 192 с.
- [5] Савченко О. Я. Дидактика початкової освіти. Київ : Грамота, 2020. 504 с.
- [6] Сисоева С. О. Педагогічні технології в початковій школі. Київ : Центр навчальної літератури, 2019. 220 с.
- [7] Терно С. О. Теорія розвитку критичного мислення школярів. Запоріжжя : Просвіта, 2017. 220 с.

LAW AND INTERNATIONAL LAW

Роль искусственного интеллекта в криминалистической деятельности: научно-теоретическое исследование

Абдалиев Абдоржон Абдукахорович¹

¹ докторант PhD кафедры криминалистики и судебно-экспертной деятельности;
Таджикский национальный университет; Республика Таджикистан

Аннотация. В статье исследуются современные направления использования технологий искусственного интеллекта в деятельности правоохранительных органов по раскрытию и расследованию преступлений. Рассматриваются возможности применения систем искусственного интеллекта при анализе больших массивов данных, обработке цифровой информации, выявлении закономерностей преступной деятельности, прогнозировании криминогенных рисков, поиске доказательственной информации, идентификации лиц и автоматизации отдельных следственных и криминалистических процессов. Особое внимание уделяется преимуществам внедрения искусственного интеллекта в уголовное судопроизводство, а также существующим правовым, организационным, техническим и этическим проблемам его использования. Обосновывается необходимость совершенствования нормативно-правового регулирования, разработки единых стандартов применения интеллектуальных технологий и обеспечения баланса между эффективностью расследования преступлений и соблюдением прав и свобод человека. Сделан вывод о том, что искусственный интеллект выступает перспективным инструментом повышения эффективности раскрытия и расследования преступлений при условии его научно обоснованного и правомерного применения.

Ключевые слова: искусственный интеллект, раскрытие преступлений, расследование преступлений, криминалистика, цифровые технологии, цифровые доказательства, правоохранительные органы, анализ данных, машинное обучение, уголовное судопроизводство, автоматизация расследования, правовое регулирование.

В современных условиях стремительного развития цифровых технологий вопросы применения искусственного интеллекта в сфере уголовного судопроизводства приобретают особую научную и практическую значимость. Все большее число исследователей и практических работников правоохранительных органов приходят к выводу о необходимости всестороннего изучения возможностей интеграции интеллектуальных цифровых систем в деятельность по раскрытию, расследованию и предупреждению преступлений. Актуальность данной проблематики обусловлена не только интенсивной цифровой трансформацией общественных отношений, но и существенным увеличением количества преступлений,

LAW AND INTERNATIONAL LAW

совершаемых с использованием информационно-коммуникационных технологий и в виртуальном пространстве, расследование которых требует применения принципиально новых подходов и современных технологических решений [1, с. 36].

Как отмечает Б.А. Салимов, современная практика расследования уголовных дел свидетельствует о том, что следователи и дознаватели все чаще сталкиваются с необходимостью обработки значительных объемов разнородной информации, анализа цифровых следов, установления взаимосвязей между событиями и лицами, а также проведения сложных аналитических процедур в условиях ограниченного времени [2, с. 41]. В подобных обстоятельствах использование систем искусственного интеллекта способно существенно повысить эффективность деятельности органов предварительного расследования за счет автоматизации отдельных процессуальных и криминалистических операций, ускорения поиска и анализа доказательственной информации, выявления закономерностей в массиве цифровых данных и поддержки принятия обоснованных процессуальных решений.

Внедрение технологий искусственного интеллекта в уголовное судопроизводство способствует не только повышению оперативности раскрытия и расследования преступлений, но и улучшению качества собирания, проверки, оценки и фиксации доказательств [3, с. 21]. Применение современных информационных технологий позволяет обеспечить более высокий уровень достоверности и сохранности цифровых доказательств, минимизировать вероятность технических ошибок при их обработке, а также создать дополнительные гарантии соблюдения законных прав и интересов всех участников уголовного судопроизводства. Вместе с тем использование искусственного интеллекта должно осуществляться в строгом соответствии с принципами законности, объективности, прозрачности и соблюдения прав человека, что требует дальнейшего совершенствования нормативно-правового регулирования, разработки единых методических подходов и формирования научно обоснованной концепции применения интеллектуальных технологий в деятельности правоохранительных органов.

В Республике Таджикистан вопросам цифровой трансформации государственного управления, внедрения современных информационно-коммуникационных технологий и развитию систем искусственного интеллекта на государственном уровне придается стратегическое значение. Последовательная государственная политика в данной сфере получила нормативно-правовое закрепление в ряде законодательных и программных документов,

LAW AND INTERNATIONAL LAW

определяющих приоритетные направления цифрового развития, совершенствования информационной инфраструктуры и формирования условий для широкого использования инновационных технологий в различных сферах общественной жизни.

Современный этап развития информационных технологий характеризуется стремительным совершенствованием методов обработки, анализа и передачи данных, широким внедрением интеллектуальных алгоритмов и автоматизированных систем принятия решений. Ожидается, что дальнейшее развитие искусственного интеллекта и цифровых технологий приведет к качественным изменениям в организации производственных процессов, государственного управления, научной деятельности, образования, здравоохранения, правоохранительной деятельности и других социально значимых сферах. Использование новых технологических решений будет способствовать формированию принципиально новых подходов к накоплению, обработке и использованию знаний, повышению эффективности управленческих процессов, оптимизации ресурсного обеспечения и ускорению принятия обоснованных решений в условиях постоянно возрастающего объема информации. В этой связи, в первую очередь необходимо рассмотреть само понятие искусственного интеллекта.

В научной литературе общепризнанным является мнение о том, что термин «искусственный интеллект» впервые был предложен американским ученым Джоном Маккарти – специалистом в области компьютерных наук и когнитивных исследований. Именно он ввел данное понятие в научный оборот в 1956 году в ходе конференции, состоявшейся в Дартмутском колледже (штат Нью-Гемпшир, США). В своем докладе Дж. Маккарти обозначил перспективное направление исследований, связанное с разработкой машин, способных воспроизводить отдельные интеллектуальные функции человека, а также создавать компьютерные программы, обладающие элементами интеллектуального поведения. С этого момента термин «искусственный интеллект» получил широкое распространение в научном сообществе и стал использоваться для обозначения самостоятельного направления исследований, посвященного моделированию интеллектуальной деятельности человека с применением вычислительных технологий [4, с. 36].

На современном этапе развития цифровых технологий вопрос о сущности искусственного интеллекта продолжает оставаться дискуссионным как в научной литературе, так и в правовой сфере. Несмотря на активное внедрение интеллектуальных технологий в различные области общественной жизни,

LAW AND INTERNATIONAL LAW

действующее законодательство большинства государств, включая национальные правовые системы, до настоящего времени не содержит общепризнанного и унифицированного определения понятия «искусственного интеллекта». Отсутствие нормативно закреплённой дефиниции обусловило формирование множества научных подходов к пониманию данного явления, вследствие чего каждый исследователь раскрывает его содержание, исходя из целей и предмета собственного исследования, а также особенностей соответствующей отрасли знаний [5, с. 319], [3, с. 22].

С юридической точки зрения заслуживает внимания позиция В.Н. Синельниковой и О.В. Ревинского, которые рассматривают искусственный интеллект прежде всего как результат интеллектуальной деятельности человека, воплощенный в форме компьютерной программы [6, с. 17]. По мнению указанных авторов, искусственный интеллект представляет собой программный комплекс, созданный человеком и функционирующий на основе заранее заложенных алгоритмов и команд, который способен самостоятельно обрабатывать поступающие данные, формировать новую информацию и создавать объективно выраженные результаты своей деятельности. Такой подход акцентирует внимание на правовой природе искусственного интеллекта как объекта, функционирование которого определяется человеком, несмотря на наличие у него способности к автономному выполнению отдельных интеллектуальных задач.

По мнению Д.В. Бахтеева, определяющим признаком искусственного интеллекта выступает его способность функционировать в автономном режиме, самостоятельно осуществлять обработку и анализ информации, а также обеспечивать постоянный обмен данными с окружающей средой [7, с. 44]. Именно наличие указанных характеристик позволяет рассматривать такие системы как способные к независимому выполнению поставленных задач без непосредственного участия человека.

В Стратегии развития искусственного интеллекта в Республике Таджикистан на период до 2040 года дается следующее определение искусственного интеллекта: «искусственный интеллект – это система или компьютерное оборудование, которое способна имитировать интеллектуальные и аналитические способности человека для выполнения определенных задач» [8].

