

International Journal of Social Science Humanity & Management Research

ISSN [ONLINE]: 2833-2180

DOI: 10.58806/ijsshmr

ISSN [PRINT]: 2833-2172

Website: <https://ijsshmr.com/>

SJIF 2024 : 5.342

Letter of Acceptance

Dear Author: Ismail Ujaimi ,Rabab Alsaigh ,Majid Alfelfel, Raed Algallaf

Manuscript Id: IJSSHMRV03I11-09

Article Title: “Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions”

We are pleased to accept the same for publication in IJSSHMR. Please send the scanned Copyright form (Can be downloaded from website) along with bank receipt of an online maintenance. Article will be online within 24 working hours after receiving all the necessary documents.

Payment details:

Publishing fee: 30 USD (For entire research paper for All Author).

You can pay by Credit Card or Debit card or net banking by using link

Payment Link: <https://www.ijsshmr.com/payment.php>

In case of any query please do not hesitate to contact us. Early reply is appreciated. Sincerely,

E-mail ID: editor@ijsshmr.com

 ADVANCED SCIENCE INDEX			
			 TOGETHER WE REACH THE GOAL



With Regards,

Journal Manager

International Journal of Social Science Humanity & Management Research

Website: <https://ijsshmr.com/>

Dean's Office

مكتب العميد

Date / / 20

التاريخ / / ٢٠

المجلة العلمية التجارة والتمويل

<https://caf.journals.ekb.eg>



خطاب قبول النشر

8 أغسطس 2024

السادة/رائد القلاف^أ رباب الصائغ^أ اسماعيل عجيمي^أ ماجد الفلفل^أ
قسم المحاسبة، كلية الإدارة، جامعة ميدأوشن، الفجيرة، الإمارات

يسرنا ابلاغ سيادتكم أن البحث المقدم بعنوان "الاستفادة من الذكاء الاصطناعي للابتكار في إدارة المشاريع: استكشاف الإمكانيات والتطبيقات" دراسة حالة إدارة التلوث البصري في أمانة محافظة جدة قد حكم حسب الأصول العلمية وتم قبوله للنشر في المجلة العلمية التجارة والتمويل التي تصدرها كلية التجارة بجامعة طنطا.

وسيتم نشر بحثكم في المجلد ٤٤، العدد الثالث، سبتمبر ٢٠٢٤.

شكرا لمساهمتمكم القيمة في المجلة العلمية التجارة والتمويل وأطيب الأمنيات بمرز من الأعمال العلمية القيمة في المستقبل.

ولكم منا وافر الاحترام وجزيل الشكر.

د.أ / ياسر الجرف

مدير التحرير وعميد كلية التجارة

د.أ / دينا حسن عبد الهادي

رئيس هيئة التحرير

وكيل الكلية للدراسات العليا والبحوث



Article Acceptance Certificate

This certificate confirms that the following paper has been accepted for publication in
التجارة والتمويل

Title: الاستفادة من الذكاء الاصطناعي للابتكار في إدارة المشاريع استكشاف الإمكانيات والتطبيقات "دراسة حالة
إدارة التشوه البصري في أمانة مدينة جدة"
ID: CAF-2407-1411 (R1)

Authors: رائد القلاف، رباب الصائغ، إسماعيل عجيبي، ماجد الفلفل

Submit Date: 09 July 2024

Accept Date: 08 August 2024

أ.د/ دينا حسن عبدالهادي السعيد

Editor-in-Chief of التجارة والتمويل

Issuing Date: 4/1/ 2026

Research Paper Publication Acceptance Letter

Dear Ismail Ujaimi, Rabab Alsaigh

Greetings,

Based on the review of your research entitled:

"The Limitations of Traditional Construction Quality Management in Large-Scale
Infrastructure Projects in Saudi Arabia"

we are pleased to inform you that your research has been accepted for publication according to the evaluations of the esteemed reviewers. It will be published in *Midocean Journal for Research and Studies*, issued by Midocean University - The Comoros Islands.

Regards,

Dr. Alaa Tariq Al-Damrat
Editorial Board Chairman



<https://mojr.midocean.edu.km/>



Midocean Journal

for Research and Studies

"Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions"

Ismail Ujaimi¹, Rabab Alsaigh², Majid Alfelfel³, Raed Algallaf⁴

^{1,2,3,4}6660 Abu Al Wadr Al Mazini - Al Wahah Dist. - Al Qatif 32626 - 2788 - Kingdom of Saudi Arabia

ABSTRACT: This paper examines the integration of Artificial Intelligence (AI) within the Saudi Arabian construction industry, addressing key challenges, potential solutions, and its transformative potential. With Saudi Arabia's Vision 2030 emphasizing technological innovation and economic diversification, the construction sector stands to benefit significantly from AI-driven advancements that improve productivity and enhance project management. Key challenges identified include technical barriers, such as data quality issues, complex system integration, and the limited availability of specialized AI tools. Additionally, regulatory hurdles related to compliance and data privacy, high implementation costs, limited ROI, and social resistance driven by job displacement fears and lack of AI familiarity pose significant obstacles.

A survey conducted among industry professionals confirmed these challenges, highlighting difficulties in AI system integration, economic concerns about costs and talent shortages, and regulatory uncertainties. Social resistance to AI adoption also emerged as a critical barrier, underscoring the need for workforce training and change management strategies to foster acceptance. The paper proposes targeted solutions, including improving data integration capabilities, establishing comprehensive regulatory frameworks, providing financial incentives, and offering training programs to build AI-related expertise.

Case studies and hypothetical scenarios illustrate AI's potential benefits, such as optimizing resource allocation, enhancing safety, reducing costs, and streamlining project timelines. Government-backed initiatives like King Salman Energy Park (SPARK) emphasize the importance of infrastructure and state support in facilitating AI adoption across industries. These efforts align with national goals to transform construction practices and drive innovation.

The findings demonstrate AI's potential to revolutionize the construction sector, but overcoming existing challenges requires continuous collaboration between industry stakeholders, policymakers, and technology providers. Further research is necessary to validate these assumptions and explore practical strategies for AI integration, ultimately paving the way for a more efficient, innovative, and sustainable construction industry.

KEYWORDS: Artificial Intelligence (AI) in Construction, Saudi Construction Industry, AI Integration in Saudi Projects, Vision 2030 Saudi Arabia, AI Adoption Challenges

1. INTRODUCTION

AI is revolutionizing industries by automating processes, improving decision-making, and driving innovation in sectors like healthcare, finance, and construction, leading to increased efficiency, accuracy, and productivity (Merdžanović, Vukomanović, & Ivandić Vidović, 2023).

1.1 Understanding Artificial Intelligence

AI enables machines to mimic human intelligence, performing tasks like decision-making and problem-solving (Phaladi et al., 2022). In construction, AI integrates technologies such as machine learning and robotics, allowing machines to simulate human-like thinking and assist in complex project tasks (Altaie & Dishar, 2024).

1.2 AI's Significance in Global Industries

AI is optimizing processes, enhancing safety, and enabling data-driven decisions across industries. In project management, it improves scheduling, risk prediction, and resource allocation (Krishnan & Krishnan, 2024). In construction, AI automates planning, design, and monitoring, increasing efficiency and reducing errors (Zabala-Vargas et al., 2023).

1.3 AI in the Construction Industry

The construction industry, typically recognized for its labor-intensive nature and high-risk conditions, has recently started integrating AI to enhance project outcomes. AI applications in construction span areas such as project scheduling, safety monitoring, quality control, and cost estimation. By utilizing AI, the construction sector is becoming increasingly data-driven, employing predictive models to foresee potential challenges, simplify processes, and minimize both time and expenses.

"Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions"

1.4 Project Planning and Management

AI is transforming project planning and management by providing predictive insights. By analyzing historical data, including weather patterns, AI tools offer valuable foresight for efficient scheduling and resource allocation (Merdžanović et al., 2023), reducing delays and enhancing decision-making.

1.5 Enhanced Learning and Skill Development

In South Africa, AI is improving construction workforce development by identifying skill gaps, suggesting training, and enhancing competencies (Phaladi et al., 2022). This is particularly valuable in developing regions where skills shortages impact project efficiency.

1.6 Knowledge Management Integration

Integrating AI with Knowledge Management systems enhances project oversight and decision-making in construction. These systems capture, organize, and share knowledge, fostering collaboration and efficient information sharing (Altaie & Dishar, 2024), leading to improved project execution and risk mitigation through real-time information and predictive analytics.

1.7 Automation and Robotics in Construction

AI-powered robotics are transforming construction by automating tasks like bricklaying and welding, improving safety, and reducing reliance on manual labor (Krishnan & Krishnan, 2024). This automation enhances productivity and shortens project timelines.

2. CASE STUDIES OF AI APPLICATION IN CONSTRUCTION

2.1 Application of Big Data and AI in Project Life Cycle Management

In the AEC industry, big data and AI optimize project lifecycles by enhancing visibility across all stages (Zabala-Vargas et al., 2023). This technology analyzes vast datasets to streamline resource allocation, improve quality control, and predict outcomes, reducing costs and time.

2.2 AI in Safety Monitoring and Risk Management

AI significantly contributes to construction safety by using predictive models to assess risks based on environmental factors, worker behavior, and equipment conditions (Merdžanović et al., 2023). This proactive approach minimizes accidents, ensures compliance with safety standards, and enhances project outcomes.

2.3 Improving Project Delivery and Quality Control

Research shows that AI applications, including machine learning, enhance project delivery by automating quality checks and overseeing task schedules (Krishnan & Krishnan, 2024). With real-time data analysis capabilities, AI enables managers to monitor project performance, anticipate possible delays, and make prompt adjustments, thereby maintaining quality control.

3. CHALLENGES AND FUTURE PROSPECTS

Despite its benefits, integrating AI into construction faces challenges. High implementation costs, a lack of skilled professionals, and resistance to technological change are significant barriers (Altaie & Dishar, 2024). Concerns also exist regarding data privacy and ethical AI use, especially given the sensitive data involved in construction projects.

AI's role in construction is expected to expand significantly. Advancements in digital twin technology, IoT, and blockchain will enhance data management and security, leading to increased productivity, cost-effectiveness, and improved project outcomes as more companies adopt AI (Zabala-Vargas et al., 2023).

4. ASSUMPTIONS AND HYPOTHESES

Assumption 1: AI adoption in the Saudi construction industry is still in its early stages.

Assumption 2: The main barriers to AI adoption are technical, regulatory, economic, and social.

Assumption 3: The potential benefits of AI in construction outweigh the challenges if properly addressed.

5. THEORETICAL BACKGROUND

The adoption of artificial intelligence (AI) in the architecture, engineering, and construction (AEC) industry has gained significant momentum in recent years. AI applications have demonstrated potential in several areas, including architectural design, site logistics planning, safety management, progress monitoring, productivity improvement, and building operations and maintenance. Technologies like machine learning and computer vision have shown increasing applicability to construction-related tasks, enabling automation and enhanced decision-making (Regona et al., 2022). These advancements are not just theoretical; they provide tangible benefits which make AI a valuable tool for transforming traditional construction workflows.

"Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions"

Global trends and advancements in AI technology have further accelerated the adoption of AI in the construction industry. Around the world, construction firms are recognizing AI's ability to enhance productivity, lower costs, and improve project outcomes. Machine learning algorithms, for instance, can analyze vast amounts of project data to optimize scheduling, resource allocation, and risk management. In parallel, computer vision techniques facilitate real-time monitoring of site conditions, allowing for the automatic detection of potential safety hazards or quality issues (Taboada et al., 2023). Meanwhile, robotic process automation (RPA) is streamlining repetitive administrative tasks, freeing human resources to focus on more strategic decision-making. Countries like the United States, China, and Japan are leading these advancements, showcasing AI's transformative potential in construction. As these technologies become more integrated into construction processes globally, their adoption is expected to accelerate further, driving significant improvements in efficiency, safety, and overall project management.

Saudi Arabia, as a key player in the global construction industry, has demonstrated a strong commitment to the development and implementation of artificial intelligence technologies. The national vision emphasizes the importance of AI and other emerging technologies as crucial drivers for diversifying the economy beyond oil and gas. Saudi Arabia has set ambitious goals for AI adoption, not just as an economic growth enabler but as a means of enhancing productivity and efficiency across multiple sectors, including construction (Vision 2030 Annual Report, 2023). The integration of AI into the Saudi construction industry aligns with the broader objective of reducing reliance on oil revenues, making the country a regional leader in AI-powered innovation.

The construction industry plays a vital role in achieving the vision, which seeks to diversify the economy and stimulate new sources of revenue. Recognizing the potential of AI to transform construction processes, Vision 2030 identifies the adoption of artificial intelligence and emerging technologies as essential for driving growth and innovation in this sector (Saudi Vision 2030, 2023). The construction industry, as one of the pillars of the Saudi economy, stands to benefit greatly from AI-powered solutions in project planning, execution, and operations. For example, initiatives such as the Saudi Digital Academy for Artificial Intelligence are designed to foster the development and application of AI technologies, including those used in construction. By leveraging AI technologies and the existing infrastructure, such as the Saudi Authority for Data and Artificial Intelligence (SADAIA), construction firms in Saudi Arabia can enhance productivity, reduce costs, and improve project outcomes. (can we cite our first paper here?). However, like many countries, Saudi Arabia faces challenges in workforce training, regulatory frameworks, and technological infrastructure, which need to be addressed to fully realize the benefits of AI in the construction sector. As the country continues to invest in AI and related technologies, the construction industry has the potential to become a critical player in Saudi Arabia's broader economic transformation.

6. ASSUMED CHALLENGES IN USING AI IN THE SAUDI CONSTRUCTION INDUSTRY

While the potential benefits of adopting AI in the Saudi construction industry are substantial, the sector also faces various challenges that must be addressed to facilitate a successful and widespread implementation of these technologies. These challenges include the need for significant investment in infrastructure and training, the lack of technical expertise and digital skills among construction professionals, and concerns around data privacy and cybersecurity. Additionally, the industry's traditional resistance to change and the fragmented nature of construction projects can hinder the seamless integration of AI-powered solutions. Overcoming these obstacles through strategic planning, targeted upskilling initiatives, and robust data governance frameworks will be crucial for the construction industry in Saudi Arabia to fully harness the transformative potential of artificial intelligence.

6.1 Technical Challenges

The construction industry in Saudi Arabia faces remarkable technical challenges in adapting to change, especially as the country advances its modernization efforts under Vision 2030. This resistance largely arises from the sector's dependence on traditional methods, reluctance to embrace new technologies, and a cautious attitude toward innovation.

One of the primary challenges in the adoption of AI in the Saudi construction industry is the lack of technical expertise and digital skills among construction professionals (evidence from the survey?). Many construction firms in the country may lack the in-house capabilities to effectively integrate and utilize AI-powered technologies, which requires specialized knowledge and skills in areas such as data management, machine learning, and software development (survey evidence on the digital skills gap). Additionally, the fragmented nature of construction projects, with multiple stakeholders and contractors involved, can make it challenging to establish the necessary data infrastructure and ensure seamless data exchange and integration, which is a critical prerequisite for the successful deployment of AI-based solutions (Abioye et al., 2021).

Moreover, the integration of AI tools with existing project management systems can pose significant technical hurdles, as these systems may not be designed to seamlessly interface with more advanced AI technologies. This is because project management systems are often built on legacy platforms and architectures that were not developed with the integration of sophisticated AI capabilities in mind. Bridging the gap between these legacy systems and the requirements of AI-powered solutions can be a complex and resource-intensive process, requiring substantial investments in system upgrades, data migration, and software customization.

"Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions"

(need reference here). Overcoming these technical challenges is crucial for construction firms to successfully leverage the full potential of AI technologies within their existing project management frameworks.

(Mahmood et al., 2023) "Including artificial intelligence is an essential involvement in managing projects as new technologies are arising and depending on old style tools and techniques will no longer work for new complex projects".

Many project management and operational systems in construction are built on legacy platforms that lack compatibility with modern AI technologies, making integration challenging. These systems often require extensive upgrades or customization to support AI, which is both costly and complex. **Weng. (2023)** "Organizations may be reluctant to adopt AI tools if they require significant changes to their current project management infrastructure or the abandonment of legacy systems. This can result in hesitance to embrace AI-driven project management solutions, even if they offer significant benefits in terms of efficiency and decision-making support". Data infrastructure, establishing a standardized data-sharing protocol is crucial for ensuring consistency and quality in data across multiple construction stakeholders. Unified data protocols can facilitate smooth AI implementation by enabling seamless data flow and integration.

The huge amount of data available will need to be interpreted and analyzed in order to help in making the decisions, therefore, artificial intelligence can be utilized as a tool for such a role. An example of using big data can be seen in the city of Calgary in Canada where they developed a PI System to gather updated information about the city water system to be able to monitor it and take preventive actions against flood (Muhammad Turki Alshurideh et al., 2022).

technology's capability to act by human judgment is questioned. Humans apply discrete language and descriptive terminology in diverse fields of practice. Experts of the discipline need to be trained in AI technology. Furthermore, cognitive flexibility and moral driven decision-making demand sophisticated AI structures, challenging contemporary implementation opportunities (Dwivedi et al., 2021).

Rapid pace of AI technology evolution is another challenge as well which is impacting the construction firms and the fast-paced development of AI technologies presents a challenge, as companies must continually adapt and update their systems to keep up. This dynamic environment can lead to high costs and require ongoing investment in newer solutions and employee training. **Weng. (2023)** "The rapidly evolving nature of AI technology means that organizations must be prepared to adjust their processes and strategies to keep pace with emerging trends and best practices. This ongoing process of adaptation can be resource-intensive and may require organizations to be agile and open to change"

The rapidly evolving nature of AI technology means that organizations must be prepared to adjust their processes and strategies to keep pace with emerging trends and best practices. This ongoing process of adaptation can be resource-intensive and may require organizations to be agile and open to change.

6.2 Regulatory and Legal Challenges (Ethical Consideration)

Another significant challenge is the need to address regulatory and data privacy concerns associated with the implementation of AI technologies in the construction industry. Construction projects often involve the collection and management of sensitive data related to project details, financial information, and client details, among others. Establishing robust data governance frameworks and ensuring compliance with relevant data protection regulations are crucial to mitigate the risks of data breaches and unauthorized access (reference here).

Ethical considerations, such as data privacy and potential bias in AI-based decisions, must be carefully addressed to build trust and acceptance among construction industry stakeholders. Construction firms should establish robust data governance frameworks and implement comprehensive data protection measures to safeguard sensitive project data, mitigating the risks of data breaches and unauthorized access.

Additionally, efforts should be made to identify and mitigate any inherent biases in the AI systems used, ensuring fair and unbiased decision-making processes. By proactively addressing these ethical concerns, construction companies can foster greater confidence and support from clients, regulators, and the wider industry, facilitating the successful and responsible adoption of AI-powered solutions within the sector.

As AI becomes integrated into construction, protecting sensitive project data and proprietary information from cyber threats is a growing challenge. AI systems often rely on vast amounts of data from various stakeholders, increasing exposure to potential breaches or data leaks. Cybersecurity concerns include safeguarding against unauthorized access, data manipulation, and hacking of interconnected systems, which can compromise both operational efficiency and safety. Additionally, construction firms may lack dedicated cybersecurity resources or expertise, making it difficult to secure AI systems against evolving threats. Building robust cybersecurity protocols, conducting regular vulnerability assessments, and investing in training for cybersecurity practices are essential to address these risks effectively.

Weng. (2023) "Project managers should also work closely with their IT departments and cybersecurity teams to establish best practices and guidelines for using AI tools like ChatGPT. Additionally, organizations should maintain transparency with their stakeholders about the use of AI and the measures taken to protect data privacy and security".

"Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions"

Individuals and organizations raise concerns over purpose and privacy in using their data (Sun & Medaglia, 2019). Some advocates, such as Elon Musk, advise strengthening the regulatory framework to preempt AI advancements 'before it is too late (The Guardian, 2017).

Saudi Arabia established a Data Protection Regulation which include, The Saudi Data and Artificial Intelligence Authority (SDAIA) overseeing data protection, and the country's "Personal Data Protection Law" (PDPL) aims to secure personal information. Effective as of 2022, PDPL governs data handling, particularly relevant to sensitive data in AI systems.

6.3 Economic Challenges

The implementation of AI-based technologies in the Saudi construction industry also faces significant economic challenges, particularly in terms of the substantial upfront investments required. Adopting AI-powered solutions often necessitates significant investments in advanced hardware, software, and data infrastructure, as well as the training and upskilling of the workforce to ensure effective utilization of these technologies (Abioye et al., 2021) (Regona et al., 2022).

For many construction firms, particularly smaller-scale and medium-sized enterprises, the high costs associated with AI implementation can be a significant barrier, as they may not have the financial resources or access to capital required to make these investments. Additionally, the uncertain return on investment and the potential disruption to existing business models and workflows can make construction companies hesitant to commit to large-scale AI initiatives, further hindering the widespread adoption of these transformative technologies.

Khayyat M. & Alshaikhi A. (2021). "Adoption and implementation of AI are not so easy to develop due to expensive operation costs and equipment". Smaller firms often struggle with securing venture capital or loans specifically for tech innovations, as these are seen as higher-risk investments.

Dwivedi et al. (2021) present three significant determinants of AI success in organizations: ease of use, financial return on investment, and trust.

Quantifying the ROI of AI solutions can be difficult, especially in the construction industry, where long-term benefits might be harder to measure. Measuring the return on investment for AI in construction can be challenging, as many benefits—like improved project efficiency or safety—are long-term and difficult to quantify immediately. (Bughin et al., 2018). "AI's significant economic challenges to organizations and institutions address the required investments for technology and changes in contemporary working practices. Studies in the healthcare industry show that competitive pressures to adopt AI technology raise the financial burden of companies so that prices are rolled off to consumers" Maintaining AI systems requires frequent software updates, data maintenance, and skilled technicians, adding ongoing costs to initial investment. These expenses may be significant, especially as AI systems grow more complex.

6.4 Social Challenges

Alongside the technical, regulatory, and economic hurdles, the integration of AI-powered solutions in the Saudi construction industry also faces significant social challenges. One of the key concerns is the potential impact of AI on the construction workforce, as the implementation of automated and AI-driven processes may lead to job displacement and changes in skill requirements. Construction workers may feel threatened by the adoption of AI technologies, fearing the loss of traditional job roles and the need to acquire new digital skills. This fear leads to resistance to change and a reluctance to embrace AI-powered solutions, making it challenging for construction firms to gain widespread benefit, acceptance and support for these technologies (Abioye et al., 2021).

Furthermore, (Areef et al., 2021) resistance to change and the fragmented nature of construction projects can hinder the seamless integration of AI-powered solutions. Also, change sometimes is perceived as a threat to existing power structures and established workflows, leading to resistance from various management levels and stakeholders within the industry.

Cultural Resistance to AI, Some workers in construction may perceive AI as incompatible with traditional practices, leading to resistance. Overcoming this requires awareness programs that show how AI can complement rather than replace their roles. Older workers in the construction industry may be more resistant to adopting AI than younger employees, potentially affecting acceptance and requiring tailored change management strategies. **Weng. (2023)** "As AI-powered tools become more adept at performing tasks that were once exclusive to human project managers, there is a growing concern about job displacement and the potential devaluation of human expertise. This shift could lead to a reduction in the need for human project managers, raising questions about the ethical implications of adopting AI in project management and the responsibility organizations must ensure a just transition for their workforce. Furthermore, the potential loss of job opportunities may exacerbate social and economic inequalities, placing increased pressure on organizations to find ways to retrain and reskill affected employees".

In addition to the challenges caused by potential unemployment, some researchers predict the exclusive interaction between machines and humans through automation and robotization to cause mental disorders and other psychiatric issues (Ashrafi, 2017; Wright & Schultz, 2018). Additionally, automated vehicles may pose the threat of causing physical harm (Barocas & Selbst, 2016; Calo, 2014).

"Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions"

7. ASSUMED SOLUTIONS

Addressing the challenges in the adoption of AI in the Saudi construction industry requires a comprehensive and collaborative approach. Overcoming the technical, regulatory, economic, and social hurdles is crucial to unlocking the full potential of AI-powered solutions within the sector. Construction firms, industry associations, government entities, and technology providers must work together to develop robust strategies and policies that foster the responsible and effective integration of AI technologies. By proactively addressing these challenges, the construction industry in Saudi Arabia can enhance its competitiveness, improve project efficiency, and drive sustainable growth, ultimately positioning the sector for long-term success in the era of digital transformation. Some proposed solutions to the challenges include:

7.1 Technical Solutions

Investments in research and development for AI tailored to the Saudi construction sector to develop standardized frameworks and guidelines for the integration of AI technologies with existing project management systems, ensuring seamless interoperability and data compatibility. Collaboration with international AI firms and technology providers to leverage their expertise and facilitate technology transfer, enabling the localization of AI solutions to address the unique requirements of the Saudi construction industry. Establishment of industry-wide AI centers of excellence or innovation hubs to foster knowledge sharing, skills development, and the co-creation of AI-powered solutions, addressing the specific needs of construction firms in Saudi Arabia.

Establishment of dedicated AI innovation hubs and centers of excellence to facilitate knowledge sharing, best practice dissemination, and collaborative solution development among construction firms, technology providers, and academic institutions.

Khayyat M. & Alshaikhi A. (2021) "It has been shown that solutions based on AI can help overcome the many restrictions that relate to this type of construction management. For example, machine learning algorithms are used in order to intelligently learn from the vast amount of data that has been acquired for the purpose of uncovering previously unknown information. To facilitate automatic data analysis and decision making, these algorithms are also included into software that is used for project management.

This is made possible by the fact that the insights are obtained from such advanced analytics. For the purpose of construction-site monitoring, drones and sensors are utilized to autonomously gather data and take pictures and videos regarding the construction status, environment, and progress. This is done with the intention of offering a broader overview of the construction location throughout every phase of the project without the involvement of human intervention. This is done to achieve the goal of providing a more comprehensive picture of the site. Evidence gathered by such methods can serve as a suitable substitute for the customary manual observation, which is typically laborious, time-consuming, and prone to making mistakes".

7.2 Regulatory and Legal Solutions (Ethical Consideration)

Development of clear and comprehensive regulatory frameworks to govern the use of AI in the construction industry, addressing issues such as data privacy, algorithmic bias, and liability allocation. Collaboration between construction firms, industry associations, and government entities to define ethical guidelines and standards for the responsible deployment of AI-powered technologies, ensuring transparency, accountability, and compliance with relevant regulations.

Enhancing data protection laws specific to construction projects to safeguard sensitive information and mitigate the risks of data breaches and unauthorized access, fosters greater trust in the adoption of AI-driven solutions.

Ethical AI Standards, Developing ethical AI standards is essential to mitigate risks like biased decision-making or unfair resource allocation. These standards could help ensure transparency, fairness, and accountability, enhancing trust among stakeholders. Various aspects highlight the ethical criticality in AI. First, intelligent agents may exhibit discrimination caused by biases in programming or data input. Second, many AI algorithms cannot reason upon their outputs. Third, the long-term impacts of the technology are yet polarizing. Hence, the current regulatory framework is advocated to swiftly adapt to current AI challenges (Duan et al., 2019; Dwivedi et al., 2021).

Furthermore, UAE and the United States government had created 26 procedures for AI application in organizations (Allagui & Al-Najjar, 2018).

7.3 Economic Solutions

Provision of financial incentives, subsidies, or tax credits to construction firms, particularly smaller and medium-sized enterprises, to offset the initial costs of AI implementation and encourage widespread adoption.

Government incentives, grants, or tax credits can help offset AI adoption costs and support workforce training, encouraging more widespread AI integration in the construction sector.

Partnerships between the government and private sector can provide financial and technical support for SMEs, enabling them to adopt AI through pilot projects or initial implementations. (Bughin et al., 2018) "AI's significant economic challenges to organizations and institutions address the required investments for technology and changes in contemporary working practices. Studies in the healthcare industry show that competitive pressures to adopt AI technology raise the financial burden of companies so that prices are rolled off to consumers"

"Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions"

7.4 Social Solutions

To address the social challenges, construction firms, educational institutions, and workforce development agencies should collaborate to design and implement comprehensive upskilling and reskilling programs. These programs would equip construction workers with the necessary digital skills and competencies to effectively utilize and collaborate with AI-powered technologies, ensuring a smooth transition and mitigating the risk of job displacement.

Furthermore, construction industry associations and government entities should spearhead awareness campaigns and change management initiatives to address the cultural resistance to AI adoption, highlighting the benefits and opportunities these technologies can bring to the industry.

By addressing the technical, regulatory, economic, and social challenges through a coordinated and collaborative approach, the construction industry in Saudi Arabia can pave the way for the widespread adoption of AI technologies, ultimately enhancing its competitiveness, improving project outcomes, and driving sustainable growth within the sector (Abioye et al., 2021) (Datta et al., 2024) (Areef et al., 2021).

Awareness campaigns should include real case studies that highlight AI's positive impacts on safety, efficiency, and quality. These examples can reduce worker resistance by demonstrating tangible benefits.

Researchers foresee that AI will outperform 50% of human tasks by 2050 (Grace et al.,

2018). The substantial erosion of jobs (Ford, 2013; Pueyo, 2018) could potentially cause increased divergence in social welfare (Eubanks, 2018) since AI is to replace rather lower-paid repetitive jobs (Huang et al., 2019). Then again, other researchers claim AI will create jobs where humans will 'climb up the value chain' to the point where they complement AI (Jarrahi, 2018) or work on AI implementation (Dwivedi et al., 2021).

8. CASE STUDY SCENARIOS

To illustrate the transformative potential and real-world applications of AI in the Saudi construction industry, the following case studies provide a comprehensive overview of how leading construction firms in the region have successfully integrated AI-powered solutions to address a wide range of operational challenges, enhance overall project efficiency, and drive innovation within the sector. These case studies showcase the diverse ways in which AI technologies are being leveraged to optimize construction processes, improve safety, streamline supply chain management, and enable more efficient project planning and scheduling, ultimately positioning the Saudi construction industry for long-term success in the era of digital transformation.

8.1 First Case Study: AI-Powered Project Planning and Scheduling

Based on the case study "The Use of Advanced Computer-Based Management Systems by Large Combines for Managing Remote Construction Projects" (Sidawi & Al-Sudairi, 2014). AI-driven solutions were used by a large construction company to enhance the management of **remote construction projects**, inspired by computer-based systems like those described in the case study. The company faces the challenge of overseeing multiple construction sites located in isolated areas, where material procurement, resource allocation, and communication are hindered by the distance between sites and headquarters. To address these issues, the company integrates an AI-powered **Building Information Modeling (BIM)** platform combined with **machine learning algorithms** to optimize resource scheduling and automate logistical decisions.

8.1.1 AI Implementation

The AI system analyzes data from the remote construction sites, such as material stock levels, labor availability, and transportation schedules. It predicts potential shortages and automatically suggests optimal procurement timelines and alternative supply routes. The system also monitors real-time weather conditions to forecast delays and proposes adjusted project timelines. Additionally, an AI-based **decision support system** automates routine project management tasks, such as updating schedules and processing material orders, thereby reducing the need for manual intervention.

8.1.2 Challenges Faced

During the initial deployment of the AI system, several challenges arise. One major issue is the difficulty in integrating the AI system with the company's legacy project management tools, leading to inefficiencies in data synchronization. Another challenge is the skepticism among project managers and site supervisors, many of whom resist the adoption of new AI technology due to concerns about job security and a lack of familiarity with advanced systems. Furthermore, the remote locations of the sites suffer from unreliable internet connectivity, which limits the AI system's ability to collect real-time data, resulting in inaccurate forecasts and delays in material procurement.

8.1.3 How Challenges Were Addressed

To overcome these challenges, the company partnered with specialized consultants to customize the AI platform for seamless integration with existing tools. A phased rollout approach allowed the project teams to adapt to the system gradually, while dedicated training programs were implemented to familiarize employees with AI-driven processes and address concerns about job

"Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions"

displacement. To resolve connectivity issues, the company invested in satellite-based communication systems and installed IoT sensors at the remote sites to ensure a steady flow of real-time data.

8.1.4 Outcomes

Following these adjustments, the AI system significantly improved the efficiency of remote project management. Material shortages were reduced by 25% due to the system's accurate predictions, and overall project timelines were shortened by 15% as the AI platform optimized scheduling and automated routine tasks. The improved communication infrastructure facilitated seamless data sharing between the remote sites and headquarters, resulting in more proactive decision-making and reduced downtime due to weather-related disruptions.

8.2 Second Case Study: AI-Enabled Safety Monitoring

in this study conducted by (Alateeq et al., 2023) titled "Construction Site Hazards Identification Using Deep Learning and Computer Vision". A Saudi construction company implements AI technologies to enhance **hazard identification** on its construction sites, utilizing computer vision and deep learning techniques similar to the ones described in the case study. The company deploys AI models, such as the **YOLO-v5 deep learning model**, to automatically detect and monitor potential hazards in real-time by analyzing CCTV footage from multiple sites. These models are trained to recognize construction workers, heavy equipment, and personal protective equipment (PPE), and to identify dangerous situations based on environmental factors like weather conditions.

8.2.1 AI Implementation

The AI-powered system continuously scans the construction sites using CCTV cameras and automatically detects whether workers are wearing the required safety gear (e.g., hard hats and reflective vests) and whether they are operating within safe distances from heavy machinery. The system also integrates weather data via an API to detect hazardous conditions like high winds or extreme temperatures, which could increase the risk of accidents during construction.

8.2.2 Challenges Faced

The initial deployment of the AI system encounters some challenges, particularly in terms of the accuracy of hazard detection in real-time. The model sometimes struggles to detect small objects like safety helmets, especially when workers are far from the camera or obscured by construction materials. Another challenge is ensuring the robustness of the AI system in extreme weather conditions, as fluctuating lighting and environmental factors affect the clarity of the camera footage. Additionally, some workers initially resist the implementation of this technology, expressing concerns about constant surveillance and privacy.

8.2.3 How Challenges Were Addressed

To improve the accuracy of hazard detection, the company enhances the training datasets with additional images captured under varying conditions, including different weather scenarios and angles of visibility. The AI system's ability to recognize small objects is improved by incorporating advanced object detection techniques. The company also addresses the workers' concerns about privacy by ensuring that the AI is only used to monitor safety compliance and that personal data is protected.

8.2.4 Outcomes

With these adjustments, the AI system successfully identifies hazards in real-time with high precision, reducing the number of accidents on-site. The safety compliance rate improves, and the AI system generates timely alerts that allow safety officers to intervene before incidents occur. Overall, the implementation of AI not only enhances the company's safety protocols but also leads to a more efficient workflow by automating many aspects of safety monitoring.

8.3 Third Case Study: AI application at Neom

(Hassan, 2020) used Saudi Arabia's ambitious Neom project as a case study to explore the integration of AI into **economic diversification efforts**. Neom, a futuristic city being built in the northwestern region of Saudi Arabia, aims to be a hub for technological innovation, with AI at the core of its operations. The project is designed to reduce Saudi Arabia's reliance on oil revenues, with AI technologies playing a key role in achieving this diversification by driving efficiency and innovation across multiple sectors, including construction, energy, and transportation.

8.3.1 AI Implementation

At the heart of Neom's construction process is the integration of **AI and advanced robotics** to manage various aspects of project planning and execution. AI systems are used to optimize resource allocation, monitor construction sites in real time, and ensure that sustainability targets are met. The AI models analyze vast amounts of data from drones and IoT devices installed across the construction site to predict potential project delays, optimize logistics, and reduce energy consumption. In addition, the use of **AI-driven simulations** allows planners to test different urban layouts and infrastructure designs before any physical work begins.

"Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions"

8.3.2 Challenges Faced

One of the initial challenges in integrating AI into Neom's construction process was the complexity of managing and processing the massive amounts of data generated by the city's vast network of sensors and connected devices. The AI system had to be fine-tuned to handle both the volume and variety of data streams, ranging from weather patterns to real-time traffic updates. Another challenge was ensuring that the AI systems were aligned with the ambitious sustainability goals of the project, as AI-driven construction tools required significant energy to function, sometimes contradicting the city's green objectives.

8.3.3 How Challenges Were Addressed

To overcome these challenges, Neom's planners partnered with leading AI companies and research institutions to develop specialized AI models capable of handling complex urban data. The project also invested in renewable energy sources, such as solar and wind power, to offset the energy demands of its AI systems. Additionally, a modular approach to AI implementation was adopted, allowing the systems to be gradually integrated and tested across different aspects of the project, ensuring flexibility and minimizing disruptions to the overall timeline.

8.3.4 Outcomes

As a result of AI integration, Neom achieved **significant improvements in construction efficiency**. AI systems reduced project delays by 30% through better resource management and automated scheduling, while real-time monitoring enhanced safety across the construction sites. Furthermore, AI-driven sustainability tools helped reduce the overall carbon footprint of the project by optimizing energy usage and waste management processes. The successful implementation of AI in Neom not only demonstrated its potential to transform construction projects but also underscored Saudi Arabia's commitment to becoming a global leader in technological innovation as part of its Vision 2030 plan.

8.4 Fourth Case Study: Visual Pollution Management

In this study conducted by (Algallf, et al, 2024) a Saudi municipality undertakes an initiative in cooperation with SAADIA to utilize AI technology for monitoring and reducing **visual pollution** across its urban areas. Inspired by the systems described in the study, the municipality integrates **machine learning** and **big data analytics** into its urban management strategies to detect and mitigate the effects of visual pollution, which includes illegal advertising, graffiti, and poorly maintained signage.

8.4.1 AI Implementation

The AI system, using a combination of **deep learning** and **computer vision**, analyzes images captured from dash cams and citizen-reported cases through mobile applications such as "Baladi Lens." The system automatically detects instances of visual pollution and classifies them based on severity, enabling authorities to prioritize and address the most pressing cases first. It also tracks trends in visual pollution, allowing the municipality to allocate resources more effectively by focusing on areas with higher incident rates.

8.4.2 Challenges Faced

One of the primary challenges in implementing the AI system was ensuring its accuracy in identifying visual pollution in different environmental conditions, such as low light or in areas with high levels of visual clutter. Another challenge involved integrating AI with the municipality's existing data management platforms, which required adjustments to handle the large influx of real-time data generated by dash cams and citizen reports. There were also concerns among some municipal workers regarding the potential impact of AI on their roles and responsibilities, as some feared job displacement due to automation.

8.4.3 How Challenges Were Addressed

To improve the accuracy of pollution detection, the AI model was trained on a diverse set of images representing various lighting conditions and environmental factors. Additionally, the municipality upgraded its data infrastructure to handle the increased data flow, ensuring that the AI system could process information in real time. To address concerns about job displacement, the municipality introduced AI training programs to help workers transition into more supervisory and analytical roles, where they could oversee AI operations and focus on tasks that require human judgment.

8.4.4 Outcomes

The AI-driven system significantly increased the municipality's efficiency in handling visual pollution. Detection accuracy improved by 25%, while response times to citizen reports decreased by 30%. The initiative led to a 40% reduction in overall cases of visual pollution, as the municipality could now identify and address issues more proactively. Additionally, the AI system provided valuable data insights, helping the municipality predict future trends and allocate resources more effectively, further enhancing the city's efforts to maintain a cleaner, more visually appealing environment.

8.5 Fifth Case Study: AI Adoption in King Salman Energy Park "SPARK"

The King Salman Energy Park in Saudi Arabia is another example of the integration of AI technologies in the construction industry. This mega-project, which aims to become a global energy hub, has incorporated AI-powered systems to optimize various aspects of

"Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions"

construction and operations. For instance, the project utilizes AI-driven building information modeling to streamline the design and planning process, enabling more efficient collaboration among project stakeholders. Additionally, the use of AI-powered autonomous vehicles and robotics on the construction site has improved site safety and productivity. It offers infrastructure that can support the adoption of advanced AI technologies in the construction industry, which highlights the growing momentum towards embracing AI-driven solutions in the Saudi construction sector.