Таким образом, искусственный интеллект следует рассматривать как сложную программно-вычислительную систему, функционирующую на основе специальных алгоритмов обработки

LAW AND INTERNATIONAL LAW

данных и способную адаптироваться к изменяющимся условиям внешней среды посредством анализа поступающей информации и постоянного обмена данными с окружающим информационным пространством. В отличие от традиционных компьютерных программ, искусственный интеллект обладает способностью воспроизводить отдельные элементы интеллектуальной деятельности человека, включая анализ информации, выявление закономерностей, обучение на основе накопленного опыта, принятие решений и прогнозирование возможных результатов в пределах поставленных задач. Именно способность к автономному функционированию, адаптации к изменяющимся условиям и взаимодействию с внешней средой посредством непрерывного обмена данными позволяет рассматривать искусственный интеллект как качественно новый этап развития цифровых технологий, ориентированный на моделирование отдельных аспектов человеческого мышления и интеллектуального поведения.

На основе выявления понятия искусственного интеллекта, а также определения его сущности и природы необходимо рассмотреть роль искусственного интеллекта в криминалистической деятельности, а именно в раскрытии и расследовании преступлений. Как обоснованно отмечает А.Ю. Головин, современные тенденции развития общества, обусловленные стремительным научно-техническим прогрессом и активной цифровизацией различных сфер общественной жизни, объективно требуют постоянного совершенствования криминалистической науки. В отличие от многих других юридических дисциплин именно криминалистика наиболее тесно связана с практической деятельностью правоохранительных органов, вследствие чего она должна своевременно реагировать на появление новых вызовов, учитывать достижения науки и техники и эффективно интегрировать их в процесс раскрытия, расследования и предупреждения преступлений [9, с. 27].

По мнению ученого, одной из ключевых задач современной криминалистики является разработка и внедрение инновационных научно-технических средств, методических рекомендаций и тактических приемов, способных повысить эффективность деятельности органов предварительного расследования, оперативно-розыскных подразделений, экспертно-криминалистических учреждений, а также иных субъектов, осуществляющих правоохранительные функции. Криминалистика должна не только анализировать существующую следственную практику, но и формировать новые инструменты, соответствующие современному уровню технологического развития общества.

LAW AND INTERNATIONAL LAW

В этой связи закономерным представляется вывод о том, что внедрение технологий искусственного интеллекта в деятельность по раскрытию и расследованию преступлений становится одним из наиболее перспективных направлений развития криминалистики. Использование интеллектуальных алгоритмов для анализа значительных массивов информации, выявления закономерностей, прогнозирования криминальных ситуаций, автоматизации отдельных следственных и экспертных процессов, а также информационного обеспечения деятельности правоохранительных органов позволяет существенно повысить оперативность, объективность и качество принимаемых процессуальных решений. По этой причине разработка научно обоснованных подходов к применению технологий искусственного интеллекта в уголовном судопроизводстве должна рассматриваться в качестве одной из приоритетных задач современной криминалистической науки.

Мы разделяем научную позицию А.Ю. Головин, поскольку именно криминалистика представляет собой базовую отрасль научного знания, обеспечивающую формирование и практическое применение средств, методов и рекомендаций, направленных на раскрытие и расследование преступлений. Достижения криминалистики находят свое непосредственное воплощение при производстве следственных действий, использовании криминалистической техники, тактики и современных методик исследования доказательственной информации. В этой связи искусственный интеллект следует рассматривать не как самостоятельный инструмент расследования, а как дополнительное технологическое средство, сформировавшееся в результате стремительного развития цифровых технологий и вычислительных систем. Его функциональное назначение заключается в повышении эффективности криминалистической деятельности посредством автоматизации отдельных процессов, интеллектуальной обработки значительных массивов информации, выявления закономерностей и оказания информационно-аналитической поддержки субъектам расследования. Следовательно, роль искусственного интеллекта в криминалистике носит вспомогательный характер, дополняя существующие криминалистические средства и способствуя повышению результативности деятельности по раскрытию преступлений без подмены профессиональной деятельности следователя и иных участников уголовного судопроизводства.

Развитие технологий искусственного интеллекта существенно расширяет возможности современной криминалистики, формируя качественно новые подходы к раскрытию, расследованию и предупреждению преступлений. Использование интеллектуальных

LAW AND INTERNATIONAL LAW

алгоритмов и цифровых технологий не ограничивается совершенствованием отдельных методов расследования, а свидетельствует о постепенном переходе криминалистики на новый этап научно-технологического развития. Интеграция систем искусственного интеллекта в деятельность правоохранительных органов способствует трансформации традиционных механизмов поиска, анализа и оценки криминалистически значимой информации, обеспечивая повышение эффективности и оперативности принимаемых процессуальных решений [10, с. 247].

Одним из наиболее значимых достоинств искусственного интеллекта выступает его способность в кратчайшие сроки обрабатывать и анализировать большие объемы разнородной информации, включая текстовые документы, цифровые следы, изображения, видеоматериалы и иные массивы данных, объем которых значительно превышает возможности их полноценного исследования человеком. Благодаря применению алгоритмов машинного обучения становится возможным выявление скрытых закономерностей, установление взаимосвязей между различными событиями и объектами, а также прогнозирование вероятных сценариев развития криминальной ситуации.

Не менее важной функциональной особенностью искусственного интеллекта является способность осуществлять интеллектуальный анализ текстовой информации с использованием технологий обработки естественного языка. Такие системы способны не только распознавать текстовые данные, но и интерпретировать их смысловое содержание, учитывать контекст, выявлять семантические связи, анализировать речевые конструкции и извлекать криминалистически значимую информацию из большого количества неструктурированных источников. Это существенно расширяет возможности исследования материалов уголовного дела, автоматизации анализа документов, выявления противоречий в показаниях участников уголовного судопроизводства и поиска информации, имеющей доказательственное значение.

Для оценки потенциала искусственного интеллекта в криминалистике необходимо определить основные направления его практического применения. Современные интеллектуальные технологии могут использоваться практически во всех разделах криминалистики, в том числе в криминалистической технике, тактике и судебно-экспертной деятельности.

Наиболее востребовано применение искусственного интеллекта в компьютерно-технической экспертизе, где он обеспечивает автоматизированный поиск, извлечение и анализ

LAW AND INTERNATIONAL LAW

цифровой информации, включая данные с поврежденных, зашифрованных и частично удаленных носителей. Кроме того, интеллектуальные алгоритмы позволяют исследовать документы, изображения, аудио- и видеоматериалы, а также выявлять признаки использования технологий генеративного искусственного интеллекта при создании цифрового контента.

В судебной фототехнической и видеотехнической экспертизе искусственный интеллект применяется для повышения качества изображений и видеозаписей, распознавания лиц, транспортных средств, предметов и других объектов, зафиксированных системами видеонаблюдения, что существенно повышает эффективность идентификации участников и обстоятельств преступления.

В почерковедческой и технико-криминалистической экспертизе документов алгоритмы искусственного интеллекта позволяют оперативно анализировать большие массивы документов, устанавливать исполнителя рукописного текста или подписи, выявлять подделку документов и признаки внесения изменений. Аналогичные технологии широко используются при расследовании экономических преступлений, связанных с обработкой значительных объемов финансовой информации.

В биологической экспертизе искусственный интеллект применяется для анализа клеточных структур, тканей и генетического материала, способствуя более точной идентификации личности и установлению биологического родства.

Существенное значение искусственный интеллект приобретает и в дактилоскопической экспертизе, где он обеспечивает обнаружение и сопоставление слабовидимых, частичных и поврежденных следов рук, повышая точность идентификации и эффективность экспертных исследований.

Таким образом, внедрение искусственного интеллекта существенно расширяет возможности судебной экспертизы, автоматизирует обработку сложных массивов данных, повышает объективность экспертных выводов и способствует более эффективному раскрытию и расследованию преступлений.

Судебная экспертиза как важнейший институт криминалистики основана на применении современных научных методов и технологий. В ее основе лежит использование достижений физики, химии, биологии, цифровой обработки данных и компьютерных технологий, среди которых в настоящее время особое значение приобретает искусственный интеллект [11, с. 72].

Искусственный интеллект применяется при производстве судебных экспертиз, исследовании доказательств, судебно-

LAW AND INTERNATIONAL LAW

психологических исследованиях, анализе фото- и видеоматериалов, идентификации личности, исследовании документов, следов, запаховых объектов, а также объектов баллистики и других криминалистических исследований. Его использование позволяет «автоматизировать обработку информации, повысить точность исследований и эффективность установления обстоятельств уголовного дела» [12, с. 123].