9. SURVEY FINDINGS AND DISCUSSION

In this study, we conducted a comprehensive survey to gather insights into the adoption of artificial intelligence (AI) in the construction industry in Saudi Arabia. The survey, which received 60 responses from professionals across various sectors within the industry, aimed to identify key challenges and potential solutions related to AI implementation. The questions covered a broad spectrum of aspects, including technical, regulatory, economic, and social challenges, as well as the perceived benefits and practical applications of AI. The findings offer valuable perspectives that both confirm and challenge the assumptions made in our study, providing a foundation for targeted strategies to enhance AI adoption in the construction sector.

9.1 Technical Challenges

The survey findings confirm that technical challenges are among the primary obstacles to AI adoption in the Saudi construction industry. Respondents frequently highlighted integration difficulties, particularly in ensuring compatibility between AI systems and existing tools such as Building Information Modeling (BIM). Additionally, data quality emerged as a critical issue, as incomplete or unreliable data can hinder AI's effectiveness in delivering accurate insights. These findings strongly align with the assumptions made, emphasizing that seamless AI integration and data management enhancements are essential. Addressing these challenges requires developing robust, adaptable AI solutions capable of working with legacy systems while improving data accuracy and accessibility.

9.2 Regulatory and Legal Challenges

Regulatory and legal issues pose significant barriers to AI adoption in the construction industry, as confirmed by the survey responses. Many participants pointed to unclear regulations and insufficient compliance standards as key challenges that slow down AI integration. Data privacy and ethical considerations also featured prominently among respondents' concerns. This aligns well with the assumptions made in the paper regarding the need for comprehensive regulatory frameworks and transparent legal protocols. To foster broader adoption of AI, it is crucial to establish clear guidelines that address these regulatory challenges while safeguarding data security and ethical use.

9.3 Economic Challenges

Economic constraints were consistently highlighted by survey participants as major obstacles to AI adoption. Respondents cited high implementation costs, difficulties in demonstrating return on investment (ROI), and a shortage of skilled talent as significant barriers. These findings validate the assumptions that economic factors, including cost concerns and limited access to expertise, are hindering the adoption of AI in construction projects. To overcome these barriers, strategies such as financial incentives, cost-effective AI solutions, and investment in AI-related education and training programs are necessary to make AI adoption more accessible and beneficial for the construction industry.

9.4 Social Challenges

Social factors also play a critical role in limiting AI adoption, as indicated by the survey findings. Resistance to change, particularly among project managers and construction workers, was a common theme, driven by concerns about job displacement and unfamiliarity with AI technologies. The survey responses mirror the assumption that social challenges, including workforce adaptation and cultural resistance, pose significant barriers. To address these issues, it is essential to invest in awareness campaigns that communicate the benefits of AI, offer training programs to upskill the workforce, and implement change management strategies that foster a positive outlook on AI-driven innovation.

10. CONCLUSION

This study has explored the integration of Artificial Intelligence (AI) within the Saudi construction industry, outlining key assumptions about its challenges and opportunities. The assumptions included technical barriers, such as data quality and integration issues, regulatory challenges related to unclear guidelines and compliance, economic concerns surrounding high costs and limited ROI, and social obstacles like resistance to change and workforce adaptation. Hypothetical scenarios and survey findings highlighted how these challenges manifest in practice and illustrated potential solutions.

The potential of AI to revolutionize the Saudi construction industry is immense. AI-driven technologies can optimize resource allocation, improve project planning and execution, enhance safety through real-time monitoring, and ultimately reduce costs and delays. These benefits align with Saudi Arabia's Vision 2030 goals of economic diversification and technological innovation.

"Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions"

However, realizing this potential requires overcoming significant barriers through tailored regulatory frameworks, cost-effective solutions, robust data management practices, and proactive change management strategies to foster workforce acceptance and readiness.

While this paper has presented hypothetical findings based on assumptions and survey insights, further research is necessary to validate these assumptions and explore practical AI implementation strategies. Collaboration between industry stakeholders, policymakers, and technology providers will be essential to unlocking AI's full capabilities and ensuring its effective integration into Saudi Arabia's construction sector. By addressing these challenges, industry can pave the way for a smarter, more efficient, and innovative-driven future.

REFERENCES

- 1) Abdullah, R., & Fakieh, B. (2020, March 13). Health care employees' perceptions of the use of artificial intelligence applications: Survey study. *JMIR Publications*, 22(5), e17620-e17620. <https://doi.org/10.2196/17620>
- 2) Abioye, S., Oyedele, L. O., Akanbi, L., Ajayi, A., Delgado, J. M. D., Bilal, M., Akinadé, O. O., & Ahmed, A. (2021, October 6). Artificial intelligence in the construction industry: A review of present status, opportunities and future challenges. *Elsevier BV*, 44, 103299-103299. <https://doi.org/10.1016/j.jobec.2021.103299>
- 3) Alateeq, M. M., P., F. R. P., & Ali, M. A. S. (2023, January 28). Construction site hazards identification using deep learning and computer vision. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, 15(3), 2358-2358. <https://doi.org/10.3390/su15032358>
- 4) Altaie, M. R., & Dishar, M. M. (2024). Integration of artificial intelligence applications and knowledge management processes for construction projects management. *Civil Engineering Journal*, 10(3). <https://doi.org/10.28991/CEJ-2024-010-03-06>
- 5) Areef, S., Amouri, L., El-Haggar, N., & Moneer, A. (2021, January 1). Exploring the socio-economic implications of artificial intelligence from higher education student's perspective. *Science and Information Organization*, 12(6). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2021.0120641>
- 6) Datta, S. D., Islam, M., Sobuz, M. H. R., Ahmed, S., & Kar, M. K. (2024, February 1). Artificial intelligence and machine learning applications in the project lifecycle of the construction industry: A comprehensive review. *Elsevier BV*, e26888-e26888. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26888>
- 7) Hassan, O. (2020, January 1). Artificial intelligence, Neom and Saudi Arabia's economic diversification from oil and gas. *Wiley*, 91(1), 222-227. <https://doi.org/10.1111/1467-923x.12794>
- 8) Khayyat, M., & Alshaikh, A. (2021). An investigation into the impact of artificial intelligence on the future of project management. *ResearchGate*.
- 9) Krishnan, S., & Krishnan, L. R. K. (2024). Impact of artificial intelligence on project delivery and implementation. *Vellore Institute of Technology*.
- 10) Mahmood, A., Al Marzooqi, A., El Khatib, M., & AlAmeemi, H. (2023). How artificial intelligence can leverage project management information system (PMIS) and data-driven decision-making in project management. *International Journal of Business Analytics and Security (IJBAS)*.
- 11) Merdžanović, I., Vukomanović, M., & Ivandić Vidović, D. (2023). A comprehensive literature review of research trends of applying AI to construction project management. *6th IPMA SENET Project Management Conference*.
- 12) Naggar, M., Alharbi, Z. A., Alanazi, A. M., Alsaiani, S. O., Alhemaidani, A. M., Alanazi, S. F., & Alanazi, M. M. (2023, August 2). Assessment of the perception and worries of Saudi healthcare providers about the application of artificial intelligence in Saudi health facilities. *Cureus, Inc.*. <https://doi.org/10.7759/cureus.42858>
- 13) Phaladi, M. G., Mashwama, X. N., Thwala, W. D., & Aigbavboa, C. O. (2022). A theoretical assessment on the implementation of artificial intelligence (AI) for an improved learning curve on construction in South Africa. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1218(1), 012003. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1218/1/012003>
- 14) Regona, M., Yiğitcanlar, T., Xia, B., & Li, R. Y. M. (2022, March 1). Opportunities and adoption challenges of AI in the construction industry: A PRISMA review. *Springer Science+Business Media*, 8(1), 45-45. <https://doi.org/10.3390/joitmc8010045>
- 15) Saudi Vision 2030. (2023, January 1). <https://www.vision2030.gov.sa/en/vision-2030/overview>
- 16) Sidawi, B., & Al-Sudairi, A. A. (2014, January 1). The use of advanced computer-based management systems by large Saudi companies for managing remote construction projects. *Elsevier BV*, 77, 161-169. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.07.013>
- 17) Taboada, I., Daneshpajouh, A., Toledo, N., & Vass, T. (2023, April 17). Artificial intelligence enabled project management: A systematic literature review.

"Adoption of Artificial Intelligence in the Construction Industry in Saudi Arabia: Challenges and Proposed Solutions"

- 18) Vision 2030 Annual Report. (2023, May 2). https://annualreport.vision2030.gov.sa/?id=homepage_i18n_ar&type=page&slug=/&locale=ar
- 19) Weng, J. (2023). Putting intellectual robots to work - Implementing generative AI tools in project management.
- 20) Zabala-Vargas, S., Jaimes-Quintanilla, M., & Jimenez-Barrera, M. H. (2023). Big data, data science, and artificial intelligence for project management in the architecture, engineering, and construction industry: A systematic review. *Buildings*, 13(12), 2944. <https://doi.org/10.3390/buildings13122944>
- 21) الفلاف, رائد و الصائغ, رباب و عجمي, إسماعيل و الففل, ماجد. الاستفادة من الذكاء الاصطناعي للابتكار في إدارة المشاريع استكشاف الإمكانيات والتطبيقات. *المجلة العلمية للتجارة والتمويل*, المجلد 44, 1-29. "دراسة حالة التشوه البصري في أمانة مدينة جدة".

المجلة العلمية للتجارة والتمويل
<https://caf.journals.ekb.eg>



الاستفادة من الذكاء الاصطناعي للابتكار في إدارة المشاريع استكشاف الإمكانيات

والتطبيقات" دراسة حالة إدارة التشوه البصري في أمانة مدينة جدة"

رائد القلاف^a رباب الصائغ^a اسماعيل عجمي^a ماجد الفلفل^a

^aكلية الادارة، جامعة ميدأوشن، الفجيرة، الامارات

تاريخ النشر الالكتروني: سبتمبر 2024

للتأصيل المرجعي: القلاف ، رائد، الصائغ، رباب ،عجمي، اسماعيل الفلفل، ماجد. الاستفادة من الذكاء

الاصطناعي للابتكار في إدارة المشاريع استكشاف الإمكانيات والتطبيقات" دراسة حالة إدارة التشوه البصري في

أمانة مدينة جدة"، **المجلة العلمية للتجارة والتمويل**، المجلد ٤٤ (3) .

المعرف الرقمي: 10.21608/caf.2024.379091

للتواصل مع المؤلف:¹

الاستفادة من الذكاء الاصطناعي للابتكار في إدارة المشاريع استكشاف الإمكانيات والتطبيقات" دراسة حالة إدارة التشوه البصري في أمانة مدينة جدة"

رائد القلاف

كلية الادارة، جامعة ميدأوشن، الفجيرة، الامارات

رباب الصائغ

كلية الادارة، جامعة ميدأوشن، الفجيرة، الامارات

اسماعيل عجمي

كلية الادارة، جامعة ميدأوشن، الفجيرة، الامارات

ماجد الفلفل

كلية الادارة، جامعة ميدأوشن، الفجيرة، الامارات.

تاريخ المادة

تم استلامه في 9 يوليو 2024 ، وتم قبوله في 8 أغسطس 2024، وهو متاح على الإنترنت سبتمبر 2024

ملخص البحث:

تهدف هذه الورقة البحثية إلى استكشاف إمكانيات استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لإحداث ثورة في إدارة المشاريع، مع التركيز على تطبيقها في رصد ومعالجة التشوه البصري في مدينة جدة. من خلال استكشاف كيفية مساهمة الذكاء الاصطناعي في تطوير المدن الذكية، تسلط هذه الدراسة الضوء على جهود أمانة مدينة جدة لتحسين البنية التحتية، وتعزيز الخدمات، وتعزيز مكانتها كمدينة مستدامة وذكية تستجيب بفعالية لاحتياجات سكانها وتحديات المستقبل. تستعرض الورقة مصادر التشوه البصري في مدينة جدة وتقيم طرق رصدها ومعالجتها. تقدم الدراسة رؤى مفصلة حول التحديات والفرص المرتبطة باستخدام الذكاء الاصطناعي لإدارة التشوه البصري. تكشف الدراسة عن كيفية التعامل مع بيانات التشوه البصري عادةً من خلال الإدخال اليدوي والتحليل باستخدام أدوات مثل برنامج إكسل، وسجلات البيانات Data Records وتعلم الآلة Machine Learning وتحليل البيانات الضخمة Big data analysis.

تم استخدام منصات وتطبيقات حكومية رئيسية، مثل منصة "ممثل" لإدارة الرقابة البلدية وتطبيق "بلدي لنس" الذي يستخدم الهواتف المحمولة ككاميرات داش كام، لتمكين دمج الذكاء الاصطناعي في إدارة المدن. ساعدت هذه الأدوات البلديات في تحديد ومعالجة التشوهات البصرية، مما أدى إلى تحسين المشهد الحضري. على سبيل المثال،

ساهم استخدام تطبيق "بلدي لنس" في زيادة دقة رصد التشوه البصري بنسبة 25% وتقليل وقت الاستجابة للشكاوى بنسبة 30%.

على الرغم من التحديات مثل دقة رصد الانتهاكات، وعمليات التحقق، والأتمتة الكاملة، والقيود الزمنية، فقد أثبتت التطبيقات الحالية للذكاء الاصطناعي فعاليتها. على سبيل المثال، تم تحقيق تقليل بنسبة 40% في حالات التشوه البصري خلال فترة الدراسة، وارتفعت معدلات الرصد وتغطية المناطق المستهدفة بنسبة 93%، وهذا يبرز الحاجة إلى دمج حلول الذكاء الاصطناعي في تخطيط المدن الذكية وإدارة التشوه البصري لتحقيق التنمية الحضرية المستدامة. تقدم هذه الدراسة رؤى قيمة للباحثين وصناع القرار في البلديات والجهات ذات العلاقة الذين يسعون لتحسين جودة المشهد الحضري والتصميم في المدن الذكية، مع استخدام مدينة جدة كدراسة حالة.

Abstract:

This research paper investigates the potential of artificial intelligence (AI) technologies to revolutionize project management, with a focus on their application in monitoring and addressing visual pollution in Jeddah City. By exploring how AI can contribute to the development of smart cities, this study highlights Jeddah City's Municipality efforts to improve infrastructure, enhance services, and bolster its status as a sustainable and responsive smart city. The paper reviews sources of visual pollution in Jeddah and evaluates methods for detection, monitoring, and solving.

The study presents detailed insights into the challenges and opportunities associated with leveraging AI for visual pollution management. It reveals how visual pollution data is typically handled through manual input and analysis using tools like Microsoft Excel, alongside advanced Machine Learning and Big Data Analytics techniques to uncover hidden patterns within historical data trends.

Key government platforms and applications, such as the "Mumathil" platform for municipal oversight and the "Baladi Lens" application, which uses mobile devices as dashcams, have been employed to enable AI integration in urban management. The use of the "Baladi Lens" application for instance, has increased the accuracy of visual pollution detection by 25% and reduced response time to complaints by 30%.

Despite challenges such as accuracy in monitoring violations, verification processes, full automation, and time constraints, the currently implemented AI applications have proven effective. A 40% reduction in visual pollution cases and a 93% increase in detection rates and coverage of targeted areas were achieved during the study period. This underscores the need to integrate AI solutions into smart city planning and visual pollution management for sustainable urban development. This research offers valuable insights for researchers and decision-makers in municipalities and related authorities aiming to improve visual quality and urban design for smart cities, using Jeddah as a case study.

الكلمات المفتاحية:

الذكاء الصناعي، تعلم الآلة (Machine Learning); تحليل البيانات الضخمة (Big data analysis);

إدارة التشوه البصري; المدن الذكية; التنمية الحضرية; أمانة مدينة جدة

1. المقدمة:

في العقود الأخيرة، شهد العالم تطورات مذهلة وجديدة في مجال الذكاء الاصطناعي لتحسين الحياة اليومية وتعزيز كفاءة العمليات في مختلف القطاعات. الذكاء الاصطناعي، بتقنياته المتقدمة وقدراته الفريدة، بات يمثل حجر الزاوية في مسيرة تطوير المدن الذكية، حيث يساهم في تحسين البنية التحتية، إدارة الموارد والمرافق بكفاءة، تعزيز الأمن العام، وتحسين جودة الخدمات المقدمة للسكان. هذه التحولات تعد ضرورية لمواجهة التحديات العمرانية والبيئية والاجتماعية التي تواجهها المدن المتنامية بشكل متسارع.

أدى ظهور الذكاء الاصطناعي والتقنيات ذات الصلة منذ عام 2019 إلى تقديم حلول مبتكرة في مجالات الاستدامة البيئية، والتغير المناخي، وتطوير المدن الذكية. وقد مكّن الذكاء الاصطناعي من تحليل البيانات الضخمة الناتجة عن أجهزة إنترنت الأشياء في المدن الذكية، مثل أجهزة الاستشعار والكاميرات، التي تجمع بيانات مستمرة عن جودة الهواء، حركة المرور، واستهلاك الطاقة. بالإضافة إلى ذلك، تُستخدم هذه الأجهزة للكشف عن التشوهات البصري من خلال جمع صور وفيديوهات لمظاهر التشوه البصري في المدينة. هذه البيانات تعزز عملية صنع القرار من خلال توفير معلومات دقيقة في الوقت الفعلي، وتتيح تفاعلاً فعالاً بين البشر والآلات في أنظمة الحوسبة والذكاء المتطورة، مما يساهم في تحسين إدارة التشوه البصري وتحقيق التنمية الحضرية المستدامة. (Bibri et al., 2023)

يلعب الذكاء الاصطناعي دوراً حاسماً في تعزيز النمو البيئي من خلال تمكين المباني الذكية وأنظمة النقل الذكية وإدارة المدينة الفعالة، وبالتالي تعزيز الفعالية وتبسيط استخدام الموارد. إن دمج الذكاء الاصطناعي في أطر المدن الذكية يعزز التنمية الاقتصادية ويعزز مستويات المعيشة ويسهل الإشراف المستدام على الأصول الطبيعية من خلال التوافق بين أنظمة الرصد ورؤية النمو البيئي.

حديثاً تم إطلاق مبادرة جودة الحياة كجزء من رؤية المملكة 2030، ويتم توظيف تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي لتحسين مستويات معيشة السكان من خلال زيادة المشاركة في الفعاليات الاجتماعية والثقافية. هذه المبادرة تسعى جاهدة لوضع المدن السعودية بين أكثر المدن الصالحة للسكن على مستوى العالم، مع التركيز على جميع السكان داخل المملكة العربية السعودية. مدينة جدة، باعتبارها واحدة من أبرز المدن في المملكة العربية السعودية وبوابة الحرمين الشريفين، تقف على أعتاب فرصة ذهبية للتحويل إلى مدينة ذكية رائدة من خلال استغلال الذكاء الاصطناعي. هذا البحث يستهدف استكشاف كيف يمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي أن تساهم في تطوير مدينة جدة، ليس فقط لتحسين البنية التحتية والخدمات، ولكن أيضاً لتعزيز مكانتها كمدينة مستدامة وذكية تستجيب لاحتياجات سكانها ومواجهة التحديات المستقبلية بفعالية.

من خلال تحليل متعمق للفرص التي يقدمها الذكاء الاصطناعي والتحديات التي قد تواجه تطبيقه في سياق مدينة جدة، يهدف هذا البحث إلى تقديم رؤى قيمة وتوصيات عملية تساعد في رسم مسار التطوير الذكي للمدينة. سيتم

ذلك من خلال استعراض تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجالات مختلفة مثل إدارة المرور والنقل، الإدارة الذكية للموارد، الرعاية الصحية، والأمن العام، مع التركيز على دراسات حالة مبادرات ناجحة من مدن أخرى حول العالم. بالنظر إلى الطموح الكبير للمملكة العربية السعودية في رؤية 2030 والدور الهام الذي تلعبه مدينة جدة في هذا السياق، يمثل هذا البحث خطوة مهمة نحو فهم وتحقيق إمكانات الذكاء الاصطناعي في تحقيق تطور شامل ومستدام للمدينة، بما يتماشى مع الأهداف الاستراتيجية للمملكة وتطلعات سكان مدينة جدة وسوف يتطرق هذا البحث للمخالفات البيئية الموجودة على أرض الواقع في مدينة جدة وعلى رأسها التشوه البصري.

أما بالنسبة لتعريف التشوه البصري، فإنها تختلف باختلاف شموليتها للمخالفات البيئية لذلك نستعرض هنا بعض التعريفات للتلوث البصري حتى يتضح المعنى بشكل أفضل. التشوه البصري الذي يعرف على أنه ضعف الجودة البصرية للمنطقة من خلال الإعلانات واللافتات غير الضرورية ، يشمل الآن أي عنصر يسبب فوضى قائمة على المناظر الطبيعية. يمكن أن يؤدي التعرض للتلوث البصري إلى عواقب عقلية وجسدية سلبية (AlElaiwi et al., 2023).

أما أحمد، فإنه يوصف التشوه البصري بأنه مصدر قلق جديد نسبياً ضمن الطيف الأوسع للتلوث البيئي ، مما يستلزم البحث لتصوره وإضفاء الطابع الرسمي عليه وتحديدده وتقييمه من أبعاد مختلفة. وهو يشمل غير المرغوب فيه وغير الممتع. (Ahmed et al., 2019).

تتناول الدراسة الصعوبات التي تواجهها تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحديد وتصنيف الملوثات البصرية، والتي تنشأ من اختلافاتها غير المحدودة في الشكل واللون والأبعاد، مما يجعلها أحد التحديات التي تتطلب مجموعات بيانات واسعة للتدريب. تقدم هذه التطبيقات نهجاً واعدًا لأتمتة عملية التصنيف، ومع ذلك، يبقى التحدي في تطوير نظام قادر على محاكاة الإدراك البشري عن كثب في تحديد الملوثات البصرية. بالإضافة إلى ذلك، تواجه إدارة عمليات الرصد تحديات في تحديد المتسببين في التشوه البصري بدقة، حيث يتطلب ذلك دمج البيانات من مصادر متعددة مثل سجلات العقارات والكاميرات المراقبة، لتحليل الأنماط وتحديد المسؤولين عن المخالفات. استخدام الذكاء الاصطناعي يساهم في تحسين هذه العمليات من خلال تحليل البيانات الكبيرة وتوفير نتائج دقيقة وسريعة، مما يساعد في اتخاذ قرارات مبنية على الأدلة وتقليل التشوه البصري بفعالية.

2. مشكلة الدراسة:

تعد مشكلة التشوه البصري مصدر قلق جديد نسبياً ضمن الطيف الأوسع للتلوث البيئي، مما يستلزم البحث لتصوره وإضفاء الطابع الرسمي عليه وتحديدده وتقييمه من أبعاد مختلفة. تكمن المشكلة في المناظر غير المرغوب فيها والتي تندرج تحت عنوان التشوه البصري. تأتي أهمية معالجة التشوه البصري كجزء لا يتجزأ من رؤية المملكة 2030 وبرنامج جودة الحياة، حيث تسعى هذه المبادرات إلى تحسين جودة الحياة وتعزيز البيئة الحضرية للسكان.

تحقيق أهداف رؤية 2030 يتطلب الاهتمام بالتفاصيل الجمالية للمدن، والعمل على إزالة مظاهر التشوه البصري لتحسين المشهد الحضري، ودعم التنمية المستدامة.

3. هدف الدراسة:

دراسة حالة: استكشاف إمكانيات الذكاء الاصطناعي في إدارة التشوه البصري في أمانة مدينة جدة. تهدف دراسة الحالة الى بحث امكانية ودور الذكاء الاصطناعي في إحداث ثورة في إدارة المشاريع عامةً و في إدارة مكافحة التشوه البصري بأمانة مدينة جدة بصورة خاصة، مع التركيز على كيفية تجاوز التحديات التي تطرحها الأساليب التقليدية لإدارة عمليات الرصد مثل الحاجة إلى تحسين الوقت، الكفاءة، الدقة، وتوزيع الموارد. بفضل قدرة تطبيقات الذكاء الاصطناعي على سرعة الرصد وعلى تحليل البيانات الضخمة وتقديم حلول دقيقة بسرعة فائقة، حيث يعد الذكاء الاصطناعي أداة محورية لتعزيز أداء وفعالية إدارة هذه المشاريع من خلال تقديم نماذج تحليلية متقدمة. ويمكن للذكاء الاصطناعي تحديد نقاط الضعف في الاستراتيجيات الحالية واقتراح تحسينات تستهدف استغلال الموارد بشكل أمثل وتقليل الوقت اللازم لتنفيذ المشاريع. في هذا القسم سيتم استعراض الطرق التقليدية التي تم استخدامها والتحديات الناتجة عنها والطرق الحديثة لعمليات رصد ومتابعة التشوه البصري في مدينة جدة.

4. أهمية الدراسة

تكتسب هذه الدراسة أهمية كبيرة نظرًا لتأثير التشوه البصري السلبي على جودة الحياة والبيئة الحضرية في مدينة جدة. التشوه البصري لا يقتصر فقط على التأثير البصري، بل يمتد ليشمل جوانب نفسية وصحية للسكان، مما يجعل من الضروري البحث عن حلول فعالة ومستدامة لمعالجته. تسعى هذه الدراسة إلى تحسين البيئة الحضرية ودعم رؤية 2030 من خلال تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين جودة الحياة وتحقيق التنمية المستدامة عن طريق ادارة عمليات رصد ومعالجة التشوه البصري.

تعد هذه الدراسة رائدة في استكشاف إمكانيات الذكاء الاصطناعي في تحويل مدينة جدة إلى مدينة ذكية. من خلال استخدام الذكاء الاصطناعي، يمكن تعزيز كفاءة عمليات رصد وإدارة التشوه البصري، مما يساهم في تسريع اتخاذ القرارات وتحسين الاستجابة للمخالفات البيئية. ستوفر هذه الدراسة نماذج وحلول مبتكرة يمكن تطبيقها في سياقات مشابهة، مما يساهم في تطوير ممارسات الإدارة الحضرية وتقليل التكاليف وزيادة الفعالية.

كما تساهم هذه الدراسة أيضًا في توسيع الفهم النظري والتطبيقي لاستخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المدن الذكية، مما يعزز البحث العلمي في هذا المجال. كما تقدم نتائج الدراسة رؤى قيمة لصناع القرار والمخططين الحضريين، حيث يمكنهم استخدامها لتطوير استراتيجيات وسياسات أكثر فعالية في إدارة التشوه البصري وتحسين المشهد الحضري. من خلال تقديم حلول مبتكرة ومستدامة، تسعى هذه الدراسة إلى دعم التنمية الحضرية المستدامة وتعزيز جودة الحياة في مدينة جدة.

5. الدراسات السابقة:

5.1. دراسة مايانك ميشرا و باولو لورنسو (2024)

تناولت الدراسة استخدام تقنية الذكاء الاصطناعي في المساعدة في تفتيش التراث الثقافي عبر تقديم نظرة شاملة على تقنيات الذكاء الاصطناعي والشبكات العصبية في رصد وحماية المواقع التراثية. وركزت الدراسة على كيفية استخدام هذه التقنيات في الكشف عن العيوب والتلفيات الهيكلية في المباني التراثية مما يساعد على تحديد أماكن التلفيات وأنواعها بدقة. وتطرقَت الدراسة أيضاً إلى دور التقنية في تحسين جهود الحفاظ على التراث والثقافة وتسهيل عمليات التفتيش والصيانة. كما تطرقت الدراسة إلى المزايا والقيود المتعلقة بهذه التقنيات و سلطت الضوء على أهمية الاستمرار في البحث والتطوير في هذا المجال لتعزيز جهود الحفاظ على التراث الثقافي.

5.2. دراسة سيندو ريدي ناجيريدي (أغسطس ٢٠٢٣)

ركزت الدراسة على استخدام الذكاء الاصطناعي في مجال إدارة المشاريع بهدف تغيير طرق تنفيذ مهام مديري المشاريع باستخدام خوارزميات الذكاء الاصطناعي المستخدمة في إدارة المشاريع. وقد قام الباحث باستخدام المنهج النوعي وكانت عينة البحث من العاملين في مجال إدارة المشاريع ممن لا تقل خبرتهم العملية عن ٣ سنوات. وبناء على ما تم الحصول عليه من معلومات توصل الباحث إلى وجود حاجة إلى استخدام تقنية الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع لتعزيز إنتاجية مديري المشاريع واستخدامه في التخطيط للمشاريع وإدارة الموارد واتخاذ القرارات.

5.3. دراسة زهراء هادي كاظم (أبريل 2023)

تناولت الدراسة أثر التشوه البصري في محافظة بابل على الذائقة الجمالية للعرض الحضري حيث ركزت الدراسة على انتشار الفوضى في مركز المحافظة مثل الهياكل غير المتناسقة ونقص عناصر التصميم المعاصرة والشوارع الضيقة المتهاكة وغياب الساحات العامة الترفيهية والمساحات الخضراء وغياب المعايير الجمالية الحضرية في المنطقة. وقد قامت الباحثة برصد 50 مشهداً كمجتمع للبحث تمثل موضوع البحث عن طريق الجولة الميدانية والتقاط الصور وكانت عينة البحث مكونة من 5 مشاهد تم اختيارها بالطريقة القصدية وتم استخدام المنهج الوصفي التحليلي. وقد أشارت نتائج البحث إلى أن للتشوه البصري دوراً كبيراً في التأثير على الذائقة الجمالية للعرض الحضري في محافظة بابل وأكدت على وجود فوضى و تشوهات بصرية في المنطقة. تلخصت أهم التوصيات في تحسين التخطيط والتنظيم الحضري لتحسين الجودة البصرية والجمالية للمنطقة واستخدام التصاميم المعاصرة وتوفير الساحات العامة الترفيهية والمساحات الخضراء كما أوصت بتفعيل التواصل بين المجتمع المحلي والمسؤولين من أجل تحسين العرض الحضري والتوعية بأهمية الجمالية الحضرية والحث على المشاركة المجتمعية في تطوير المنطقة وتحسين الذوق الجمالي.

5.4. دراسة محمد بيرات حسين وآخرون (2023)

قام الباحثون بإجراء دراسة بغرض تحليل وكشف التشوه البصري باستخدام نظام مبني بتقنية الذكاء الاصطناعي للكشف عن التشوه البصري بشكل تلقائي بحيث تكون عملية جمع البيانات وتحليلها مستمرة بغرض تحسين النظام وتم استخدام مفاهيم التعلم النشط والتعلم التدريجي بهدف تحسين أداء النماذج المدربة. تم استخدام نموذج YOLOv5 ونموذج Faster R-CNN ونموذج EfficientDet وقد أظهر النموذج الأول تفوقه على النموذجين الآخرين وقد استخدم الباحثون نظام أندرويد لتسهيل عملية تقديم الصور التي تحتوي على تلوث بصري مع إحداثيات الموقع مما يساعد الجهات ذات الصلة لرصد التشوه البصري وتحديد الموقع الجغرافي.

5.5. دراسة يوجيشوري شوارج و روبيش كين سونجكور (مايو ٢٠٢٢)

هدفت الدراسة إلى إدارة الوقت في المشاريع وتحديدًا مشاريع البرمجيات حيث قام الباحثان بإجراء مقابلات مع الموظفين وتعرفوا على المشكلة التي تواجه الموظفين وهي تلبية المتطلبات بحسب المواعيد في المشاريع. وقد أوصت الدراسة بأن يتم إدخال نظام الذكاء الاصطناعي وأدواته في مجال العمل وتدريب الموظفين على استخدامه من أجل تحسين عملية إدارة المشاريع.

5.6. دراسة ريم محمد باوارث (فبراير 2022)

قامت الباحثة في دراستها على التعرف على التشوه البصري ومظاهره وأسباب ظهوره وأثره على صحة الإنسان حيث تم تطبيق الدراسة في بعض أحياء مدينة جدة. وقد تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي في دراسة مظاهر التشوه البصري على عينة الدراسة وتم رصد مختلف أنواع التشوه البصري مثل النمط العمراني والملصقات الإعلانية والكتابة على الجدران. وخلصت الدراسة إلى وجود تباين في التشوه البصري بين الأحياء محل الدراسة وأوصت الدراسة إلى الحاجة لزيادة الوعي البصري وتحسين المشهد الحضري للأحياء.

5.7. دراسة سويتا بهاتشاريا وآخرون (2022)

قام الباحثون بدراسة استخدام تقنية التعلم العميق في تحليل البيانات في المدن الذكية بغرض تحسين إدارة الموارد ومن ثم تم التركيز على تطبيقات مختلفة وتجربتها على إدارة المرافق في المدن الذكية كنظام الإضاءة وسرعة ربط شبكات المرور. وقد خلصت الدراسة إلى أن استخدام عملية التعلم العميق يساهم في تطوير العديد من الأنظمة الآلية التي تساعد على تحسين جودة الحياة من الناحية الطبية ومن ناحية إدارة المدن الذكية أيضاً مما يساهم في توفير بيئة آمنة وصحية للمواطنين. وقد أوصت الدراسة إلى زيادة الاستثمار في بنية الإنترنت والتكنولوجيا التي تساعد على جمع البيانات وتعزيز البحث والتطوير في مجال البيئة الذكية والتعاون مابين القطاع العام والخاص لتبادل الخبرات والمعارف.

5.8. دراسة عثمان يوما وآخرون (2021)

قام الباحثون باستخدام تقنيات التعلم العميق و الاستشعار عن بعد للكشف عن عمليات تفريغ النفايات باستخدام طائرات بدون طيار في منطقة سانت لويس في السنغال حيث تم استخدام شبكات العصب العميقة في تحليل الصور المأخوذة من الطائرات وأظهرت النتائج أن النموذج يتعرف على المناطق المعنية بشكل جيد مع وجود صعوبات في بعض المناطق التي تقتصر إلى حقائق أساسية. كما بينت النتائج أن استخدام هذه التقنيات في عملية الكشف عن أماكن النفايات يعد أسلوباً ممتازاً وذلك للدقة العالية في تحديد مكان وأنواع النفايات. وقد أوصت الدراسة بإعادة بناء نموذج لكشف المناطق غير المغطاة ونموذج آخر للمناطق المغطاة.

5.9. دراسة خديجة واكلي وآخرون (2019)

تناولت الدراسة التحديات في عملية تقييم ورسم خرائط التشوه البصري في المدن وناقشت رصده باستخدام التطبيقات مفتوحة المصدر لرسم خرائط التشوه البصري. كما بحثت الدراسة إمكانية قياس التشوه البصري بفعالية في المدن في وقت وتكلفة أقل بواسطة التطبيقات مفتوحة المصدر مثل OpenGeo Suite و PostgreSQL و Open Data Kit (ODK) بحيث يتم تطوير نظام لجمع بيانات التشوه البصري في المدن باستخدام الأجهزة المحمولة وجمع البيانات وإدارتها عبر خادم على الإنترنت ومن ثم تحليل التشوه البصري المرصود. وقد توصلت الدراسة إلى إمكانية الاستفادة من التطبيقات مفتوحة المصدر في قياس التشوه البصري بفعالية كما شددت على أهمية توفير الدعم للموارد البشرية التي ستقوم بعملية الرصد باستخدام الأجهزة المحمولة. وأوصت الدراسة بتوفير تدريب مكثف للمختصين وبالأخص القائمين على تخطيط المدن لاستخدام أدوات تقييم التشوه البصري.

5.10. دراسة خديجة واكلي وآخرون (2019)

تستعرض الدراسة ضرورة تقييم التشوه البصري في البيئات الحضرية وأهمية وجود أداة لتقييم هذا التلوث حيث يقدم الباحث هذه الأداة لتسهيل عملية تقييم التشوه البصري. ويتمثل التحدي بحسب رأي الباحثين في تحديد وتصنيف العناصر المسببة للتلوث البصري وتقييم تأثيرها على البيئة والصحة العامة. وقد تم اقتراح وتطوير أداة تستخدم تقنية تحليل الهرم التسلسلي والمسح العام والمسابقة الفوتوغرافية لتحديد العناصر المسببة للتلوث البصري وتصنيفها. وكان من نتائج الدراسة أن الإدارة المقترحة توفر تقييم للتلوث البصري عبر قياس وجود خصائص مختلف العناصر المسببة للتلوث البصري كما تبين أيضاً مستوى التشوه البصري على مقياس من 1 إلى 100 وبين أيضاً أن هذه الأداة تعتمد على آراء الخبراء مما يجعلها قوية ومناسبة لمعظم المناطق الحضرية في الدول النامية ويمكن أن تساعد أصحاب القرار الحكومي ومخططي المدن في فهم أفضل لانتشار التشوه البصري.

6. منهجية الدراسة (دراسة الحالة):

تهدف الدراسة إلى بحث واستكشاف الكيفية التي يمكن للذكاء الاصطناعي (AI) أن يقود الابتكار في إدارة المشاريع، وبالتحديد معالجة التشوه البصري في أمانة مدينة جدة باستخدام سجلات البيانات Data Records وتعلم الآلة

Machine Learning وتحليلات البيانات Data analytics، والتعامل مع البيانات الضخمة Big Data، والكشف عن أنماط مخفية ضمن اتجاهات التشوه البصري التاريخية. سيساعدنا هذا النهج المدعوم بالذكاء الاصطناعي على فهم تحديات أمانة مدينة جدة في إدارة التشوه البصري والمعوقات التي واجهتها باستخدام طرق الرصد التقليدية، ومن ثم تطوير استراتيجيات أفضل لمعالجة ومواجهة تحديات رصد ومعالجة التشوه البصري.

سيتم استخدام دراسة الحالة للتعلم في تعقيدات إدارة التشوه البصري بالطرق التقليدية، وبحث ما إذا كانت تطبيقات الذكاء الاصطناعي تساهم في تحديد أوجه عدم الكفاءة، وتقييم استخدام الذكاء الاصطناعي الحالي، والتنبؤ بنقاط التلوث، واقتراح حلول مصممة خصيصًا للسياق الحضري في مدينة جدة. سيُظهر تحليلنا للبيانات التاريخية والبيانات في الوقت الفعلي كيف يمكن للذكاء الاصطناعي تحسين إدارة المشاريع التقليدية من خلال تعزيز عملية صنع القرار وتقليل الأخطاء، وتخفيف المخاطر، والتعامل مع مجموعات البيانات المعقدة بكفاءة وتوزيع الموارد. كما يمكن أن يساهم في مدى تكامل هذه التطبيقات مع الجهات الأخرى ذات العلاقة. يقدم هذا البحث في النهاية رؤية قيمة للباحثين وصناع القرار في الأمانات والجهات ذات العلاقة الذين يسعون إلى تحسين الجودة البيئية والتصميم الحضري في جدة وخارجها.

توفر أمانة مدينة جدة دراسة حالة مثالية لاستكشاف دور الذكاء الاصطناعي في معالجة التشوه البصري في الأماكن الحضرية المعقدة. يخلق مزيجها الفريد من التطور التاريخي والحديث، إلى جانب موقعها كبوابة للحرمين الشريفين، تحديات محددة للتلوث البصري مثالية لاختبار قدرة الذكاء الاصطناعي على رصد ومعالجة التشوه الحضري وتحسين جماليات المناطق الحضرية. بالإضافة إلى ذلك، فإن الموقف الاستباقي للأمانة تجاه الحلول التكنولوجية في الإدارة الحضرية يوفر بيئة داعمة وبيانات غنية للأبحاث التي تركز على الذكاء الاصطناعي. من خلال التركيز على جدة، يمكننا إظهار كيف يؤدي تحليل الذكاء الاصطناعي لبيانات التشوه البصري إلى رؤية قابلة للتنفيذ، والمساهمة في النهاية في النقاش الأوسع حول الاستدامة والابتكار في ممارسات إدارة المشاريع مما يساهم في تحقيق مستهدفات رؤية المملكة 2030 للارتقاء بجودة الحياة وتحسين المشهد الحضري.