Д.В. Бахтеев выделяет ряд функциональных возможностей систем искусственного интеллекта, имеющих значительный потенциал для использования в криминалистике. Прежде всего, такие системы способны анализировать исходную информацию по уголовному делу, формировать и оценивать следственные версии, а также определять наиболее эффективные направления их проверки. На основе накопленных данных и опыта расследования аналогичных преступлений искусственный интеллект может моделировать механизм совершения преступления и реконструировать его вероятную картину [7, с. 45].

При недостаточности исходной информации технологии искусственного интеллекта позволяют прогнозировать дальнейшие действия следователя, выявлять возможный круг подозреваемых, устанавливать вероятные мотивы преступления, а также сопоставлять расследуемое событие с ранее совершенными аналогичными преступлениями. Существенные возможности искусственный интеллект демонстрирует и при исследовании документов, почерка и цифровых данных, включая выявление признаков подделки, поиск скрытых файлов и установление первоисточников информации.

Кроме того, интеллектуальные системы могут использоваться для оценки достаточности доказательственной базы, прогнозирования преступной деятельности и криминогенной обстановки, а также для стратегического планирования правоохранительной деятельности, включая выявление тенденций организованной преступности, незаконного оборота запрещенных предметов и иных криминальных процессов.

В целом следует отметить, что современные системы искусственного интеллекта обладают широким спектром функциональных возможностей, позволяющих эффективно решать задачи, связанные с обработкой, анализом и интерпретацией информации различного характера. К числу наиболее значимых функций относятся интеллектуальный анализ документов, обработка больших массивов данных, автоматизированное видеонаблюдение, распознавание и анализ речи, исследование ДНК и иных генетических материалов, обеспечение кибербезопасности, а также выполнение ряда других

LAW AND INTERNATIONAL LAW

аналитических и прогностических операций [13, с. 840]. Указанные возможности существенно расширяют потенциал криминалистической деятельности, поскольку способствуют повышению эффективности выявления, фиксации, исследования и оценки доказательственной информации. Их применение позволяет оптимизировать процессы раскрытия, расследования и предупреждения преступлений, повысить качество принимаемых процессуальных решений, а также обеспечить более высокий уровень объективности и оперативности при расследовании уголовных дел.

Важной особенностью применения искусственного интеллекта в криминалистике является использование интеллектуальных систем, предназначенных для поддержки деятельности правоохранительных органов. Их применение способствует более быстрому и точному восстановлению обстоятельств преступления, выявлению противоправных деяний и их своевременному пресечению [14, с. 44].

Наряду с этим технологии искусственного интеллекта служат эффективным инструментом повышения профессиональной подготовки сотрудников. Они позволяют совершенствовать процессы обучения, автоматизировать работу с документами, моделировать ход расследования, формировать наиболее вероятные следственные версии и тем самым повышать результативность правоохранительной деятельности. Р.С. Белкин отмечал, что «обычный следователь, не обладающий большим профессиональным опытом, в условиях дефицита времени и напряжённой обстановки не способен воспроизвести в памяти десятки страниц «книжной методики» в качестве оперативного руководства к действиям» [11, с. 127–128]. В действительности в практике расследования преступлений существует множество задач, требующих от следователя или криминалиста обработки и заполнения большого объема информации. Выполнение подобных задач требует значительных временных затрат и больших трудовых ресурсов. Именно в таких случаях использование искусственного интеллекта для обеспечения и оптимизации процесса расследования приобретает особую значимость. Как справедливо отмечает Д.В. Бахтеев, несмотря на то что искусственный интеллект по своей природе не является алгоритмической системой в классическом понимании (в силу отсутствия заранее заданной последовательности действий), он способен выступать важным помощником следователя [7, с. 45].

Искусственные нейронные сети становятся важным инструментом криминалистики, позволяя анализировать большие массивы данных, формировать вероятные следственные версии,

LAW AND INTERNATIONAL LAW

моделировать обстоятельства преступления, распознавать изображения, а также выявлять скрытую преступную информацию, включая данные, замаскированные с применением стеганографии и иных способов сокрытия. Благодаря этим возможностям технологии искусственного интеллекта существенно повышают эффективность расследования преступлений.

Вместе с тем в современной научной литературе преобладает позиция, согласно которой системы искусственного интеллекта в криминалистике и судебной экспертизе следует рассматривать не как самостоятельных субъектов экспертной деятельности, а как технические средства, обеспечивающие поддержку специалистов. Вопрос об их правовом статусе и пределах самостоятельности остается предметом научной дискуссии.

И.А. Филипова отмечает, что «в настоящее время искусственный интеллект рассматривается правом как объект» [15, с. 73]. Одновременно ученый отмечает: «Является ли искусственный интеллект по-прежнему объектом права или же, с учетом уровня его развития и современного положения, его уже следует признать субъектом права, поскольку фактически он уже становится участником общественных отношений?» [15, с. 74].

Другие ученые отмечают, что искусственный интеллект непосредственно участвует в реализации правовых актов, однако сам по себе не является субъектом права, что вызывает многочисленные научные дискуссии [16, с. 39]. Те, кто отвергает признание искусственного интеллекта субъектом права, указывают, что достаточно признать его особым видом имущества [17, с. 162].

«Нельзя однозначно утверждать, что искусственный интеллект является более или менее объективным, поскольку он не является субъектом и не обладает субъективными качествами или состояниями» [18, с. 42]. Использование технологий нейронных сетей в системах управления должно соответствовать ряду требований и учитывать определённые перспективы их развития, в том числе связанные с проблемами интерпретируемости, верификации, обучения на ограниченных объёмах данных, а также обеспечения устойчивости и безопасности. Искусственный интеллект, в свою очередь, преимущественно рассматривается как инструмент, а не как полноправный участник. Кроме того, другая группа ученых, исследуя процессы развития искусственного интеллекта, закономерности его эволюции и потенциальное влияние на человека, приходит к выводу, что искусственный интеллект и связанные с ним новые технологии всегда будут оставаться лишь инструментом [19, с. 13].

LAW AND INTERNATIONAL LAW

Разделяя научные подходы, изложенные выше, считаем обоснованной позицию, согласно которой искусственный интеллект не может рассматриваться в качестве самостоятельного и полноценного субъекта криминалистической деятельности. Несмотря на высокий уровень развития интеллектуальных технологий и их способность выполнять сложные аналитические операции, искусственный интеллект не обладает юридической самостоятельностью, профессиональным усмотрением и процессуальной ответственностью, которые являются обязательными элементами деятельности следователя, дознавателя, эксперта или криминалиста. По этой причине его роль следует определять как вспомогательную, а сам искусственный интеллект, как современный технологический инструмент, предназначенный для информационной, аналитической и организационной поддержки субъектов расследования преступлений.

Вместе с тем использование технологий искусственного интеллекта требует критического подхода к оценке получаемых результатов. Алгоритмы машинного обучения способны анализировать значительные объемы разнородной информации, выявлять скрытые закономерности и формировать вероятностные выводы, однако качество таких выводов непосредственно зависит от полноты, достоверности и репрезентативности исходных данных, а также особенностей применяемых моделей. Ошибки при обработке информации, недостатки обучающих выборок, алгоритмическая предвзятость и отсутствие прозрачности отдельных моделей способны негативно повлиять на итоговые результаты. В этой связи сведения, сформированные с использованием искусственного интеллекта, не должны восприниматься как безусловно достоверные доказательства или окончательные выводы по уголовному делу.

По нашему мнению, результаты, полученные посредством искусственного интеллекта, должны рассматриваться исключительно в качестве вспомогательной информации, требующей обязательной проверки традиционными криминалистическими средствами и процессуальными методами. Окончательная оценка таких данных должна осуществляться следователем либо криминалистом на основе внутреннего убеждения, сформированного после всестороннего, полного и объективного исследования всех обстоятельств уголовного дела. Если выводы искусственного интеллекта используются при производстве судебных экспертиз, эксперт обязан самостоятельно проверить их научную обоснованность, сопоставить с результатами собственного исследования и лишь

LAW AND INTERNATIONAL LAW

после этого отражать соответствующие выводы в экспертном заключении, принимая на себя полную профессиональную ответственность за их достоверность.

Не менее важным условием является соблюдение при использовании искусственного интеллекта требований законодательства, принципов профессиональной этики и общепризнанных стандартов защиты прав и свобод человека. Применение подобных технологий не должно приводить к нарушению права на неприкосновенность частной жизни, презумпции невиновности, процессуальных гарантий участников уголовного судопроизводства, а также создавать предпосылки для дискриминации или принятия необоснованных процессуальных решений исключительно на основании алгоритмических рекомендаций. Именно поэтому внедрение искусственного интеллекта в практику расследования преступлений должно сопровождаться эффективными механизмами правового регулирования, прозрачности алгоритмов, контроля за их функционированием и обязательного участия человека в принятии юридически значимых решений. Следует отметить, что обозначенные проблемы охватывают значительно более широкий круг научных и практических вопросов, самостоятельное исследование которых выходит за пределы настоящей работы.