كجزء من منهجية البحث، سيتم إجراء مقابلات شبه منظمة مع أصحاب المصلحة الرئيسيين في المشروع، بما في ذلك مدراء المشاريع ومتخصصو الذكاء الاصطناعي ومسؤولو أمانة مدينة جدة، لاكتساب رؤية أعمق حول عيوب طريقة الرصد التقليدية للتشوه البصري، معرفة طريقة عمل الأنظمة المستحدثة، فهم المعوقات والتحديات، وذلك من أجل معرفة الأهداف من عملية الرصد وطرق معالجتها. وقد صُممت هذه المقابلات بحيث تكون مفتوحة وموجهة بأهداف بحثية محددة، مما يسمح بالنقاط طيف واسع من وجهات النظر حول دور الذكاء الاصطناعي في إدارة المشاريع ضمن سياق جودة البيئة الحضرية. مكننا هذا النهج من الكشف عن تفاصيل دقيقة حول التحديات والفرص التي تمت مواجهتها في الاستفادة من الذكاء الاصطناعي لإدارة التشوه البصري، وبالتالي إثراء الفهم للآثار

العملية وفعالية الاستراتيجيات التي يحركها الذكاء الاصطناعي في بيئات العالم الحقيقي. ومن خلال هذه المحادثات، تم جمع روايات مباشرة وآراء خبراء لا تقدر بثمن ساهمت بشكل كبير في عمق واتساع نطاق تحليل دراسة الحالة الخاصة بنا.

توظف الدراسة تحليل الوثائق المتعلقة بالأنظمة المستخدمة للرصد من أجل دراسة وتقييم منهجية الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا) القائمة على الذكاء الاصطناعي في التفتيش واكتشاف التشوه البصري في أمانة مدينة جدة بشكل نقدي. سيتم تحليل الوثائق المتعلقة بنشر النظام ونتائج التفتيش وأداء المفتشين وإنفاذ الغرامات عبر موقع "إفاء" الحكومي. سيركز هذا التحليل على فعالية تحديد أوجه التشوه البصري والمتسببين من خلال التدقيق في الأطر التكنولوجية والإجرائية المستخدمة، سيكشف البحث عن التطبيقات العملية للذكاء الاصطناعي في الحوكمة البيئية، والأهم من ذلك، يقدم تقييماً نقدياً للاستراتيجيات المستخدمة لمكافحة التشوه البصري، وقد يوجه التحسينات المستقبلية.

بالإضافة إلى ذلك، تتضمن منهجية البحث تحليل التقارير الدورية التي يتم إنشاؤها أثناء تطبيق النظام الجديد لإدارة التشوه البصري في أمانة مدينة جدة ومقارنتها بمثيلاتها في طرق الرصد القديمة. تعتبر هذه التقارير بالغة الأهمية لفهم الفعالية التشغيلية والتحديات التي تمت مواجهتها مع النظام الذي يحركه الذكاء الاصطناعي، بما في ذلك القضايا المتعلقة بدقة الاكتشاف، وعيوب الآلة، والعوامل البيئية مثل الظروف الجوية. من خلال التدقيق في هذه التقارير، نهدف إلى تحديد الأنماط والقضايا المتكررة والأسباب في حصول التشوه البصري والتي قد تؤثر على كفاءة النظام والإدارة الشاملة للتلوث البصري وتقديم بعض المقترحات لتحسينها وبحثها مستقبلاً.

يمكن هذا التحليل من تقييم موثوقية ومتانة التكنولوجيا في مختلف السياقات الحضرية والبيئية، وتقديم رؤى حول كيفية تكيف النظام مع المتغيرات الخارجية مثل التغيرات المناخية وإدارتها، والتي يمكن أن تؤثر بشكل كبير على قدرات الكشف. من خلال هذه المراجعة الشاملة، نعتزم تسليط الضوء على مجالات التحسين في البنية التحتية التكنولوجية والبروتوكولات التشغيلية، لضمان قدرة نظام الذكاء الاصطناعي على المساهمة بشكل فعال في رصد ومعالجة التشوه البصري بشكل فعال. علاوة على ذلك، فإن فهم هذه الديناميكيات سيوفر ملاحظات قيمة لمتخصصي الذكاء الاصطناعي ومديري المشاريع وصناع القرار، مما يسهل تحسين تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الإدارة الحضرية والمساهمة في تطوير أنظمة مراقبة بيئية أكثر مرونة وقابلية للتكيف.

7. الإطار العملي: أدوات الرصد والتحليل باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي

في هذا الجزء، سيتم استعراض ومقارنة بين الأساليب التقليدية لرصد مخالفات التشوه البصري والأساليب الحديثة التي تعتمد على تقنيات الذكاء الاصطناعي. سيتم استعراض الممارسات التقليدية التي كانت تُستخدم في أمانة مدينة جدة، والتحديات التي واجهتها هذه الأساليب من حيث الدقة والكفاءة والسرعة. بالإضافة إلى ذلك، سيتم

تسليط الضوء على الحلول التكنولوجية الحديثة مثل منصة ممثّل وتطبيق بلدي لنس، ودورها في تحسين عمليات الرصد والمتابعة.

سيتناول هذا الجزء أيضًا دور الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا) في تطوير أنظمة الرصد وتحليل البيانات لتحسين المشهد الحضري. كما سيتم مناقشة دور غرفة عمليات التشوه البصري في أمانة مدينة جدة في متابعة وتنفيذ عمليات الرصد والإغلاق باستخدام التقنيات الحديثة. ومن خلال هذا الجزء، سيتم تقديم رؤية شاملة حول كيفية تطور طرق رصد التشوه البصري من الأساليب التقليدية إلى الحلول الذكية، وتقييم الفعالية والتحسينات التي طرأت على عمليات الرصد بفضل التقنيات الحديثة.

7.1. الممارسات التقليدية لرصد مخالفات التشوه البصري

تضمنت الممارسات التقليدية في أمانة مدينة جدة والبلديات التابعة لها قبل الاستفادة من تقنيات الذكاء الاصطناعي للكشف عن التشوه البصري إجراء مسوحات وجولات رقابية من قبل المفتشين المعيّنين، والاعتماد على شكاوى العامة عن طريق تطبيق بلدي، واستخدام الأدلة الفوتوغرافية، وتعبئة الاستمارات الورقية أو الانظمة الالكترونية في كل أمانة على حدة للإبلاغ عن التشوه البصري. هذه الأساليب عادة تكون بحاجة لجهد في جدولة المهام وتحديد الأولويات، وتوزيع المفتشين على المناطق ذات الأولوية أو التي تتطلب وقت ليطم تغطيتها جغرافيا. كما أن فعالية الكشف وإدارة التشوه البصري تكون معتمدة بشكل كبير على الملاحظة والتقارير البشرية والتي يمكن أن تتأثر بالانحيازية وكفاءة المفتشين وخبرتهم في تقييم المخالفة. ويتم التعامل مع البيانات المجمعة حول التشوه البصري عادةً من خلال الإدخال والتحليل اليدوي باستخدام برنامج مايكروسوفت إكسل. ويشمل هذا الإجراء عدة خطوات وهي:

1. جمع البيانات: يقوم المفتشون بتعبئة سجلات الرصد اليومية بتفاصيل رصد التشوه البصري.
2. إدخال البيانات: يتم إدخال المعلومات التي تم جمعها يدويًا في جدول البيانات، حيث يُسجل كل رصد على حدة، ويتم تصنيفها حسب النوع و البلدية التابع لها والموقع.
3. التنظيم: يتم تنظيم البيانات داخل جدول البيانات في جداول وتصنيفها لتسهيل الفرز والتصنيف.
4. التحليل: باستخدام الوظائف المدمجة في إكسل، يمكن تحليل البيانات لتلخيص المعلومات، مثل حساب إحصائيات الرصد، تحديد أكثر أنواع التشوه البصري شيوعًا، أو تحديد تكرار الرصد في مناطق مختلفة.
5. التقرير: يتم تجميع نتائج التحليل في تقارير، والتي تشمل جداول ورسوم بيانية تعرض النتائج. تُستخدم هذه التقارير لإطلاع صناع القرار وتوجيه جهود التصحيح.
6. المشاركة والتواصل: يتم مشاركة ملفات إكسل أو التقارير مع أصحاب المصلحة ذوي العلاقة عبر البريد الإلكتروني، أو النسخ المطبوعة، أو العروض التقديمية لمناقشة النتائج والتخطيط للإجراءات اللاحقة.

هذا النهج في التعامل مع البيانات يعتمد بشكل كبير على العمليات اليدوية ويكون عرضة للأخطاء البشرية، مثل الخطأ في إدخال البيانات، التحيز من قبل المفتشين، دقة توصيف المشكلة المرصودة، معرفة المتسبب في المخالفة، دقة تحديد الموقع الجغرافي، أو الإغفال أثناء التحليل. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يكون استهلاكًا للوقت وقد لا يوفر رؤية فورية بسبب التأخير بين جمع البيانات وإدخالها وتحليلها وبناءا عليه يصعب الاستجابة للحالات المرصودة ومعالجتها.

7.2. الرصد والتحليل باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي:

في هذا الجزء، سيتم استعراض الأدوات والتقنيات المستخدمة في رصد وتحليل التشوه البصري باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي. سيتم تناول الأنظمة والمنصات التي تم تبنيها، مثل منصة ممثّل وتطبيق بلدي لنس، وكيفية عمل هذه الأدوات في جمع وتحليل البيانات المتعلقة بالتشوه البصري، ولوحة البيانات المرتبطة بكل أداة. سيتم أيضًا تسليط الضوء على الأساليب والبرمجيات المتقدمة التي تتيح تحليل البيانات الضخمة واستخلاص الأنماط المخفية من خلال تعلم الآلة وتحليل البيانات الضخمة. سيتم مناقشة كيفية تطبيق هذه الأدوات في بيئة حضرية معقدة مثل مدينة جدة، والتحديات التي واجهتها خلال التنفيذ وكيف يتم استخدام هذه التقنيات في الرصد الفعال وتحليل التشوه البصري، بالإضافة إلى تقييم كفاءتها مقارنة بالطرق التقليدية.

7.2.1. الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا)

تسهم الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا) بوصفها المرجع الوطني لكل ما يتعلق بالبيانات والذكاء الاصطناعي في المملكة في تلبية متطلبات النمو الاقتصادي والديمقراطي الذي تشهده المملكة من خلال تحقيق التنمية الحضرية المستدامة في مختلف مدنها، بما يعزز رخاء وجودة حياة المواطنين والمقيمين، ومن ذلك تحسين المشهد الحضري بالتعاون مع وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان وأمانة مدينة جدة بتهيئة الأماكن العامة في المدن على نحو يُحسن من مستوى خدماتها تحقيقاً لمستهدفات رؤية المملكة 2030.

واستطاعت "سدايا" أن تعزّز من هذا الدور الوطني من خلال إنشاء المنصة الوطنية للمدن الذكية (Smart C) التي تهدف إلى دعم عدة قطاعات حيوية منها القطاع البلدي؛ ليكون لها دور رئيس في دعم أعمال الوزارة في تحسين المشهد الحضري من أي حالات تشوه قد تقع في مختلف مدن المملكة، علاوةً على دورها في دعم أعمال التخطيط ورفع جودة الحياة بما يعزز من أهداف برنامج جودة الحياة احد برامج رؤية المملكة 2030.(SADAIA, 2022).

كما ذكر التقرير (SADAIA, 2022) توقيع "سدايا" مع الوزارة العام 2023 مذكرة تفاهم تهدف إلى تحقيق الاستفادة القصوى من التقنيات وتحليلات البيانات والذكاء الاصطناعي، وتفعيل مفهوم المدن الذكية بما يُعزز قيادة المملكة في هذا المجال؛ وذلك للوصول إلى الأهداف الاستراتيجية المشتركة في رفع مستوى تقديم الخدمات البلدية والسكنية،

وتحقيق الاستدامة الحضرية في مناطق المملكة كافة خاصة بمدينة جدة. وسعت "سدايا" من خلال هذه المذكرة إلى توفير الحلول الذكية المختلفة للرصد وتحليلات البيانات ونماذج الذكاء الاصطناعي لديها لدعم مستهدفات الوزارة في تطوير وتوفير منصات المدن الذكية لدعم الأعمال التشغيلية المتعلقة بنظافة المدن ومعالجة التشوه البصري والصحة العامة مع توفير التحليلات المتعلقة بالسكان والتوسع العمراني بما يساندها في رفع مستوى التخطيط والتوزيع للخدمات والارتقاء بجودة الحياة، وتحسين خدمات المدن الذكية من خلال مشاركة الخبرات التقنية وتجارب إثبات المفهوم لمنتجات المدن الذكية للقطاعين البلدي والسكني.

كما أتاحت "سدايا" (خدمة تحسين المشهد الحضري) من خلال تطبيق "توكلنا خدمات"؛ لرفع ومتابعة بلاغات التشوه البصري من خلال التطبيق في خطوة تستهدف فيها اتخاذ منهج جديد في عملية المحافظة على المدن والتخطيط العمراني بما يحقق التفاعل الإيجابي بين السكان ومدنهم التي يعيشون فيها وزيادة التعاون للمحافظة على نظافتها.

كما وقّعت "سدايا" مع أمانة مدينة جدة مذكرة تفاهم خلال العام 2023 تهدف إلى إنشاء معمل (أمانة) لتحليل البيانات، ودعم قرارات الأمانة؛ بهدف رفع جودة الحياة، والإسهام في تطوير أعمالها وخدماتها وأنشطتها المتنوعة، إضافة إلى استخدام الإمكانيات التقنية المتوفرة لدى الهيئة في توفير أحدث التقنيات والأدوات؛ للإسهام في رفع جودة خدمات القطاع البلدي وتوفير حلول تقنية مبنية على الذكاء الاصطناعي والبيانات لتطوير إدارة المدينة بشكل مستدام. وتركز أعمال معمل (أمانة) على رفع قدرات التحليل والتنبؤ، وتوفير حلول المدن الذكية وتحليلات البيانات ونماذج الذكاء الاصطناعي من خلال مشاركة الخبرات التقنية وتجارب إثبات المفهوم في حالات الاستخدام لمنتجات المدن الذكية للأمانة. (SADAIA, 2022)

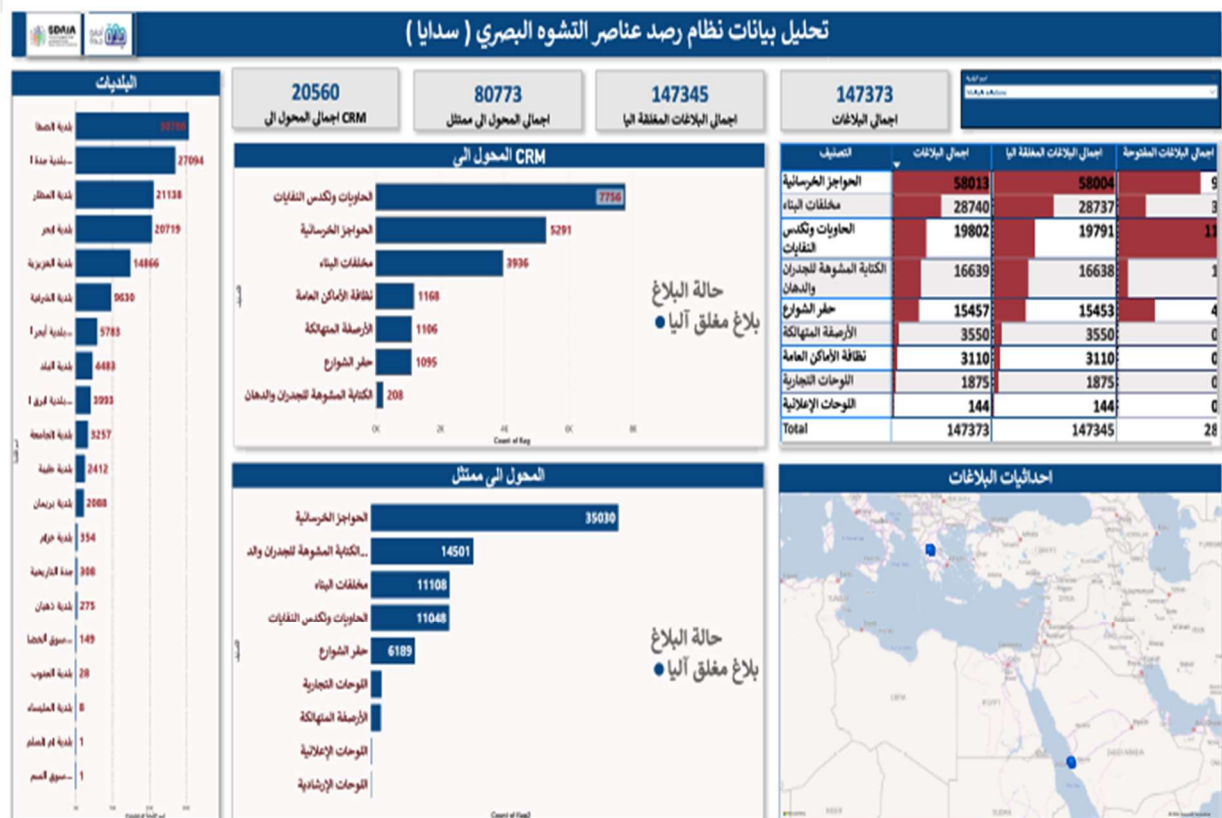
واهتمت "سدايا" بتعزيز مفهوم الشراكة المجتمعية في المحافظة على المشهد الحضري لمدن المملكة وفي مقدمتها العاصمة الرياض إذ أطلقت خلال أعمال القمة العالمية للذكاء الاصطناعي في نسختها الثانية التي عقدت في سبتمبر 2022م تحدي (سمارتاؤون) تحت عنوان (تحدي المدن الذكية) بالشراكة الاستراتيجية بين وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان، والهيئة الملكية لمدينة الرياض، وأمانة منطقة الرياض بهدف تطوير حلول حديثة لتحسين المشهد الحضري بمدن المملكة، والتوصل إلى طرق تقنية تُسهّم في الكشف عن مظاهر التشوه البصري والحد منها باستخدام البيانات والذكاء الاصطناعي. (SADAIA, 2022)

يعرض الشكل (1) نموذج لوحة معلومات نظام سدايا (Dashboard) لرصد عناصر التشوه البصري معلومات شاملة حول البلاغات المتعلقة بالتشوه البصري في المملكة. يبدأ العرض بقائمة على الجانب الأيسر العلوي تظهر الجهات المختلفة المشاركة في البلاغات، مثل أمانة جدة وأمانة الرياض، مع عرض عدد البلاغات لكل جهة. في المنتصف العلوي، يظهر إجمالي عدد البلاغات في النظام، والذي يبلغ 147,345 بلاغاً، مع تقسيم البلاغات إلى

فئات مختلفة تشمل البلاغات المغلقة، وبلاغات غير محددة الموقع، وبلاغات خارج نطاق الأمانات. في القسم الأوسط، يتم عرض البلاغات بحسب حالتها، مثل تجاوزات الباعة الجائلين، الكتابة على الجدران، والنفايات الكبيرة الحجم، مع عدد البلاغات لكل حالة.

على الجانب الأيمن، يتم عرض خريطة توضح توزيع البلاغات حسب المناطق الجغرافية، مما يساعد في تحديد المناطق الأكثر تعرضًا للتشوهات البصرية. أعلاه، يوجد جدول يوضح توزيع البلاغات حسب نوع التشوه البصري وعدد البلاغات لكل نوع، مثل المخلفات الإنشائية، اللوحات الدعائية العشوائية، والإنارة العامة. كما يتم عرض عدد البلاغات التي تم إغلاقها آليًا بالإضافة إلى حالتها من حيث التنفيذ.

توفر لوحة المعلومات نظرة شاملة ومفصلة على حالة التشوه البصري في مدينة جدة وتساعد الجهات المختصة في إدارة وتحليل البيانات بفعالية. من خلال استخدام الأدوات التحليلية المتقدمة، تساهم اللوحة في تحسين عملية صنع القرار وتخصيص الموارد بشكل أفضل لمكافحة التشوهات البصرية، مما يعزز من جودة البيئة الحضرية ويساهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة المتوقعة من رؤية المملكة 2030.

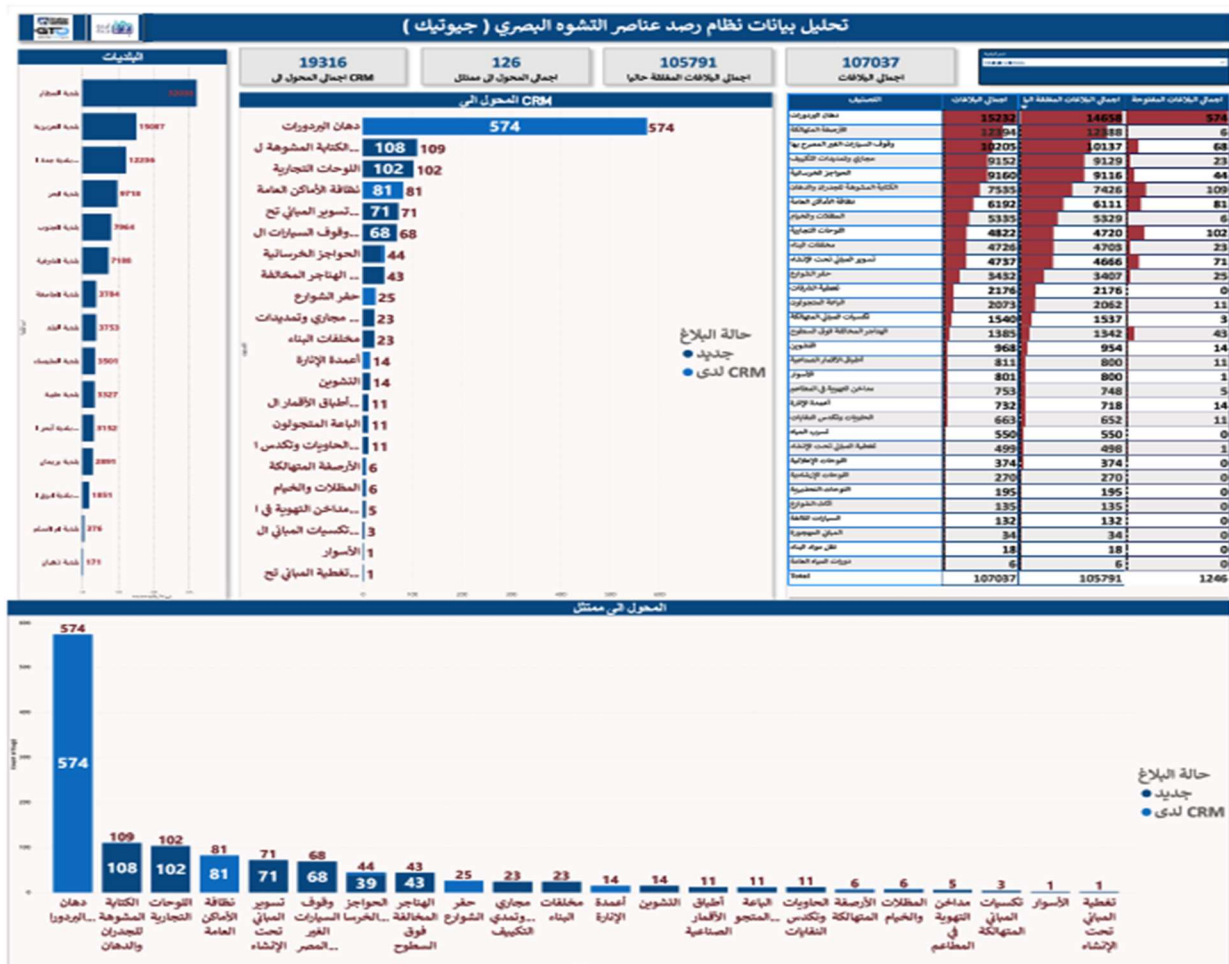


شكل 1: لوحة بيانات نظام سدايا (المصدر: منصة سدايا)

7.2.2. جيوتيك (الرصد الآلي) لعناصر التشوه البصري:

قامت "جيوتك" على إيجاد حلول تقنية لرصد مظاهر التشوه البصري في مدينة جدة؛ لتحسين المشهد الحضري في المدينة، حيث تغطي كامل المدينة بشكل دوري باستخدام كاميرا درون ، كما عملت على تطوير حلول ونماذج الذكاء الاصطناعي لأتمتة عمليات الرقابة في الكشف عن مظاهر التشوه البصري من خلال إرسال البيانات المرصودة إلى وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان؛ لدعم أعمالها الرقابية في الميدان ومعالجة أماكن التشوه البصري.

تعرض لوحة البيانات الخاصة بنظام جيوتك (شكل 2) وهي مشابهة لما تم شرحه في الشكل 1. تظهر اللوحة إجمالي عدد البلاغات في النظام والذي يبلغ 105,791 بلاغاً، مع تقسيم البلاغات إلى البلاغات المغلقة، وبلاغات غير محددة الموقع، وبلاغات خارج نطاق الأمانات. في القسم الأوسط، يتم عرض البلاغات بحسب حالتها مثل تجاوزات الباعة الجائلين، الكتابة على الجدران، والنفايات الكبيرة الحجم، مع توضيح حالة اغلاق البلاغ.



شكل 2: لوحة بيانات نظام جيوتك (المصدر: منصة جيوتك)

7.2.3. عيوب طريقة الرصد بالذكاء الاصطناعي باستخدام سدايا وجيوتك وأبرز الملاحظات:

بالاطلاع على التقارير الدورية التي تصدرها الامانة عن عمليات الرصد فإنه تم رصد بعض الملاحظات على انظمة الرصد باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي وتشمل هذه الملاحظات:

1. عدم وضوح بعض صور الحاويات لمعرفة الناقل ليتم توجيه الناقل بالمعالجه.
2. وجود بلاغات جديدة لحالات قديمة تبين عند الوقوف الميداني انه تم معالجتها.
3. وجود بلاغات على حاويات غير ممثلة ، حيث مازال النظام لا يميز بين الحاويات الممتلئة والغير ممثلة.
4. تكرار نفس البلاغ والملاحظة بأرقام مختلفة.
5. عدم وضوح صور بعض البلاغات المرفقة.
6. رصد بعض الحواجز على أنها نفايات.
7. رصد أشخاص على أنهم عناصر من التشوه.

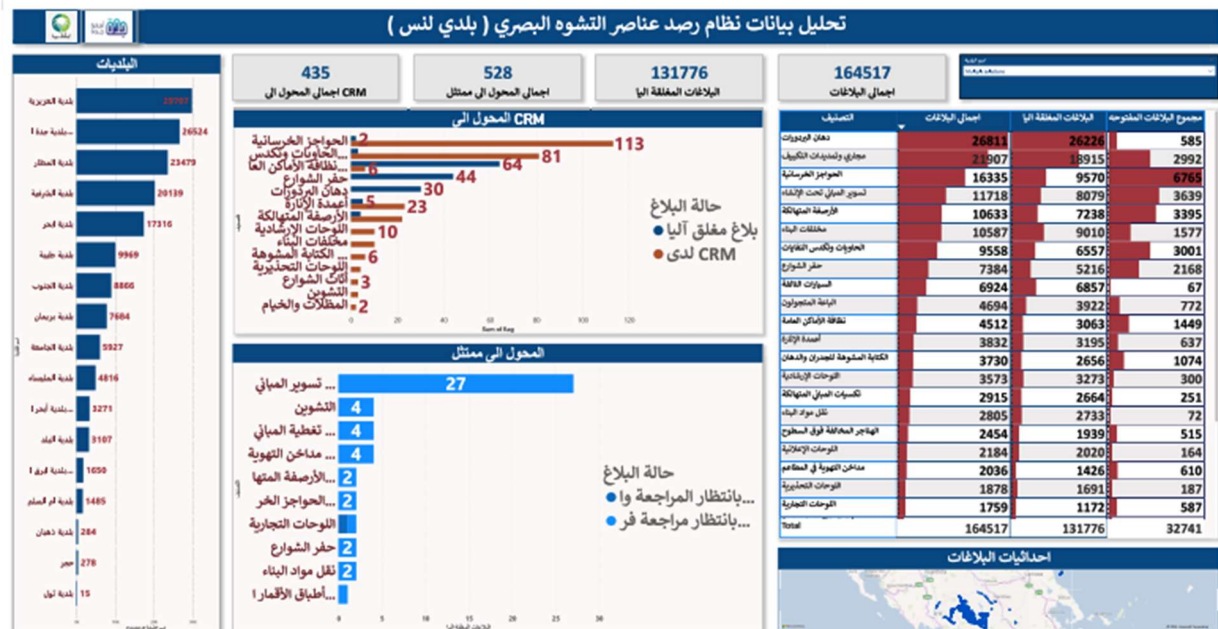
7.2.4. تطبيق بلدي لنس:

عملت "سدايا" على إيجاد حلول تقنية لرصد مظاهر التشوه البصري في مدينة جدة؛ وفقاً لما جاء في دليل "تطبيق بلدي لنس" (2023) عن طريق الاستكشاف الآلي حيث يمكن تدريب خوارزميات الذكاء الاصطناعي عبر تقنية Machine Learning على التعرف على أنواع مختلفة من التشوه البصري وتصنيفها في الصور أو مقاطع الفيديو باستخدام تقنيات مثل استكشاف الاشياء Object detection و تجزئة الصور image segmentation . يتم تغطية كامل المدينة بشكل دوري باستخدام أسطول مركبات مجهزة بكاميرات عالية الدقة (Dash Cams) لبناء تمثيل رقمي للمدينة، كما عملت على تطوير حلول ونماذج الذكاء الاصطناعي لأتمتة عمليات الرقابة في الكشف عن مظاهر التشوه البصري من خلال إرسال البيانات المرصودة إلى وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان عبر منصة ممثلة؛ لدعم أعمالها الرقابية في الميدان ومعالجة أماكن التشوه البصري. تم تطوير تطبيق بلدي لنس ليتم استغلال اجهزة الجوال لتقوم بعمل الداش كام لرصد مظاهر التشوه البصري ومساعدة الأمانات من أجل رصده ومعالجته. يعرض الشكل (3) لوحة بيانات الرصد عبر تطبيق بلدي لنس والتي تم مناقشتها سابقا. من أهداف ومميزات تطبيق بلدي لنس:

1. توفير الوقت والجهد لعملية رصد عناصر التشوه البصري بالاعتماد على عدد مراقبين اقل، كما انه لا يتطلب أي تدخل من المراقب أثناء عملية الرصد.
2. توفير جميع المعلومات وعمليات الرصد بشكل مباشر للأمانة من خلال توفير خريطة تفاعلية.
3. التقاط الصور الإيجابية والسلبية بشكل تلقائي.

4. زيادة نسبة التغطية للنطاقات ذات الأولوية لرصد عناصر التشوه البصري عن طريق التقاط صورة بمعدل صورة لكل 25 متر.

5. متابعة أداء المراقبين بصورة حية ومباشرة عن طريق تحديد موقع المراقب بتقنيات عالية الدقة من خلال الاعتماد على الأقمار الصناعية.



شكل 3: لوحة بيانات نظام بلدي لنس (المصدر: منصة سدايا)

7.2.5. منصة ممثلة للرقابة لعناصر التشوه البصري:

هي منصة مركزية تابعة لوزارة الشؤون البلدية والقروية والهدف منها هو إدارة جميع عمليات الرقابة البلدية بأنواعها المختلفة على مستوى الأمانات والبلديات، تتضمن أتمتة كامل دورة عمل الرقابة البلدية من خلال مجموعة من الإجراءات والإعدادات المرنة القابلة للتعديل حسب احتياجات كل أمانة وبلدية أو مقدم الخدمة من القطاع الخاص. تهدف المبادرة الى إزالة عناصر التشوه البصري الأكثر شيوعا في المدن وتستهدف جميع سكان المملكة العربية السعودية وتساهم في تحسين المشهد البصري. ومن المتوقع من المبادرة تقليص عناصر التشوه البصري عن طريق إزالة مخلفات البناء، تحسين مظهر حاويات النفايات، إزالة اللوحات التجارية المخالفة، إزالة السيارات التالفة..... إلخ، وتنفيذ حملات تفتيشية من حين لآخر، وتنفيذ حملات للشراكة المجتمعية للمشاركة في إزالة بعض هذه العناصر وتنفيذ مشاريع تحسين عمراني لمحاور الحركة في المدن. ويبرز الهدف من تطبيق ممثل للرقابة الموحدة هو تفعيل دور البلديات في سرعة رصد مخالفات المنشآت المختلفة من خلال الزيارات التفتيشية التي ينفذها المراقبون وإحالتها إلى الإدارة المعنية بالبلدية ثم إلى رئيس البلدية لمراجعة واعتماد هذه المخالفات.

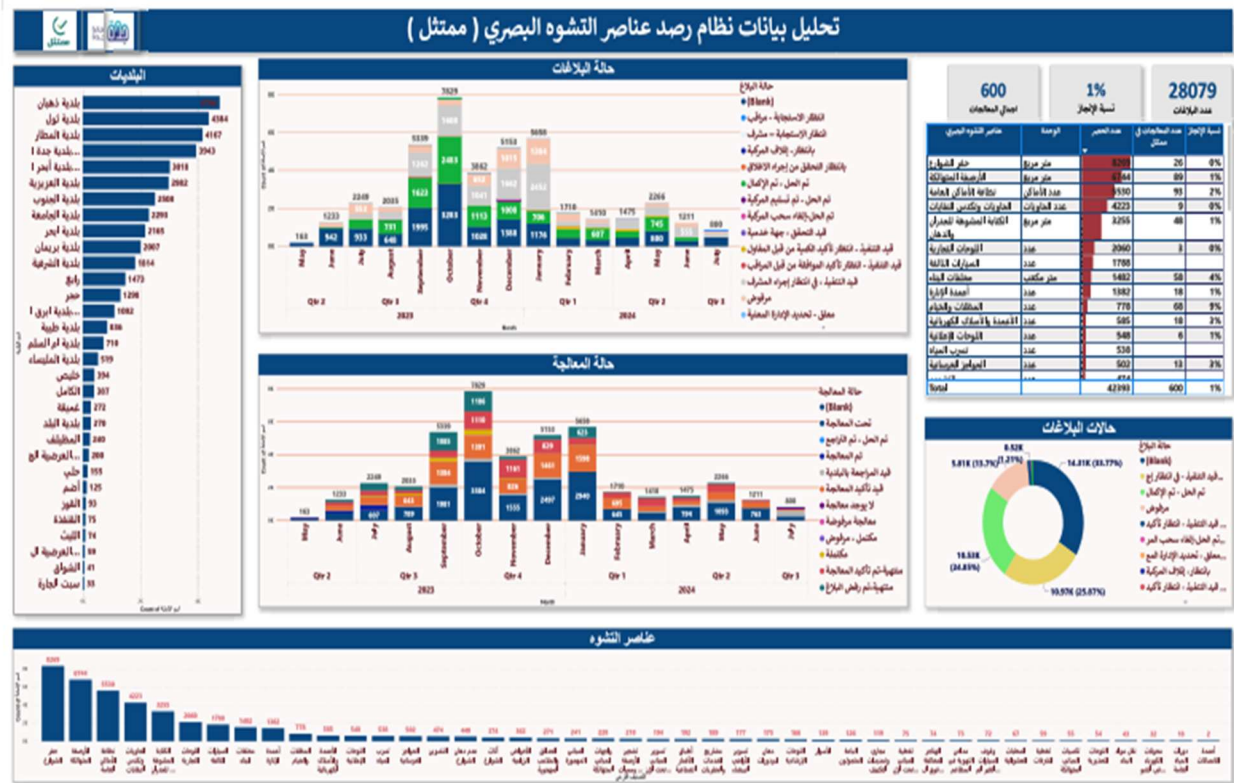
كما توفر المنصة ثلاث محركات رئيسية وهي محرك التجميع، محرك الأولويات ومحرك تحديد المخالف. تعمل هذه المحركات عن طريق أداة الذكاء الاصطناعي المعروفة بنظام تحليل البيانات الضخمة (Big data analysis) وقد تم ربطها بالجهات ذات العلاقة لتسهيل عملة تحديد هوية المخالف. تقوم المحركات بناءً على البيانات الواردة من الرصد الآلي من تحديد المتسبب في المخالفة بالرجوع مثلاً إلى هوية مالك العقار أو السجل التجاري أو رخص الحفر أو البناء، ثم يقوم النظام بتسجيل هوية المخالف ومن ثم تحويل المخالفة لمنصة إيفاء وإغلاق المخالفة آلياً. وفي حال عدم قدرة النظام على تحديد المتسبب أو عدم وضوح أي بيانات تخص الرصد، يتم تحويل المخالفة إلى منصة بلدي ليتم التحقق عن طريق المراقبين الميدانيين. ومن أهداف ومميزات منصة ممثل للرقابة البلدية :

1. رفع كفاءة أداء عمليات الرقابة من خلال رقمنة ونمذجة جميع إجراءات الرقابة بجميع عملياتها وأنواعها على مستوى القطاع البلدي.
2. تفعيل دور البلديات في سرعة رصد مخالفات المنشآت المختلفة من خلال الزيارات التفتيشية التي ينفذها المراقبون وإحالتها إلى الإدارة المعنية.
3. تمكين الأمانات والبلديات ومقدمي الخدمات من إعداد جميع عمليات أنواع الرقابة حسب معايير مرنة خاصة تحقق متطلباتها بما يتماشى مع تطلعات وزارة الشؤون البلدية والقروية.
4. تزويد متخذي القرار بمختلف مستوياتهم الإدارية بمؤشرات الأداء والتقارير التي تساعد في مراقبة وتطوير عمليات الرقابة.

يعرض الشكل (4) لوحة معلومات منصة ممثلة والتي تقدم تحليلاً شاملاً لبيانات رصد عناصر التشوه البصري لكامل المدينة. تبدأ اللوحة بعرض قائمة على الجانب الأيسر تظهر الجهات المختلفة المشاركة في البلاغات، مثل أمانة جدة وأمانة الرياض، مع عدد البلاغات لكل جهة. في الجزء العلوي من الوسط، يتم عرض حالة البلاغات بشكل تراكمي حسب الفصول الزمنية للسنوات المختلفة، حيث توضح الرسوم البيانية توزيع البلاغات بناءً على نوع التشوه البصري. إلى اليمين، يظهر ملخص لإجمالي عدد البلاغات (28,079 بلاغاً) مع تقسيمها إلى البلاغات المغلقة، والتي تحت الإجراء، والبلاغات الجديدة، بالإضافة إلى نسبة الإنجاز الإجمالية (1%).

تحت الجزء العلوي، يتم عرض حالة النظافة بنفس الطريقة، حيث يتم تحليل بيانات البلاغات المتعلقة بالنظافة عبر الزمن، مما يسهل فهم التغيرات الموسمية والاتجاهات. أسفل اللوحة، يتم عرض عناصر التشوه البصري بشكل مفصل، مع رسم بياني يوضح عدد البلاغات لكل نوع من أنواع التشوه البصري. على الجانب الأيمن السفلي، يوجد رسم دائري يوضح حالة البلاغات بنسبة مئوية لكل حالة (مغلقة، تحت الإجراء، جديدة)، مما يساعد في تقييم الأداء العام للمنصة في معالجة البلاغات.

تساهم هذه اللوحة في تقديم نظرة شاملة ومفصلة حول حالة التشوه البصري في المدن المختلفة، مما يساعد الجهات المختصة في اتخاذ قرارات مستنيرة لتحسين البيئة الحضرية. استخدام الأدوات التحليلية المتقدمة في لوحة معلومات منصة ممثّل يعزز من فعالية إدارة الموارد ويساعد في تحقيق أهداف التنمية المستدامة من خلال تحسين جودة الحياة للسكان.