Таким образом, искусственный интеллект следует рассматривать не как замену профессиональной деятельности следователя или криминалиста, а как высокотехнологичный инструмент, расширяющий их аналитические возможности и способствующий повышению эффективности раскрытия и расследования преступлений. При условии соблюдения правовых, организационных и этических требований его применение способно существенно ускорить обработку информации, повысить качество криминалистического анализа, оптимизировать процесс принятия процессуальных решений и обеспечить более рациональное использование сил и средств правоохранительных органов. Вместе с тем ключевая роль в оценке доказательств, принятии процессуальных решений и определении направления расследования неизменно должна принадлежать человеку, поскольку именно он несет юридическую ответственность за законность и обоснованность принимаемых решений.

Ю.П. Гармаев высказывает весьма обоснованную позицию, согласно которой: «Криминалистика должна развиваться не только как наука, но и как совокупность интересных, доступных, практически применимых рекомендаций, а также соответствующих дидактических средств. В противном случае она утрачивает свою практическую ценность и не будет востребована основной и

LAW AND INTERNATIONAL LAW

наиболее требовательной аудиторией, такими как следователями. Предлагаемые частные и общие инновационные подходы и методы, после их обсуждения и всесторонней проработки в научном сообществе, способны существенно повысить качество профессиональной подготовки следователей и других юристов, а также обеспечить более эффективную борьбу с опасными проявлениями преступной деятельности» [20, с. 208].

Искусственный интеллект в настоящее время приобретает особую значимость именно в криминалистике. В данной сфере широко применяются технические средства, оснащённые автоматизированными программными комплексами. В связи с этим криминалистика становится одной из отраслей науки, в которой всё активнее используются технологии искусственных нейронных сетей. Одной из ключевых задач, возлагаемых на системы, основанные на искусственном интеллекте, является идентификация. Их применение способствует ускорению процессов раскрытия и расследования преступлений, в том числе повышает эффективность обнаружения и отслеживания следов преступления [21, с. 351].

Современный этап развития криминалистики характеризуется широким использованием цифровых технологий, направленных на раскрытие и расследование преступлений. Одним из наиболее перспективных направлений является применение искусственного интеллекта, который открывает новые возможности для анализа, интерпретации и криминалистического моделирования значимой информации. Искусственный интеллект уже выходит за рамки вспомогательного технического средства, приобретая свойства специализированного инструмента, способного эффективно участвовать в раскрытии преступлений наряду с экспертами, специалистами и другими участниками уголовного судопроизводства [22, с. 92].

В целом представляется обоснованным утверждать, что внедрение систем, основанных на технологиях искусственного интеллекта, оказывает существенное влияние на повышение эффективности и результативности профессиональной деятельности, в том числе в сфере криминалистики. Современные условия характеризуются стремительным увеличением объёма информации, поступающей из самых различных источников, включая информационно-телекоммуникационную сеть Интернет, ведомственные базы данных, цифровые носители и иные информационные ресурсы. В подобных условиях возможности человека по оперативному поиску, обработке, систематизации и всестороннему анализу таких массивов данных объективно ограничены как временными, так и интеллектуальными ресурсами.

LAW AND INTERNATIONAL LAW

При раскрытии и расследовании преступлений следователь и криминалист традиционно используют комплекс криминалистических средств, методов и тактических приёмов, а также результаты судебных экспертиз. Вместе с тем применение искусственного интеллекта позволяет существенно расширить возможности указанных субъектов за счёт автоматизированной обработки значительных объёмов информации, выявления скрытых закономерностей, сопоставления сведений, содержащихся в различных источниках, проверки следственных версий и обнаружения фактов, которые при традиционном анализе могли бы остаться незамеченными. При этом искусственный интеллект не заменяет профессиональную деятельность следователя или эксперта, а выступает эффективным вспомогательным инструментом, обеспечивающим более качественную аналитическую поддержку процесса расследования. Именно такая вспомогательная функция, по нашему мнению, является одной из наиболее характерных особенностей применения искусственного интеллекта в криминалистической деятельности.

Не менее значимой особенностью интеллектуальных систем является их способность адаптироваться к различным направлениям профессиональной деятельности и обеспечивать высокую точность обработки информации. Известно, что результаты деятельности человека нередко зависят от субъективных факторов, включая уровень профессиональной подготовки, накопленный опыт, психологическое состояние, степень утомления и иные обстоятельства, которые способны негативно повлиять на качество принимаемых решений. Алгоритмы искусственного интеллекта, функционирующие на основе заранее заданных моделей и методов машинного обучения, позволяют существенно минимизировать влияние подобных факторов, обеспечивая единообразие и последовательность анализа данных. Вместе с тем следует учитывать, что достоверность получаемых результатов напрямую зависит от качества исходной информации, корректности используемых алгоритмов и надлежащего контроля со стороны специалиста.

Практика расследования преступлений свидетельствует, что получение необходимой информации нередко связано со значительными временными затратами, необходимостью обработки разрозненных сведений и поиском наиболее эффективных способов их извлечения. Использование технологий искусственного интеллекта позволяет значительно ускорить данный процесс посредством автоматизированного поиска релевантной информации, её классификации, структурирования и оперативного представления пользователю. Это способствует более быстрому

LAW AND INTERNATIONAL LAW

принятию процессуальных и тактических решений, повышению качества расследования и рациональному использованию времени сотрудников правоохранительных органов и специалистов-криминалистов при выполнении ими своих профессиональных обязанностей.

References:

- [1] Мосечкин И.Н. Искусственный интеллект в уголовном праве: перспективы совершенствования охраны и регулирования: монография. – Киров: «Вятский государственный университет», 2020. – 111 с.
- [2] Салимов Б.А. Тактические особенности обнаружения и фиксации доказательственной электронно-цифровой информации: дис. ... канд. юрид. наук. – Душанбе, 2024. – 182 с.
- [3] Абдурагимова Т.И. Применение инновационных технологий (искусственного интеллекта) сотрудниками правоохранительных органов в раскрытии и расследований преступлений: перспективы и трудности // Вестник Московского университета МВД России. – 2023. – № 5. – С. 21–23.
- [4] Палиева О.Н., Семенцова И.А. Использование искусственного интеллекта и информационных технологий в ходе расследования уголовных дел // Вестник Московского университета имени С.Ю. Витте. Серия 2. Юридические науки. – 2021. – № 2 (28). – С. 35–41.
- [5] Караева А.А. Перспективы использования искусственного интеллекта в российском уголовном судопроизводстве сквозь призму зарубежного опыта // Право и государство: теория и практика. – 2023. – № 6(222). – С. 318–321.
- [6] Синельникова В.Н., Ревинский О.В. Права на результаты искусственного интеллекта // Международное право. – 2017. – № 4. – С. 17–27.
- [7] Бахтеев Д.В. Искусственный интеллект в криминалистике: состояние и перспективы // Российское право: образование, практика, наука. – 2018. – № 2 (104). – С. 43–49.
- [8] Стратегия развития искусственного интеллекта в Республике Таджикистан на период до 2040, утвержденная постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 сентября 2022 года, №483 // [Электронный ресурс]. Централизованный информационно-правовой банк данных Республики Таджикистан «Адлия». Версия 7.0. Режим доступа: http://www.adlia.tj/show_doc.fwx?rgn=32762 (дата обращения: 06.03.2026).
- [9] Головин А.Ю. Технологии искусственного интеллекта в криминалистике: задачи, которые необходимо решить // Сибирские уголовно-процессуальные и криминалистические чтения. – 2024. – № 2. – С. 25–33.
- [10] Тюнис И.О., Анисимова А.М. Искусственный интеллект и цифровые технологии в криминалистике // Закон и право. – 2025. – № 3. – С. 246–251.
- [11] Белкин Р.С. Криминалистика: проблемы сегодняшнего дня. Злободневные вопросы российской криминалистики. – М.: «Инфра-М», 2001. – 240 с.
- [12] Себякин А.Г. Искусственный интеллект в криминалистике: система поддержки принятия решений // Исследовательский журнал Байкала. – 2019. – Т. 10. – № 4. – С. 120–132.
- [13] Скрыпникова А.В. Применение искусственного интеллекта в