شكل 4: لوحة بيانات نظام بلدي لنس (المصدر: منصة ممثّل)

7.2.6. دور غرفة عمليات التشوه البصري في أمانة مدينة جدة:

تقوم غرفة عمليات التشوه البصري بمتابعة عمليات الرصد والإغلاق على مستوى الأمانة. حيث تبدأ عملية إدارة التشوه البصري بالخطوة الأولى والتي تتمثل في استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في الرصد والنقاط المخالفات المحتملة. بعد ذلك، يتم الإبلاغ عن هذه المخالفات من خلال منصة ممثّل حيث تمر بعملية تصنيف عن طريق الثلاث محركات السابق ذكرها، ثم يتم توزيع الشكاوى إلى الأنظمة الداخلية للأمانة استنادًا إلى طبيعة التشوه البصري. ثم تقوم لجنة مخصصة في كل بلدية بمراجعة واعتماد تفاصيل التشوه المبلغ عنه. يتم بعد ذلك رفعها على منصة إيفاء، ويتم إخطار المخالف بالمخالفة، بما في ذلك إجراءات الدفع أو المعالجة الإضافية من قبل البلدية في حالة عدم القدرة على تحديد هويته. وتختتم العملية بفحص الجودة، المتضمن زيارة متابعة إن لزم للتأكد من حل المشكلة، وينتهي بإغلاق الرصد.

كما يتم في غرفة العمليات تحليل بيانات نظام رصد عناصر التشوه البصري عن طريق سحب البيانات الخاصة بالرصد الذكي من قبل تقنيات الذكاء الاصطناعي من أجل إنشاء لوحة بيانات (الشكل 1) الأمر الذي لم يكن متوفر من البيانات الناتجة من طريقة الرصد التقليدية. توفر لوحة البيانات رؤية شاملة ومفصلة لعمليات الرصد وعرضها بشكل بصري سهل الفهم يساعد في تسهيل عملية صنع القرار من خلال تقديم ملخصات واضحة ودقيقة تقود إلى قرارات مبنية على البيانات الفعلية. كما تعمل على تحسين الكفاءة بتقليل الحاجة لتقارير معقدة وطويلة، مما يسمح بالوصول السريع للمعلومات. لوحة البيانات مهمة أيضاً في المراقبة المستمرة للأداء للبلديات الفرعية، وتُعدّ أساسية للاستجابة للتغيرات وتعديل الاستراتيجيات للتعامل مع نتائج الرصد عند الضرورة، وكذلك تربط بين الأهداف الاستراتيجية والأداء اليومي وتوزيع الموارد حسب الحاجة، مما يعزز التركيز على المبادرات التي تدعم اتخاذ القرارات وتحقيق هذه الأهداف اليومي وتوزيع الموارد حسب الحاجة، مما يعزز التركيز على المبادرات التي تدعم اتخاذ القرارات وتحقيق هذه الأهداف.

8. الحدود المكانية والزمانية للدراسة:

استهدفت الدراسة مدينة جدة وهي من أكبر المدن داخل المملكة العربية السعودية. وتعتبر واحدة من أبرز المدن في المملكة العربية السعودية وتقف على أعتاب فرصة ذهبية للتحويل إلى مدينة ذكية رائدة من خلال استغلال الذكاء الاصطناعي. حيث يمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي أن تسهم في تطوير مدينة جدة، ليس فقط لتحسين البنية التحتية والخدمات، ولكن أيضاً لتعزيز مكانتها كمدينة مستدامة وذكية تستجيب لاحتياجات سكانها وتواجه التحديات المستقبلية بفعالية. وقد اقتصرَت الدراسة على الممارسات المتعلقة بالأنظمة المستخدمة للرصد من أجل دراسة وتقييم منهجية الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا) القائمة على الذكاء الاصطناعي في التفتيش واكتشاف التشوه البصري في أمانة مدينة جدة في عامي 2023 إلى 2024.

9. التحليل والنتائج:

تؤكد الدراسة الإمكانات والفعالية العالية للذكاء الاصطناعي في اكتشاف وتصنيف الملوثات البصرية من صور الطرق العامة رغم وجود بعض التحديات مثل دقة رصد المخالفات والتحقق من المخالفة والمخالف و الأتمتة الكاملة وعامل الوقت أيضاً وغيرها من التحديات التي تمت الإشارة لها، إلا أن التطبيقات المستخدمة حالياً أثبتت جدارتها مع التأكيد على الحاجة إلى دمج حلول الذكاء الاصطناعي في التخطيط الحضري وممارسات الإدارة البيئية من أجل التنمية الحضرية المستدامة.

تم تحديد 5 تصنيفات أساسية لعناصر التشوه البصري من قبل وزارة الشؤون البلدية والقروية وهي الطرق والشوارع، الإنارة والمرافق الخدمية واللوحات، المباني، الحدائق والفراغات العامة. و يندرج تحته هذه التصنيفات 43 تصنيف فرعي لعناصر التشوه البصري. يتم رصد جميع هذه البنود عن طريق تطبيق بلدي لنس

وذلك بسبب سرعة وكفاءة الرصد عن طريق التسجيل المباشر بواسطة كاميرات الداش كام، بينما يتم رصد 10 عناصر من التصنيف الفرعي بواسطة نظام سدايا و 32 عنصر بواسطة نظام جيوتك وذلك طبقاً لإمكانيات الانظمة.

9.1 نتائج الرصد التقليدية:

تقوم غرفة عمليات التشوه البصري بجمع البيانات التي يتم رصدها من قبل مفتشين الأمانة والبلديات الفرعية التابعة لها بشكل أسبوعي عن طريق نموذج موحد في برنامج الاكسل تم إعداده وتوزيعه بواسطة غرفة عمليات التشوه البصري لسهولة الحصول على البيانات. يحتوي الجدول على بيانات الرصد الاساسية وتشمل البلدية الفرعية، الحي، عنصر التشوه البصري المرصود ووحدة قياسه، بالإضافة الى إجمالي أعداد العناصر المرصودة وحالة الإغلاق. في المقابل يفترض النموذج لمعلومات الراصد، احداثيات الرصد، صور الحالة المرصودة مما يصعب عملية متابعة المفتشين والحصول على المعلومات اللازمة في حال الحاجة للرجوع لموقع المخالفة أو المفتش الذي قام بالرصد. ايضاً لا يحتوي الملف على وقت وتاريخ رصد المخالفة، وقت وتاريخ إغلاقها وذلك ليتم حساب الزمن المستغرق في إغلاق المخالفات وبالتالي حساب كفاءة الرصد والاغلاق.

بالإضافة الى ماسبق ومن خلال اجراء المقابلات تبين ان البيانات المدخلة يدوياً، خاصة بكميات كبيرة وتفاصيل متعددة، يمكن أن تشكل تحدي في إدارتها والتعامل معها وذلك بسبب عدة عيوب تؤثر على جودة البيانات وكفاءتها والفعالية العامة لعمليات إدارة وتحليل البيانات مثل:

1. عرضة للخطأ البشري: الإدخال اليدوي للبيانات يكون عالي الحساسية للأخطاء، بما في ذلك الأخطاء الطباعية، التكرارات، الحذف، أو عدم الدقة. هذه الأخطاء يمكن أن تؤدي إلى بيانات غير موثوقة، مما يؤثر على التحليلات واتخاذ القرارات.
2. يستغرق وقتاً طويلاً ويتطلب جهداً كبيراً: يتطلب إدخال البيانات يدوياً وقتاً وجهداً كبيرين، مما يجعله عملية غير فعالة، خاصة بالنسبة لمجموعات البيانات الكبيرة والمعقدة نسبياً. هذا يمكن أن يؤخر توفر البيانات للتحليل واتخاذ القرارات.
3. مكلف: غالباً ما يتطلب الإدخال اليدوي للبيانات المزيد من الأفراد، مما يزيد من تكاليف العمل. بالنسبة للمشاريع الكبيرة النطاق، يمكن أن يكون هذا أكثر تكلفة بكثير من العمليات الآلية.
4. مشاكل في التوسع: مع نمو حجم البيانات، تصبح عملية الإدخال اليدوي أكثر صعوبة في الإدارة وغير فعالة. من الصعب توسيع العمليات اليدوية لتلبية متطلبات مجموعات البيانات الكبيرة.
5. قدرة محدودة على تحليل البيانات: يمكن أن يعيق إدارة البيانات يدوياً القدرة على أداء تحليلات معقدة، خاصة عند التعامل مع مجموعات بيانات كبيرة. بالمقارنة، يمكن للأنظمة الآلية معالجة البيانات وتحليلها بسرعة، مما يكشف عن اتجاهات ورؤى تساعد في اتخاذ القرارات والتي لا يمكن أن توفرها العمليات اليدوية.

6. تحديات الاتساق والتوحيد للبيانات: ضمان الاتساق والتوحيد عبر البيانات المدخلة يدويًا يعتبر تحديًا، حيث يمكن أن يكون لدى الأفراد تفسيرات مختلفة لكيفية تسجيل البيانات. يمكن أن يؤدي هذا إلى عدم اتساق يعقد التحليل ويتطلب جدها لتصحيحها.
7. صعوبة في التحديث والصيانة وحفظ البيانات: يمكن أن يكون تحديث وصيانة البيانات يدويًا أمرًا معقدًا عرضة للأخطاء. يمكن للأنظمة الآلية تتبع التغييرات والتحديثات والحفظ بسهولة أكبر، مما يضمن بقاء البيانات حديثة ودقيقة.
8. قيود الوصول والمشاركة: قد لا تكون البيانات المدخلة يدويًا في نظام واحد سهلة الوصول أو متوافقة مع أنظمة أخرى، مما يجعل من الصعب مشاركة البيانات أو دمجها عبر المنصات أو مع أصحاب المصلحة الآخرين.
9. مخاطر الأمان والامتثال: قد لا تمثل عمليات إدخال البيانات يدويًا دائمًا للوائح حماية البيانات والخصوصية، مما قد يؤدي إلى ثغرات أمنية ومشاكل قانونية.

9.2. نتائج الرصد باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي:

إن الانتقال إلى أنظمة إدخال وإدارة البيانات الآلية يمكن أن يساعد في التقليل من عيوب الطريقة التقليدية، حيث يمكن أن تساعد هذه الأنظمة على تحسين الدقة والكفاءة، القابلية للتوسع، الأمان والخصوصية، كما تمكن من إجراء تحليلات متقدمة واكتساب رؤى أكثر تعقيدًا من البيانات تساعد في إدارة عمليات التشوه البصري بفعالية. كل هذه المميزات توفره التقنيات الحديثة المرتبطة بالذكاء الاصطناعي التي تم مناقشتها مسبقًا، حيث تقوم النماذج والتقنيات المستخدمة في الرصد بتوفير جميع البيانات اللازمة والتي افتقرت لها طريقة الرصد التقليدية مثل أحداثيات الرصد، صور الحالة، معلومات الرصد، مما يساعد في سهولة التعامل مع البيانات الضخمة بواسطة تقنية Big Data، كما وفرت المنصات كما تم مناقشتها سابقًا لوحة بيانات شاملة Dashboard تفاعلية لمتابعة أعمال الرصد داخل الامانة.

ومن أجل توحيد المخرجات وإجراء التحليلات اللازمة للبيانات ليتم الاستفادة بها من قبل الجهات ذات العلاقة، تقوم الجهات الرائدة للتشوه البصري بإدخال البيانات في منصة ممثلة كونها المنصة المركزية التابعة لوزارة الشؤون البلدية والقروية والتي يتم عن طريقها إدارة وامتة جميع عمليات وبيانات الرقابة على مستوى الأمانات والبلديات. كما توفر المنصة إمكانية تخصيص المخرجات وربطها بمؤشرات قياس الاداء و لوحة التحكم (Dashboard) داخل الامانة والتي تساعد أصحاب المصلحة بتقييم الأداء وتحديد الاتجاهات واتخاذ قرارات مستنيرة بناءً على المعلومات المرئية، والذي لا يمكن تحقيقه باستخدام الطرق التقليدية للرصد والتعامل مع البيانات وذلك لمتابعة المستهدفات والأهداف المطلوب تحقيقها من قبل الامانة وذلك من اجل تحقيق مستهدفات رؤية المملكة 2030.

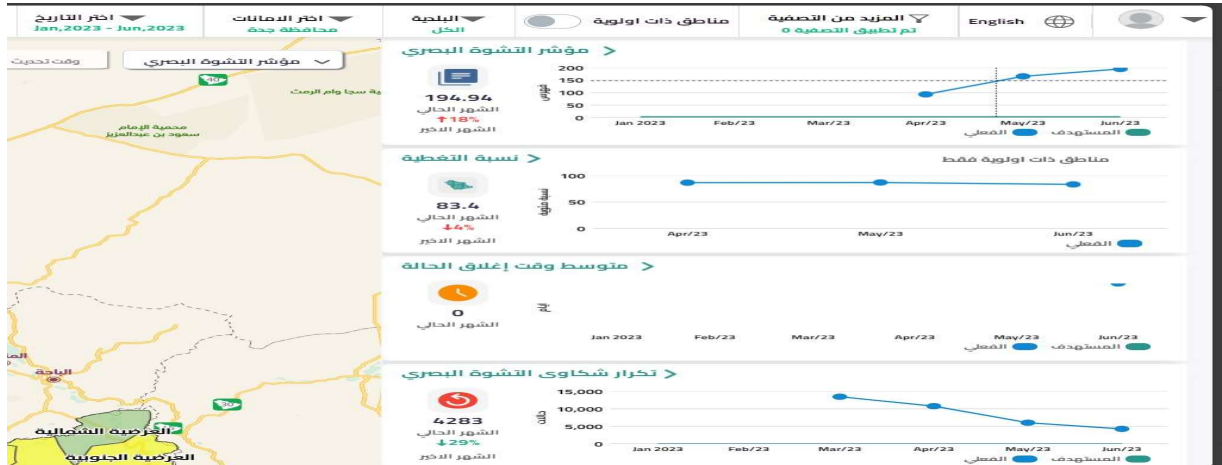
لتحليل نتائج الرصد وفهم أثر تطبيقات الذكاء الاصطناعي على ادارة عمليات رصد التشوه البصري، ومدى فعالية هذه الانظمة مقارنة بطرق الرصد التقليدية، فقد تم استخراج إحصائيات الرصد من منصة ممثّل التابعة لوزارة الشؤون البلدية والقروية وقد تم الاعتماد عليها في مناقشة مخرجات الرصد بسبب ارتباطها بمؤشرات قياس الاداء المتعلقة بأهداف رؤية المملكة 2030.

يحتوي تقرير منصة ممثّل على أربعة مؤشرات رئيسية للتشوه البصري، وهي مؤشر التشوه البصري وهو "مقياس موحد لقياس تأثير التشوه البصري على نطاق المملكة إلى مستوى تحديد صغير يبلغ 1*1 كيلو متر مربع للشبكات الحضرية في جميع أنحاء المملكة"، ومؤشر نسبة التغطية (%)، مؤشر متوسط وقت اغلاق الحالات لتقييم كفاءة الاطراف المسؤولة في معالجة بلاغات التشوه البصري (يوم)، وأخيرا مؤشر تكرار شكاوي التشوه البصري المتكررة داخل نفس المنطقة الجغرافية ذات الخصائص المماثلة (عدد) (MOMRA,2024)

توفر المنصة ايضا خريطة تفاعلية تقدم تمثيلاً بصرياً لمؤشرات التشوه البصري الأربعة، يتم ترميزها بالألوان على الخريطة وهي اللون الأخضر (منخفض)، الاصفر (متوسط)، البرتقالي (مرتفع) واخيرا اللون الاحمر (مرتفع جدا). تساعد الخريطة بشكل سريع على معرفة كفاءة الاستجابة لكل بلدية، حيث يدل اللون الأخضر مثلاً على مناطق الاستجابة السريعة والفعالة، بينما يدل اللون الأحمر على المناطق التي تعاني من تأخير كبير في الاستجابة لشكاوي التشوه البصري. كما يتيح المؤشر الرؤية الواضحة لنسبة تغطية المناطق بالتشوه البصري و معدلات تكرار الشكاوي فيها، مما يساعد متخذي القرار في تحليل الوضع بصورة سريعة وتطوير استراتيجيات لمكافحة التشوه البصري بشكل أكثر فعالية. وحيث ان المنصة تمكن الحصول على بيانات الرصد لفترة لا تزيد عن ستة أشهر، فقد تم تقسيمها إلى ثلاثة فترات رئيسية من أجل تحليل النتائج كما يلي.

9.2.1. الفترة من يناير 2023 إلى يونيو 2023

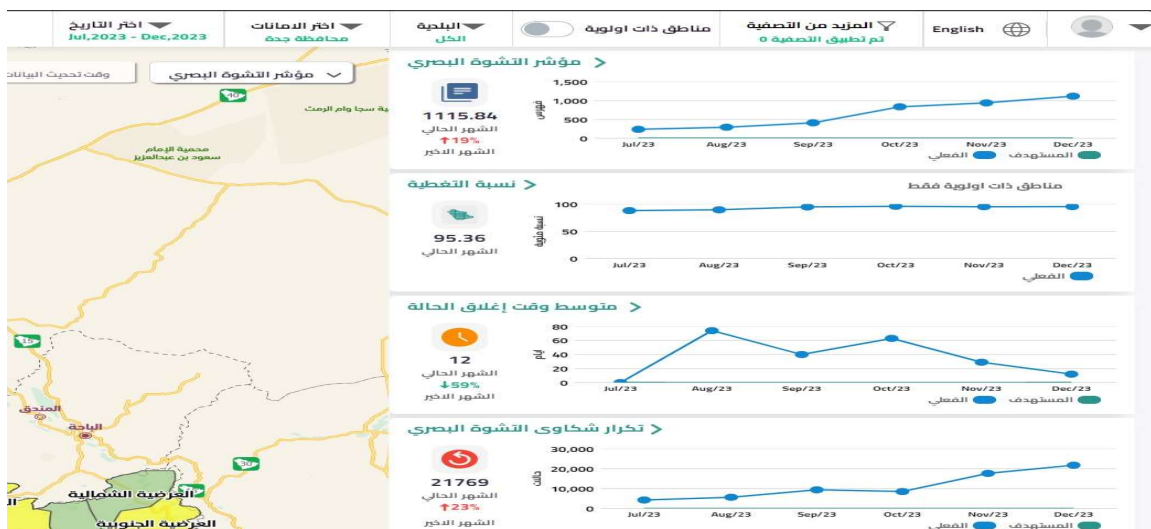
يشير الشكل (5) إلى بداية مؤشر التشوه البصري خلال شهر أبريل وهو وقت بدء استخدام منصة ممثّل، رغم وجود طرق الرصد القديمة. كما يشير الشكل إلى أن معدل تكرار شكاوي بدأ في الانخفاض في مايو مع ارتفاع نسبة الكشف عن التشوه البصري بنسبة 18%، وهو ما يرتبط باستخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي سدايا وجيوتك، مع معدل تغطية وصل إلى 83.4 للمناطق ذات الأولوية.