LAW AND INTERNATIONAL LAW

- криминалистике, возможности и перспективы // Криминалистика наука без границ: традиции и новации: материалы международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург: «Санкт-Петербургский университет МВД РФ», 2024. – С. 838-849.
- [14] Михеева С.Н., Литвин И.И. Правовая природа категории «искусственный интеллект»: монография. – Екатеринбург: «Уральский юрид. ин-т МВД России», 2022. – 90 с.
- [15] Филипова И.А. Правовое регулирование искусственного интеллекта: учебное пособие, 3-е издание, обновленное и дополненное – Нижний Новгород: «Нижегородский госуниверситет», 2025. – 321 с.
- [16] Грибанов Д.В., Белканов Е.А. De servitus nova (О проблеме законодательного регулирования субъектности искусственного интеллекта) // Вестник Университета имени О.Е. Кутафина (МГЮА). – 2024. – № 10. – С. 37-43.
- [17] Архипов В.В., Наумов В.В. О некоторых вопросах теоретических оснований развития законодательства о робототехнике: аспекты воли и правосубъектности // Закон. – 2017. – № 5. – С. 157-170.
- [18] Зубковская А.А. Искусственный интеллект и научная объективность // Философские проблемы научно-технического развития. – 2024. – №2. – С. 42-49.
- [19] Гринин Л.Е., Гринин А.Л., Гринин И.Л. Искусственный интеллект: развитие и тревоги. Взгляд в будущее. Статья вторая. Искусственный интеллект: terra incognita или управляемая сила? // Философия и общество. – 2023. – № 4. – С. 5-32.
- [20] Гармаев Ю.П. Цифровизация и инновационные подходы в обучении следователей криминалистике // Материалы Международной научно-практической конференции «Искусственный интеллект и большие данные (big data) в судебной и правоохранительной системе: реалии и требование времени». – Астана, 2023. – С. 203-211.
- [21] Чекотов И.П. Технология искусственного интеллекта как источник спецзнаний // Вестник Института права Башкирского государственного университета. – 2025. – № 4. – С. 349-360.
- [22] Братко А. Г. Искусственный разум, правовая система и функции государства: монография. – М.: «Инфра-М», 2021. – 282 с.

CHEMISTRY AND MATERIALS SCIENCE

Application of Cobalt-modified Zeolite Catalysts in the Isomerization Reaction of n-hexane

Mirzaliyeva Sakina Eylaz¹

¹ Associate Professor at the Department of Physical and Colloid Chemistry;
Baku State University; Republic of Azerbaijan

Isomerization of light paraffins is one of the important catalytic processes for obtaining gasoline components with high octane numbers in the oil refining and petrochemical industries. In modern times, the tightening of environmental requirements, the restriction of the use of aromatic hydrocarbons and oxygenated additives have further increased the importance of isomerization processes. The branched isomers obtained as a result of the isomerization of n-hexane – 2-methylpentane, 3-methylpentane, 2,2-dimethylbutane and 2,3-dimethylbutane – are widely used in modern gasoline production, as they have high octane numbers.

The efficiency of the isomerization process depends on the acidity properties of the catalyst, the pore structure, the activity of the metal component and the process parameters. In recent years, the high cost and limited resources of noble metals (Pt, Pd) have led researchers to develop new catalytic systems based on alternative transition metals. In this regard, cobalt-modified zeolite catalysts are of great interest in terms of high activity, thermal stability and economic efficiency.

Isomerization is the conversion of straight-chain paraffins into branched isomers as a result of a change in the carbon skeleton. During the reaction, the elemental composition of the molecule does not change, only the sequence of carbon atoms changes. This property allows the octane number of the fuel to increase significantly without reducing its energy value.

While n-hexane has a low octane number (about 25), its isomers, 2-methylpentane and 3-methylpentane, have octane

CHEMISTRY AND MATERIALS SCIENCE

numbers of 70–75, and dimethylbutane isomers have octane numbers of over 90. Therefore, the isomerization of n-hexane is considered a process of strategic importance in modern oil refining.

The isomerization reaction is mainly carried out on bifunctional catalysts. Such catalysts perform two main functions:

- metal centers provide the hydrogenation-dehydrogenation stage;
- acid centers cause the restructuring of the carbon skeleton.

Zeolites are crystalline aluminosilicate materials with a high specific surface area, a regular pore system, and strong Brønsted and Lewis acid centers. These properties make them one of the most promising carriers for isomerization processes.

Properties of cobalt-modified zeolite catalysts

Cobalt is a widespread, relatively inexpensive, and highly catalytically active element among transition metals. Cobalt particles deposited on the surface or pores of the zeolite enhance the hydrogenation function of the catalyst.

Cobalt can be incorporated into zeolites by various methods:

- ion exchange;
- impregnation;
- hydrothermal synthesis;
- precipitation.

Cobalt-modified zeolite catalysts are considered promising catalytic systems for the isomerization of n-hexane. As a result of the synergistic effect of the hydrogenation-dehydrogenation function of cobalt with the strong acid centers of the zeolite, high conversion rates and high selectivity to branched isomers are achieved. The lower cost of cobalt compared to noble metals also makes these catalysts economically attractive. Future studies aimed at optimizing the composition and pore structure of the catalyst will allow the development of more efficient and environmentally friendly technologies for the production of high-octane gasoline components.

INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

Factors Influencing the User Experience of Modern Digital Products

Skyba Vasyl¹, Zorenko Yaroslav², Zorenko Oksana³

¹ PhD in technics, associate professor;
*Publishing and Printing Institute, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky
Kyiv Polytechnic Institute»; Ukraine*

² PhD in technics, associate professor;
*Publishing and Printing Institute, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky
Kyiv Polytechnic Institute»; Ukraine*

³ PhD in technics, associate professor;
*Publishing and Printing Institute, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky
Kyiv Polytechnic Institute»; Ukraine*

Over the past decades, digital products have become an integral part of society's life. Interaction with digital products, such as websites, mobile applications, or web services, is constantly evolving and adapting to user demands, the level of technological development, and modern trends [1]. For a digital product to be successful, it must meet a number of requirements: achieve the goals of the owners of such products, satisfy user needs, correspond to the level of technical development of the market, and possess the necessary functional provision [2].

The first thing users encounter when initiating interaction with a digital product is its visual component, namely the user interface or UI design. It is not limited merely to visual elements, such as color and typography schemes, icons, and illustrations, but directly organizes the logic of user interaction with the product. It is this organic combination of visual and interactive components that creates the holistic image of a digital product, capable of either attracting or instantly repelling further interaction. Therefore, one of the critically important tasks of the visual component is to capture users' attention from the very first seconds through a convenient, modern, and distinctive design [3].

Following the initial visual assessment, the next stage begins – direct interaction and the execution of actions

INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

intended to ensure the achievement of the user's goals and the satisfaction of their needs. The overall effectiveness of a digital product directly depends on how easy and comprehensible the interaction is for the audience. Accordingly, the key objective of UX design is to provide users with the simplest and most intuitive process for solving their tasks utilizing the functional capabilities of the website. Unfortunately, complex or incomprehensible interaction remains one of the most prevalent issues with modern digital resources. Such an approach forms a persistent negative experience, irritation, and antipathy among users. Concurrently, for the owners of digital products, these design errors directly convert into negative reviews and the non-fulfillment of set business objectives [4].

For a deeper understanding of the interaction environment, it is advisable to systematize digital products according to the following characteristics: purpose, specialization, type of structure, functionality, target audience, content type, interaction type, and type of technical implementation. Depending on the type of digital product, its specifics, and its purpose, particular influencing factors can be implemented in more or less detail. Globally, the user experience during interaction with digital products is influenced by nine key groups of factors [1-5]:

- knowledge about users (demographics, psychology, behavioral models, etc.);
- design metrics (trends, UX practices);
- technological aspects (speed, compatibility);
- functional and structural features (information architecture);
- quality metrics;
- product development metrics (integrations, frontend, and backend technologies);
- business metrics (content strategy, business objectives of the product);
- legislative metrics (accessibility standards, privacy);
- managerial metrics (resources, performers' experience, etc.).

For a more systematic perspective on the situation, the factors influencing user experience during interaction with digital products were formulated and ranked. These factors were grouped into six main directions, namely:

- usability: encompasses obstacles such as a non-intuitive interface, poor visual hierarchy, confusing

INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

navigation, and inefficient menus. This also includes typography issues (inappropriately selected fonts, poor readability) and the absence of tooltips or user support functions;

- user engagement (interaction): captures the loss of interest due to the application of a one-size-fits-all approach without considering user preferences and personalization. Insights here include the negative impact of a lack of social proof (reviews, testimonials), convoluted feedback mechanisms, as well as the use of static and unappealing layouts lacking interactive components;

- accessibility: details accessibility barriers, which include insufficient contrast or inappropriate color combinations, complex graphics without descriptions, and the absence of text alternatives for visual content. Additionally highlighted are issues with complex forms, non-functional keyboard shortcuts, and a lack of keyboard navigation;

- performance: reflects technical issues that ruin the experience: slow webpage loading times, unoptimized code, large file sizes, and lengthy server response times. Separately emphasized is the detriment caused by non-responsive design and poor-quality mobile optimization;

- content quality: indicates user attrition due to ineffective copywriting, spelling and punctuation errors, outdated information, and a lack of continuous updating. Equally critical is the misalignment with user needs, the presence of false statements, and unreliable statistics;

- security and trust: accumulates risk factors such as an obscure privacy policy, the absence of SSL certificates, and insufficient data encryption. Trust is also undermined by excessive advertising, spam, deceptive elements, and suspicious informational content.

The practical application of the identified factors allows for the rationalization of the design process for digital solutions. Concentrating efforts on user-priority needs serves as a guarantee for the overall success of the project. Taking these factors into account at the design stage qualitatively transforms the interaction with a digital product and ensures a positive dynamic in the basic criteria of its quality.

References:

- [1] International Organization for Standardization. (2019). ISO 27500:2019 - Ergonomics of human-system interaction Part 210: Human-

INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

- centred design for interactive systems.
- [2] Liedtka J. Why Design Thinking Works / J. Liedtka // Harvard Business Review. 2018.
 - [3] Tidwell J. Designing Interfaces: Patterns for Effective Interaction Design (3rd ed.) / J. Tidwell, C. Brewer, A. Valencia. O'Reilly Media. 2019.
 - [4] Kaley A. Lean UX & Agile: Study Guide / A. Kaley. Nielsen Norman Group. 2023.
 - [5] Web Accessibility Initiative (WAI). Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1 / W3C. 2018.

INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

Mobile–WebGIS Applications for Community-based Urban Solid Waste Management: a Mini Review

Tu Thanh Tri¹, Duong Thi Thuy Nga²

¹ Ho Chi Minh City University of Natural Resources and Environment; Vietnam

² Ho Chi Minh City University of Natural Resources and Environment; Vietnam

Abstract. The rapid growth of urban populations has significantly increased municipal solid waste (MSW) generation, posing substantial challenges to environmental sustainability and public health. Conventional waste management systems often rely on manual reporting and fragmented information, limiting the efficiency of waste monitoring, collection, and decision-making processes. In recent years, the integration of Mobile Geographic Information Systems (Mobile GIS) and Web Geographic Information Systems (WebGIS) has emerged as a promising digital solution for enhancing community-based urban solid waste management. These technologies enable real-time spatial data collection, interactive visualization, citizen participation, and efficient communication between residents and municipal authorities. This mini-review summarizes recent advances in Mobile-WebGIS applications for community-based urban solid waste management, with particular emphasis on citizen reporting, spatial monitoring, waste collection optimization, and decision support. Furthermore, the advantages, current challenges, and future development trends of Mobile-WebGIS technologies are critically discussed, including system interoperability, data quality, user engagement, and the integration of emerging technologies such as the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), and cloud computing. Finally, a conceptual framework is proposed to illustrate the role of Mobile-WebGIS in supporting sustainable, participatory, and data-driven urban waste management. This review provides useful insights for researchers, software developers, and policymakers interested in developing next-generation smart waste management systems.

Keywords: Mobile GIS, WebGIS, Urban solid waste management, Community participation, Smart city, Geographic information systems.

1. Introduction

Municipal solid waste (MSW) generation has increased rapidly due to urbanization, population growth, and changing consumption patterns, creating significant environmental and public health challenges worldwide. In many cities, conventional waste management systems still rely on manual inspection, periodic surveys, and fragmented databases, resulting in delayed information updates, inefficient waste

INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

collection, and limited communication between citizens and municipal authorities. Therefore, adopting digital technologies has become an essential strategy for improving the efficiency and sustainability of urban solid waste management [1].

Geographic Information Systems (GIS) have been widely employed to support spatial analysis, environmental monitoring, and decision-making in waste management. With the rapid development of mobile devices, cloud computing, and wireless communication, GIS has evolved into Mobile Geographic Information Systems (Mobile GIS) and Web Geographic Information Systems (WebGIS) [2]. Mobile GIS enables users to collect georeferenced information directly in the field using smartphones equipped with Global Positioning System (GPS), cameras, and internet connectivity, whereas WebGIS facilitates real-time visualization, management, and sharing of spatial information through web-based platforms. The integration of these technologies provides an efficient framework for monitoring waste generation, optimizing collection routes, and supporting data-driven decision-making.

In recent years, community participation has become an increasingly important component of sustainable waste management. Mobile applications integrated with Mobile-WebGIS allow citizens to report illegal dumping, overflowing waste bins, and other environmental issues by submitting location-based information and photographs in real time. Such community-based approaches improve environmental awareness, enhance communication between residents and local authorities, and enable more responsive waste management services [3]. Consequently, Mobile-WebGIS has become one of the keys enabling technologies for developing smart and sustainable cities. Although numerous studies have reported the application of Mobile GIS, WebGIS, and smart technologies in urban waste management, most focus on specific case studies or individual technological components. A concise review emphasizing the integration of Mobile-WebGIS with community participation for sustainable urban solid waste management remains limited. Therefore, this mini-review summarizes recent advances in Mobile-WebGIS applications for community-based urban solid waste management. It discusses the evolution of Mobile-WebGIS technologies, their major applications, current challenges, and future research directions. In addition, a conceptual framework is proposed to illustrate

INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

the role of Mobile-WebGIS in supporting sustainable, participatory, and intelligent urban waste management.

2. Mobile-WebGIS Technologies for Urban Solid Waste Management

The rapid advancement of digital technologies has transformed conventional GIS into more flexible and intelligent platforms for environmental management. In recent years, Mobile GIS and WebGIS have become increasingly important in municipal solid waste management by enabling real-time acquisition, visualization, and sharing of spatial information. A recent systematic review covering 473 studies published between 2000 and 2024 identified GIS as one of the core technologies supporting landfill site selection, waste collection optimization, transfer station planning, and integrated waste management (**Fig. 1**). The review also highlighted a growing trend toward combining GIS with real-time data, AI, and cloud-based platforms to improve decision-making and operational efficiency [4].

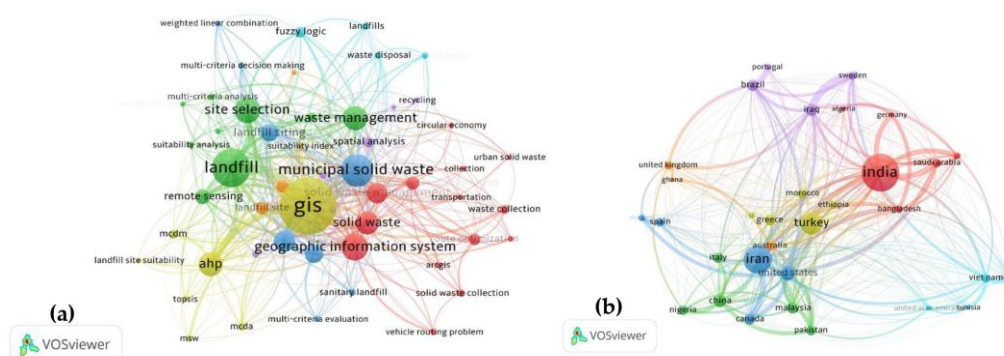


Figure 1
Global research landscape of GIS-based municipal solid waste management,
showing the most frequently occurring keywords and the geographical
distribution of published studies [4]

Unlike conventional desktop GIS, Mobile GIS enables field personnel to collect and update georeferenced information directly using smartphones equipped with GPS, cameras, and wireless communication. These capabilities allow waste collection activities, illegal dumping sites, overflowing waste bins, and other environmental incidents to be recorded immediately in the field with high spatial accuracy. Meanwhile, WebGIS provides a centralized platform for storing, managing, analyzing, and visualizing these data through interactive digital maps and web dashboards [5]. By

INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

integrating spatial databases, web services, and cloud infrastructure, WebGIS allows municipal authorities to monitor waste management activities in real time and supports evidence-based planning through spatial analysis and decision-support tools. Recent studies have demonstrated that WebGIS platforms have evolved beyond simple map visualization tools into integrated decision-support systems for municipal solid waste management. By consolidating spatial information on waste collection vehicles, recycling infrastructure, commercial waste generators, and other environmental assets within a unified web-based environment, these platforms enable authorities to monitor field operations, evaluate infrastructure distribution, and support evidence-based planning. Furthermore, WebGIS facilitates collaborative data sharing among multiple stakeholders, thereby improving operational transparency and management efficiency (**Fig. 2**).



Figure 2

WebGIS applications for visualizing waste collection infrastructure and recycling facilities in the Kadikoy case study (adapted from Karademir and Acimert [5])

The integration of Mobile GIS and WebGIS has further expanded the capabilities of urban waste management by connecting field operations with centralized administrative systems. Information collected through mobile devices can be synchronized instantly with WebGIS servers, allowing managers to track collection progress, identify waste accumulation hotspots, evaluate service performance, and optimize collection routes using up-to-date spatial information. Compared with conventional reporting approaches, this integrated framework substantially reduces reporting delays, minimizes manual data entry errors, and improves operational transparency. Recent studies have demonstrated that integrating GIS with agent-based simulation and route optimization models can substantially improve municipal solid waste management. In Hung Yen City, the optimized collection

INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

system reduced waste residue by 59% and achieved a collection rate exceeding 80%, highlighting the effectiveness of GIS-based decision-support systems [6] (**Fig.3**).

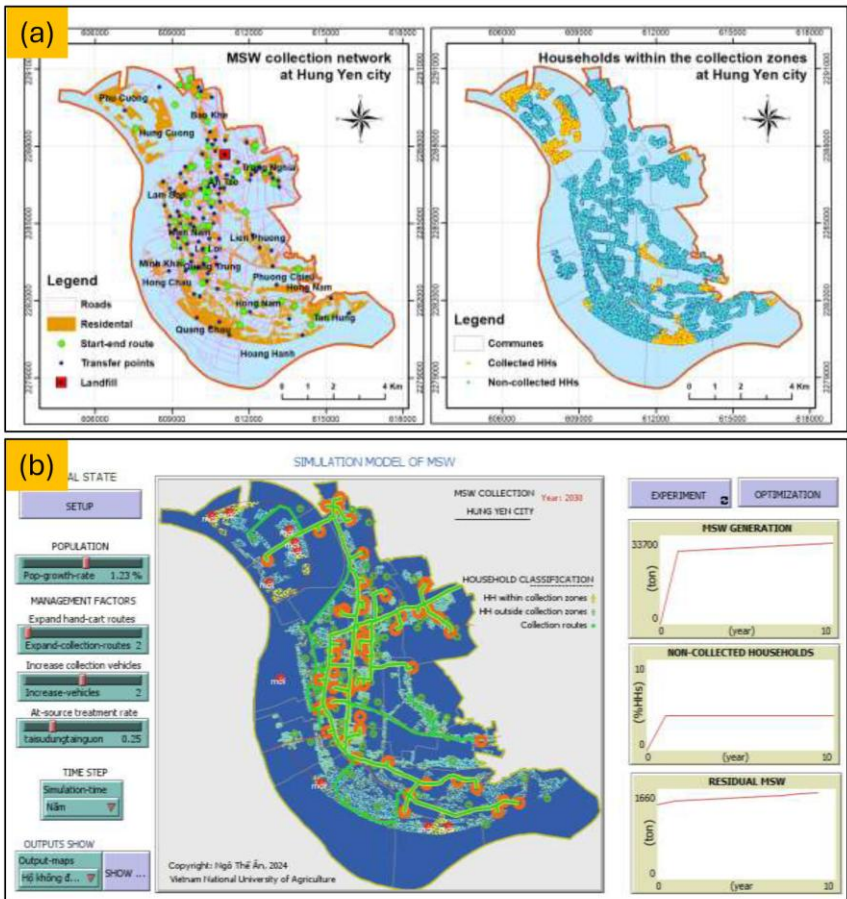


Figure 3
GIS-based municipal solid waste collection network and its optimization using an integrated agent-based simulation framework. (a) Existing waste collection network showing the current service coverage and collection routes. (b) Optimized collection network generated through GIS-integrated agent-based modeling, illustrating improved routing and expanded service coverage under the proposed management scenario.
Adapted from An et al. [6]

An equally important development is the growing emphasis on community participation in smart waste management. Rather than relying exclusively on municipal staff, many recent Mobile-WebGIS platforms allow citizens to actively contribute to environmental monitoring by reporting illegal dumping, overflowing bins, or uncollected waste using geotagged photographs and GPS-enabled mobile applications. These

INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

reports are automatically integrated into WebGIS platforms, where responsible agencies can verify incidents, prioritize responses, and provide feedback to users. A Web-GIS framework proposed for sustainable waste governance further demonstrates that participatory platforms improve communication between stakeholders and promote transparency by allowing both authorities and communities to contribute to and access spatial information [5]. Such participatory approaches are increasingly recognized as essential components of sustainable waste governance and smart city development.

Overall, recent research indicates that Mobile-WebGIS has evolved beyond a conventional mapping technology into an integrated decision-support platform that combines real-time spatial information, collaborative communication, and intelligent management. With the continued incorporation of emerging technologies such as IoT, cloud computing, artificial intelligence, and geospatial big data, Mobile-WebGIS is expected to become a key technological foundation for developing more efficient, transparent, and citizen-centered urban solid waste management systems.

3. Applications of Mobile-WebGIS in Community-Based Waste Management

Recent advances in Mobile-WebGIS technologies have significantly expanded their applications in community-based urban solid waste management. Beyond serving as mapping and visualization tools, modern Mobile-WebGIS platforms have evolved into integrated management systems that support citizen participation, operational monitoring, route optimization, and evidence-based decision-making. Table 1 summarizes the major application domains of Mobile-WebGIS reported in recent studies.

One of the most widely adopted applications is citizen-based environmental reporting. Mobile applications equipped with GPS and cameras enable residents to report illegal dumping, overflowing waste bins, litter accumulation, and other environmental problems by submitting geotagged photographs directly to municipal authorities. Compared with conventional complaint mechanisms such as telephone hotlines or paper-based reporting, Mobile-WebGIS provides faster information exchange and substantially improves the spatial accuracy of reported incidents. Studies conducted in Türkiye, Indonesia, and India demonstrated that integrating community-generated reports into WebGIS platforms enables authorities

INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

to identify waste hotspots more efficiently while promoting greater public engagement in environmental governance. The availability of real-time location information also reduces the time required for field verification and accelerates response to environmental incidents. These findings indicate that Mobile-WebGIS has shifted community participation from passive feedback to active environmental monitoring, making citizens important contributors to urban waste governance.

Another important application is real-time monitoring of waste collection activities. Mobile GIS allows field workers to record collection progress, update waste quantities, and document operational conditions directly through smartphones. The collected information is automatically synchronized with WebGIS dashboards, allowing managers to supervise collection activities without relying on delayed manual reports. Several studies have shown that integrating Mobile GIS with cloud-based WebGIS platforms improves operational transparency by providing continuous updates on vehicle locations, collection status, and infrastructure conditions. This capability enables municipal authorities to monitor workforce performance, evaluate service quality, and rapidly identify operational bottlenecks, thereby improving the overall efficiency of waste management systems.

Table 1
Representative studies highlighting recent applications
of Mobile-WebGIS in community-based urban
solid waste management

Reference	Country	Application	Major Findings	Limitation
Ghose et al. (2006) [7]	India	GIS-based waste collection routing	Reduced collection cost through optimized routing.	Static road network.
Malakahmad et al. (2014) [8]	Malaysia	GIS route optimization	Improved collection efficiency and reduced travel distance.	No real-time traffic data.
Düzgün et al. (2016) [9]	Türkiye	GIS + Hybrid Genetic Algorithm	Optimized vehicle routing under road constraints.	High computational complexity.

INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

Table continuation 1

Nguyen-Trong et al. (2017) [10]	Vietnam	GIS + Agent-based modeling	Reduced transportation cost by 11.3% .	Limited to one case study.
Hallaq & Mosabeh (2019) [11]	Palestine	GIS for bin management	Optimized waste bin locations and collection routes.	Static waste generation.
Hina et al. (2020) [12]	Pakistan	GIS transportation optimization	Reduced travel distance and collection time.	No dynamic traffic integration.
Mai et al. (2022) [13]	Vietnam	GIS route optimization	Improved collection route planning in Hue City.	No real-time monitoring.
Karademir & Özbakır Acımert (2024) [5]	Türkiye	WebGIS for waste governance	Enhanced spatial visualization and decision support.	Single-city implementation.
Ngo The An et al. (2024) [6]	Vietnam	GIS + Agent-based simulation	Improved MSW collection planning using spatial simulation.	Simulation-based validation only.
Das et al. (2024) [14]	Global	GIS-based route optimization	Improved routing efficiency and reduced operational costs.	Focused mainly on routing algorithms.
Devi et al. (2026) [4]	Global	Systematic review of GIS in MSWM	Identified route optimization and landfill siting as dominant GIS applications.	Community-based Mobile-WebGIS remains underexplored.
Suresh et al. (2026) [15]	India	Participatory GIS route optimization	Reduced travel distance by 32% and fuel use by 35% .	Single municipality.
GIS-based route optimization for MSW collection (2026) [16]	India	GIS network analysis	Reduced route length by 18% and improved household coverage.	Medium-sized city case only.

INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

Mobile-WebGIS has also been extensively applied to route optimization and collection planning, one of the most economically important components of municipal solid waste management. By integrating spatial information with road networks, traffic conditions, waste generation data, and collection schedules, WebGIS supports the optimization of collection routes using geographic analysis and intelligent algorithms. Previous studies have reported that GIS-based route optimization can reduce travel distance, fuel consumption, operational costs, and greenhouse gas emissions while improving collection efficiency. Recent developments further integrate optimization algorithms with IoT sensors and real-time monitoring, allowing collection routes to be dynamically adjusted according to the fill levels of waste bins and traffic conditions. Such intelligent routing strategies contribute to more sustainable and resource-efficient waste collection services. Beyond operational management, Mobile-WebGIS increasingly functions as a decision-support platform for municipal authorities. By integrating spatial information from multiple sources, including citizen reports, waste collection records, recycling facilities, and demographic data, WebGIS enables comprehensive spatial analysis for planning and policy development. Decision-makers can identify underserved areas, evaluate the accessibility of waste collection infrastructure, estimate future service demands, and prioritize investments based on spatial evidence. Furthermore, interactive dashboards facilitate communication among government agencies, service providers, and the public by presenting complex geographic information in an intuitive and accessible manner. The integration of Mobile-WebGIS with cloud computing and geospatial databases has therefore transformed urban waste management from reactive operation into proactive planning. Although the applications of Mobile-WebGIS have expanded considerably, recent studies also highlight several challenges that limit large-scale implementation. Most existing systems have been developed as case-specific platforms, resulting in limited interoperability and difficulties in transferring solutions between cities. Moreover, the effectiveness of community-based reporting depends heavily on citizen participation, internet accessibility, and data quality. These issues indicate that future Mobile-WebGIS platforms should move beyond standalone applications toward integrated smart city

INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

ecosystems capable of combining real-time geospatial information with artificial intelligence, IoT technologies, and advanced decision-support models.

4. Conclusion

Mobile-WebGIS has become an effective technology for enhancing community-based urban solid waste management by enabling real-time spatial data collection, efficient information sharing, and evidence-based decision-making. The reviewed studies demonstrate its broad applications in waste collection monitoring, route optimization, infrastructure management, and citizen participation. Despite these advantages, challenges such as data interoperability, internet dependence, and limited integration with intelligent technologies remain. Future research should focus on combining Mobile-WebGIS with emerging technologies, including AI, IoT, and cloud computing, to develop smarter, more sustainable, and citizen-centered waste management systems.

References:

- [1] Y.-C. Chen, Effects of urbanization on municipal solid waste composition, *Waste Manag.* 79 (2018) 828–836. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.04.017>.
- [2] X. Li, J. Yue, S. Wang, Y. Luo, C. Su, J. Zhou, D. Xu, H. Lu, Development of Geographic Information System Architecture Feature Analysis and Evolution Trend Research, *Sustainability*. 16 (2023) 137. <https://doi.org/10.3390/su16010137>.
- [3] M.E. Bautista-Vargas, S. Gómez-Carpizo, H.G. Reyes-Anastacio, Location and Monitoring Unofficial Trash Places via Mobile Application, *OALib*. 12 (2025) 1–13. <https://doi.org/10.4236/oalib.1113852>.
- [4] R.J. Devi, A. Kalamdhad, N. Ngullie, Geographic information systems for sustainable municipal solid waste management: A systematic review and bibliometric analysis, *Waste Manag. Res. J. a Sustain. Circ. Econ.* 44 (2026) 888–904. <https://doi.org/10.1177/0734242X251415331>.
- [5] M. Karademir, B.A. Özbakır Acımert, Sustainable Waste Governance Framework via Web-GIS: Kadikoy Case, *Sustainability*. 16 (2024) 7171. <https://doi.org/10.3390/su16167171>.
- [6] N.T. An, T.N. Bang, N.T. Lan, N.Q. Viet, N.D. Trung, Optimizing Municipal Solid Waste (MSW) Collection and Transportation Network Using GIS and Agent-based Modeling Approach: A Case Study in Hung Yen City, Vietnam, *VNU J. Sci. Earth Environ. Sci.* (2024). <https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.5049>.
- [7] M.K. Ghose, A.K. Dikshit, S.K. Sharma, A GIS based transportation model for solid waste disposal – A case study on Asansol municipality, *Waste Manag.* 26 (2006) 1287–1293. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.09.022>.
- [8] A. Malakahmad, P.M. Bakri, M.R.M. Mokhtar, N. Khalil, Solid Waste Collection Routes Optimization via GIS Techniques in Ipoh City,

INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

Malaysia, Procedia Eng. 77 (2014) 20–27.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.07.023>.

[9] H.Ş. Düzgün, S.O. Uşkay, A. Aksoy, Parallel Hybrid Genetic Algorithm and GIS-Based Optimization for Municipal Solid Waste Collection Routing, J. Comput. Civ. Eng. 30 (2016).
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000502](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000502).

[10] K. Nguyen-Trong, A. Nguyen-Thi-Ngoc, D. Nguyen-Ngoc, V. Dinh-Thi-Hai, Optimization of municipal solid waste transportation by integrating GIS analysis, equation-based, and agent-based model, Waste Manag. 59 (2017) 14–22.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.10.048>.

[11] M.A. El-Hallaq, R. Mosabeh, Optimization of Municipal Solid Waste Management of Bins Using GIS. A Case Study: Nuseirat City, J. Geogr. Inf. Syst. 11 (2019) 32–43.
<https://doi.org/10.4236/jgis.2019.111003>.

[12] S.M. Hina, J. Szmerekovsky, E. Lee, M. Amin, S. Arooj, Effective municipal solid waste collection using geospatial information systems for transportation: A case study of two metropolitan cities in Pakistan, Res. Transp. Econ. 84 (2020) 100950.
<https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.100950>.

[13] C. Van Mai, S.H. Nguyen, C.D. Dao, T. Van Le, H.A. Phan, A GIS Application in Optimizing the Collection and Transportation Route of Domestic Solid Waste in Hue City, Vietnam, in: Glob. Chang. Sustain. Dev. Asian Emerg. Mark. Econ. Vol. 2, Springer International Publishing, Cham, 2022: pp. 599–609. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81443-4_38.

[14] S. Das, A. Baral, I.M. Rafizul, S. Berner, Efficiency enhancement in waste management through GIS-based route optimization, Clean. Eng. Technol. 21 (2024) 100775.
<https://doi.org/10.1016/j.clet.2024.100775>.

[15] R. Suresh, A.G.Z. Vadakkan, A. P. R., N.C. Narayanan, A participatory geographic information system-based route optimisation for decentralised municipal solid waste management system: A case study from a flood-prone town in Kerala, India, Waste Manag. Res. J. a Sustain. Circ. Econ. (2026).
<https://doi.org/10.1177/0734242X261437538>.

[16] C. Prathyusha, C. Anshu, S.G. Singh, S. Srikanth, S. Dey, GIS-based route optimization for sustainable municipal solid waste collection: A case study of Kadapa, India, Cities Smart Futur. (2026) 100001.
<https://doi.org/10.1016/j.csf.2026.100001>.

SCIENTIFIC EDITION

SCIENTIFIC COLLECTION «INTERCONF»

№ 303 | July 2026

The issue contains:

Proceedings of the 9th International
Scientific and Practical Conference

**SCIENCE IN THE ENVIRONMENT
OF RAPID CHANGES**

Brussels, Belgium
26–28.07.2026

All materials are reviewed.

The editorial office did not always agree with the position of authors.

Signed for online publication: July 28, 2026.

Printed: August 26, 2026. Circulation: 200 copies. Format 60×84/8.

Batang & Courier New typefaces. Offset paper 100gsm. Digital color printing.

Contacts of the editorial office:

LLC Scientific Publishing Center «InterConf»

✉ info@interconf.center

🌐 <https://www.interconf.center>

✔ Certificate on the entry of publishing business subject in the State Register of Publishers,
Manufacturers and Distributors of Publishing Products of Ukraine: ДК № 7882 of 10.07.2023.