شكل 5: مؤشرات التشوه البصري من يناير 2023 إلى يونيو (المصدر: منصة ممتثل) 2023

9.2.2 الفترة من يوليو إلى ديسمبر 2023

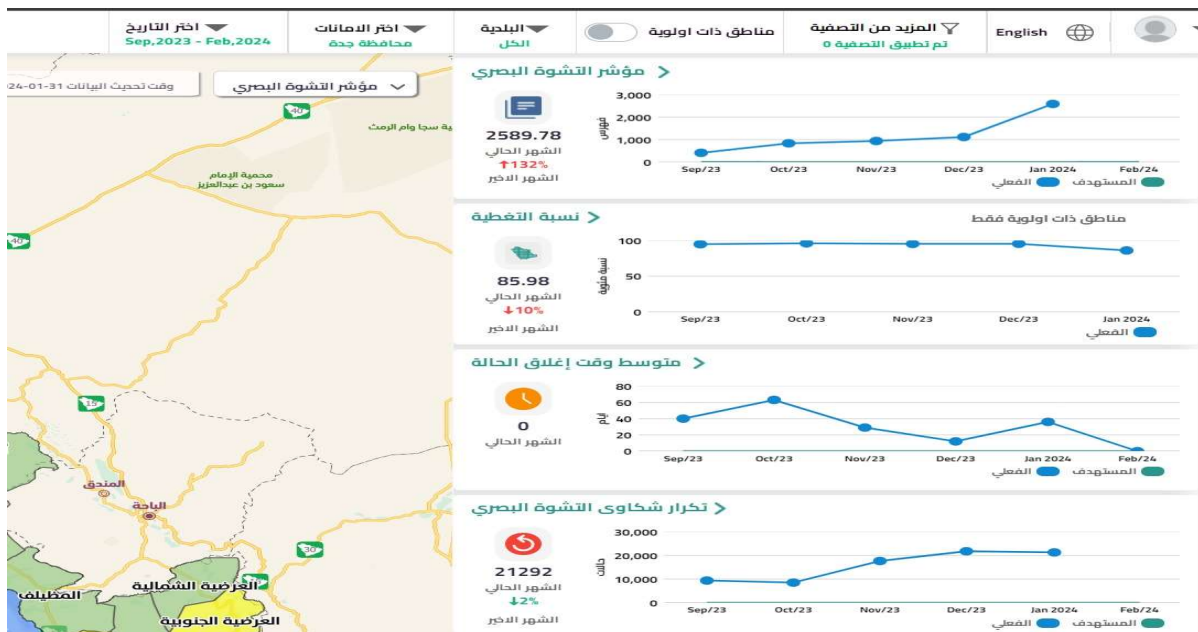
يبين الشكل (6) استمرار مؤشر التشوه البصري في الارتفاع حيث ارتفع المؤشر من 237 في بداية الفترة إلى 1115 في نهايتها، وكذلك ارتفاعاً في نسبة التغطية إلى 95.36%، ويعود ذلك إلى تحسين قدرات الكشف لدى أنظمة الذكاء الاصطناعي (سدايا وجيوتك) وبالتالي إلى زيادة كفاءة عمليات الرصد. ومع ازدياد حالات الرصد فقد ازداد متوسط وقت الإغلاق للملاحظات ليصل ذروته في شهر أغسطس الأمر الذي يعكس الازدياد الكبير في عدد الحالات المرصودة، ولكنه انخفض بنسبة 59% مع نهاية عام 2023 ليصل إلى أقل من 20 يوم لإغلاق الملاحظات المرصودة، حيث أصبح النظام قادراً على رصد المتسبب المحتمل للمخالفة وإيقاع الغرامة ومن ثم إقفال المخالفة آلياً دون الحاجة لإرسال مراقب للموقع.



شكل 6: مؤشرات التشوه البصري من يوليو 2023 إلى ديسمبر (المصدر: منصة ممتثل) 2023

9.2.3. الفترة من سبتمبر 2023 إلى مارس 2024

تشهد الفترة ارتفاعاً مطرداً في مؤشر التشوه البصري (الشكل 7)، يعود على الأرجح، إلى تراكم مستمر لمظاهر التلوث أو تحسينات أكبر في قدرات أنظمة الذكاء الاصطناعي (سدايا وجيوتك). ومع إطلاق أداة الذكاء الاصطناعي الجديدة (بلدي لينز) في يناير ٢٠٢٤، يظهر ارتفاع حاد في المؤشر، إذ يساعد تطبيق بلدي لنس إلى النقاط المزيد من حالات التشوه البصري باستخدام الداش كام. حيث نتج عن ذلك ارتفاع في مؤشر التشوه البصري بنسبة 132%، ورغم ذلك فقد ارتفع معدل وقت إغلاق الحالات إلى 36 يوم مع بدء تطبيق نظام بلدي لنس في شهر يناير لكنه انخفض مرة أخرى مقرباً من الصفر بسبب آلية النظام في تحديد المخالف وإغلاق المخالفة.



شكل 7: مؤشرات التشوه البصري من سبتمبر 2023 إلى مارس 2024 (المصدر: منصة ممثّل) بناءً على تحليل النتائج السابق ذكره فقد توصلت الدراسة إلى أن هناك اختلاف واضح في معدلات الكشف قبل وبعد استخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي. حيث ساهم إدخال أنظمة الذكاء الاصطناعي (سدايا وجيوتك) في مايو 2023 إلى زيادة ملحوظة في رصد و اكتشاف التشوه البصري، مما يدل على أن لكل أداة جديدة تأثير على مؤشر التشوه البصري، مع إظهار الأداة الأحدث (بلدي لنس) التأثير الأكثر أهمية مما يدل على فعالية استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي وهو ما أكدته الدراسات السابقة، حيث ساهمت منصة ممثّل والمحركات التي تستخدمها في سهولة التعامل مع البيانات الكبيرة وربطها مع الجهات ذات العلاقة من أجل تحديد المتسبب في التشوه البصري، وتشير البيانات أيضاً إلى مساهمة أنظمة الرصد المعتمدة على تقنيات الذكاء الاصطناعي من زيادة كفاءة عمليات الرصد وتقليل الجهد المبذول للرصد مقارنة بطرق الرصد التقليدية.

10. توصيات الدراسة:

1. عمل قاعدة بيانات بين الامانات يتم تزويد نظام ML بها لتحسين عمليات الرصد والفلترة للمخالفات لتقادي رصد الاجسام الغير مرغوبة مثل الاشخاص، الحاويات الغير ممتلئة على سبيل المثال لا الحصر.
2. توحيد شكل بعض الصبات واعمدة الحماية وتغذية النظام بها مثل الموجودة امام المنشآت الخاصة بحيث لا يتم رصدها من قبل النظام
3. بحث إمكانية وضع رمز استجابة سريع QR Code على الحاويات يكون قابل للقراءة من قبل انظمة الرصد لتحديد هوية مالك الحاوية وسهولة تتبعه.
4. الربط مع وزارة النقل باستخدام أنظمة تتبع المركبات لمراقبة نقل وتفرغ النفايات ومخلفات البناء إلى المرامم الرسمية وذلك من أجل مكافحة أسباب التشوه البصري المتعلقة برمي المخلفات في الاراضي الفضاء.
5. التحقيق في نماذج الذكاء الاصطناعي التي تتجاوز التطبيقات القياسية من أجل التطور والاستدامة البيئية ، لتقييم مزاياها وقيودها.
6. تحليل فوائد وعيوب تنفيذ تقنيات الذكاء الاصطناعي في سياق المدن الذكية بيئيا ، للكشف عن القصور وتحسين الأداء الحالي.
7. دراسة كيف يمكن للمدن الذكية بيئيا تحقيق توازن متناغم بين الأهداف البيئية والاقتصادية والاجتماعية من خلال استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي.
8. يقترح توسيع استخدام الذكاء الاصطناعي في الإدارة البيئية ليشمل مختلف أنواع التلوث، مع الاستفادة من قدرة الذكاء الاصطناعي على معالجة مجموعات البيانات الكبيرة.
9. يقترح توسيع استخدام الذكاء الاصطناعي في الإدارة البيئية ليشمل زيادة قدرة تطبيقات الذكاء الاصطناعي المستخدمة على معالجة مجموعات البيانات الكبيرة.
10. يدعو إلى إجراء أبحاث متعددة التخصصات لتحسين نماذج الذكاء الاصطناعي للأغراض البيئية ، بهدف إيجاد حلول أكثر شمولاً وكفاءة.
11. توسيع نطاق الذكاء الاصطناعي في المراقبة البيئية بحيث تركز البحوث اللاحقة كيف يمكن الجمع بين الذكاء الاصطناعي وتكنولوجيات الاستشعار المتنوعة لتحسين تحديد الملوثات البيئية وفحصها.
12. قد تبحث الدراسات القادمة في كيفية تسخير التقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين دقة تقييمات الهياكل الحضرية وتوقعات جودة الطقس والمساعدة في عمليات صنع القرار المتعلقة بالتنمية البيئية والحفاظ على البيئة.

11. المصادر والمراجع:

منصة ممثّل، وزارة الشؤون البلدية والقروية، تم الاسترجاع في 6 مارس 2024 من

<https://ccc.momrah.gov.sa/vpindexhome>

ريم محمد باوارث. (2022). دراسة مظاهر التشوه البصري في بعض أحياء مدينة جدة: دراسة مقارنة. مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية، 6(2).

كاظم، زهراء هادي. (2023). تأثير التشوه البصري على الذوق الجمالي للعرض الحضري في محافظة بابل. مجلة نابو للبحوث والدراسات، 32(42)، 416-417.

Ahmed, N., Islam, M. N., Tuba, A. S., Mahdy, M. R. C., & Sujaudhin, M. (2019). Solving visual pollution with deep learning: A new nexus in environmental management. *Journal of Environmental Management*, 248, 109253.

AlElaiwi, M., Al-antari, M. A., Ahmad, H. F., Azhar, A., Almarri, B., & Hussain, J. (2022). VPP: Visual pollution prediction framework based on a deep active learning approach using public road images. *Mathematics*, 11(1), 186.

Bibri, S. E., Alexandre, A., Sharifi, A., & Krogstie, J. (2023). Environmentally sustainable smart cities and their converging AI, IoT, and big data technologies and solutions: An integrated approach to an extensive literature review. *Energy Informatics*, 6(1), 9.

Bhattacharya, S., Somayaji, S. R. K., Gadekallu, T. R., Alazab, M., & Maddikunta, P. K. R. (2022). A review on deep learning for future smart cities. *Internet Technology Letters*, 5(1), e187.

Bukin, O., Proschenko, D., Korovetskiy, D., Chekhlenok, A., Yurchik, V., & Bukin, I. (2021). Development of the artificial intelligence and optical sensing methods for oil pollution monitoring of the sea by drones. *Applied Sciences*, 11(8), 3642.

Chmielewski, S., Lee, D. J., Tompalski, P., Chmielewski, T. J., & Wężyk, P. (2016). Measuring visual pollution by outdoor advertisements in an urban street using intervisibility analysis and public surveys. *International Journal of Geographical Information Science*, 30(4), 801-818.

Hossain, M. Y., Nijhum, I. R., Shad, M. T. M. S., Sadi, A. A., Peyal, M. M. K., & Rahman, R. M. (2023). An end-to-end pollution analysis and detection system using artificial intelligence and object detection algorithms. *Decision Analytics Journal*, 8, 100283.

Liang, L., & Gong, P. (2020). Urban and air pollution: A multi-city study of long-term effects of urban landscape patterns on air quality trends. *Scientific Reports*, 10(1), 18618.

Ministry of Municipal and Rural Affairs and Housing "MOMRA". (2024). Balady services home page. Retrieved February 19, 2024, from <https://ccc.momrah.gov.sa/vpindexhome>

Mishra, M., & Lourenço, P. B. (2024). Artificial intelligence-assisted visual inspection for cultural heritage: State-of-the-art review. *Journal of Cultural Heritage*, 66, 536-550.

Nagireddy, S. R. (2023). Artificial Intelligence and Its Impacts on Project Management (Doctoral dissertation, University of the Cumberland).

Saudi Data and Artificial Intelligence Authority (SDAIA). (2022). Global AI Summit - Detailed Report. Saudi Data and Artificial Intelligence Authority.

-
- Sheoraj, Y., & Sungkur, R. K. (2022). Using AI to develop a framework to prevent employees from missing project deadlines in software projects-case study of a global human capital management (HCM) software company. *Advances in Engineering Software*, 170, 103143.
- Voda, A. I., & Radu, L. D. (2018). Artificial intelligence and the future of smart cities. *BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, 9(2), 110-127.
- Wakil, K., Naeem, M. A., Anjum, G. A., Waheed, A., Thaheem, M. J., Hussnain, M. Q. U., & Nawaz, R. (2019). A hybrid tool for visual pollution assessment in urban environments. *Sustainability*, 11(8), 2211.
- Wakil, K., Naeem, M. A., Anjum, G. A., Waheed, A., Thaheem, M. J., & Hussnain, M. Q. (2019). The assessment and mapping of urban visual pollution through an assembly of open source geospatial tools. *Proceedings of the Real Corp*, 723-730.
- Youme, O., Bayet, T., Dembele, J. M., & Cambier, C. (2021). Deep learning and remote sensing: Detection of dumping waste using UAV. *Procedia Computer Science*, 185, 361-369.

The Limitations of Traditional Construction Quality Management in Large-Scale Infrastructure Projects in Saudi Arabia

Ismail Ujaimi – إسماعيل عجيبي - LNQ-8916-2024

Construction Quality Manager, PhD Candidate, College of Management, Midocean University, Saudi Arabia

Email: Ismail.Ujaimi@gmail.com

Rabab Alsaigh – رباب الصايغ

Project Management Information Systems (PMIS), Business Analysis, PhD Candidate, College of Management, Midocean University, Saudi Arabia

Email: RababAlsaigh@gmail.com

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل أوجه القصور الجوهرية في ممارسات إدارة جودة البناء التقليدية (CQM) في مشاريع البنية التحتية واسعة النطاق في المملكة العربية السعودية، في ظل التوسع الكبير الذي يشهده القطاع ضمن مستهدفات رؤية المملكة 2030. واعتمدت الدراسة على منهجية بحثية مزدوجة تجمع بين التحليل النوعي لبيانات مشاريع حقيقية تمتد لسنوات، وتحليل كمي قائم على استبيان موجه إلى مجموعة كبيرة من المتخصصين والمهنيين في قطاع التشييد. تكشف نتائج الدراسة عن وجود تحديات متكررة ومؤثرة ترتبط بفعالية أنظمة الجودة التقليدية، أبرزها طول مدد إغلاق تقارير الملاحظات وعدم المطابقة، وتكرار المشكلات المرتبطة بالمواد وأعمال الحفر والردم، إضافة إلى ضعف الالتزام بالإجراءات والمواصفات المعتمدة. كما أبرزت نتائج الاستبيان إدراكا واسعاً بين المهنيين لقصور الأساليب اليدوية والتقليدية، ووجود استعداد عالٍ لتبني حلول تعتمد على الذكاء الاصطناعي، لما تقدّمه من قدرة على التنبؤ بالمشكلات، وتحسين الرقابة، ورفع مستوى كفاءة إدارة الجودة. وتؤكد الدراسة ضرورة التحول من أنظمة الجودة التقليدية القائمة على التوثيق اليدوي وردود الفعل المتأخرة، إلى أنظمة رقمية تعتمد على البيانات والتحليلات التنبؤية، مما يسهم في تحسين أداء المشاريع، وخفض معدلات الأخطاء وإعادة العمل، ورفع جودة التنفيذ، بما يواكب التوجه العالمي نحو التحول الرقمي في قطاع التشييد.

الكلمات المفتاحية: إدارة جودة البناء، مشاريع البنية التحتية، الذكاء الاصطناعي، مراقبة الجودة، المملكة العربية السعودية.

Abstract

This paper investigates the effectiveness of Construction Quality Management (CQM) Practices in the context of large scale and complex infrastructure projects in Saudi Arabia. The aim is to identify the specific limitations of traditional methodologies and practices used in quality, and to explore the potential of Artificial Intelligence (AI) to address these challenges. A mixed-method approach was used, combining both qualitative analysis of projects data, and insights from a quantitative survey from professional working on the same industry. The analysis reveals significant inefficiencies in traditional CQM practices. Highlighted findings include long resolution times for quality issues, average 91 days for Site Observation reports (SOR) and 101 days for Non-Conformance Reports (NCR), and other issues remaining unresolved for more than a year. The most frequent issues relate to asphaltting works, material management, trenching and excavation, and procedural non-compliance. These issues indicate systematic problems that are not effectively addressed using current CQM practices. The analysis of the survey data complements these findings, with professionals highlighting challenges in defect tracking, compliance with specifications, and implementing corrective and preventive actions. The study also found a high level of interest and readiness among those professionals for adopting AI based solutions to help address those challenges. Overall, the study provides robust real world empirical evidence of the limitations of traditional CQM practices in large scale infrastructure projects. By integrating and interpreting detailed projects data from ongoing infrastructure projects in Saudi Arabia, it offered a comprehensive view of the challenges and provides a strong recommendation and a case for the adoption of AI powered tools to enhance and improve the effectiveness of quality practices and the overall quality outcomes in the construction industry.

Keywords: Construction Quality Management (CQM), Infrastructure Projects, Construction Industry, Artificial Intelligence (AI), Saudi Arabia.

Introduction

Quality management in all industries including construction is fundamental for ensuring that projects consistently meet design specifications, adhere to regulatory requirements, while meeting client expectations. For many years, traditional CQM has been built upon a foundation of methodologies emphasizing adherence to established rules, procedures and measurement of non-conformance and rework (Love et al., 2023). This approach often involves extensive human based manual inspections and manual logging of site observations and nonconformities, and reactive problem solving which can be inefficient and prone to human error. Such methods consume significant time and resources, contributing to project delays and cost overruns due to labor nature of onsite checks and documentation. Furthermore, reliance on human observations introduces subjectivity and the potential for oversight or fatigue, leading to undetected defects (Aichouni et al., 2014).

In Saudi Arabia, some large-scale projects frequently encounter significant time and cost overruns, these traditional quality control methodologies proven particularly inadequate (AlMunifi & Almutairi, 2021). For instance, studies reveal a significant misunderstanding of quality management system strategies among Saudi construction firms, highlighting organizational culture as a major impediment to effective QMS implementation (Aichouni et al., 2014). This underscores the urgent need for innovative quality assurance and control methods that can enhance precision and efficiency, moving beyond the prevalent reliance on traditional approaches and their associated inefficiencies (Toyin & Sattineni, 2025). Despite technological advancements like Building Information Modeling and advanced project management software, the construction sector, particularly in Saudi Arabia, still struggles to fully leverage emerging technologies such as Artificial Intelligence to address persistent challenges in quality management.

With the increase of size and complexity of modern infrastructure projects, the traditional quality control approaches face a growing challenge in maintaining consistent standards. In Saudi Arabia, and since the announcement of its ambitious 2030 Vision, the construction sector has experienced a rapid expansion and huge infrastructure initiatives to support it, project outcomes sometimes reveal deficiencies and weakness during implementation stages due to size and complexity of projects. This paper provides a comprehensive examination of the limitations of these conventional CQM practices, incorporating a thorough literature review, a detailed problem background, and an outline of the research methodology. The study's importance lies in leveraging empirical data from a major infrastructure program in Jeddah to quantify inefficiencies inherent in outdated CQM methods and underscores the critical need for transforming and adoption toward technology driven solutions.

Research Problem

The construction market in the Kingdom of Saudi Arabia considered the largest in the Gulf region, it faces considerable issues related to inefficiency and ineffectiveness in project delivery (AlMunifi & Almutairi, 2021). This is particularly evident in the persistent challenges related to quality, which includes reworks, delays, and cost overruns (Kashif et al., 2022). As project size increases, the volume of data, the number of stakeholders, and the geographic distribution of some infrastructure projects creates a highly challenging environment. In such conditions, traditional CQM practices using manual and paper-based forms, or segmented spreadsheets cannot effectively manage. As a result, several critical issues arise including delayed communication, poor data gathering and availability, inconsistent process implementation, and a reactive rather than proactive approach toward quality control. This leads to persistent quality deficiencies, evidenced by frequent reworks and project delays, which ultimately escalate costs and affect overall project performance (Kashif et al., 2022).

These issues underscore a significant gap between current quality management practices and the desired project outcomes, contributing to suboptimal structural integrity, and safety concerns, and the recurring problem of rework, delays, and cost overruns (Vishe, 2023). The financial implications of these quality failures are substantial, according to Lawani et al. (2022) rework of defective components estimated to constitute 6% to 15% of total construction costs. The contribution of this study to the construction industry and academia is to highlight these major issues in current CQM practices and provide a recommendation and a case for the importance of adoption of modern and digital solutions. These solutions, including AI, can lead to higher quality, reduce costs, and improve safety on construction projects while meeting or exceeding customer expectations. The integration of such technologies moves beyond the limitations of traditional, manual, inspections methods, offering enhanced precision and efficiency in quality assurance and control (Toyin & Sattineni, 2025).

Importance of the Study

This study is particularly significant for the rapidly expanding Saudi construction sector, which despite its substantial market share, often struggles with inadequacies in quality management system implementation and consistent adherence to quality requirements. An empirical study by Aichouni et al. (2014) revealed a clear misunderstanding of Quality Management Systems (QMS) and associated tools among construction firms within the kingdom. Many construction firms still not fully perceive or implementing known quality frameworks such as ISO 9001. This deficiency of applying frameworks often leads to

significant increases in cost of quality, encompassing appraisals, prevention, and internal / external failure costs. As a result, the profitability and competitiveness of construction firms decrease, as well as stakeholders' overall satisfaction. This situation increases the necessity for critical re-evaluation of the existing CQM practices and understand how modern technologies, particularly AI, can moderate the impact of these deficiencies (Khadim et al., 2023).

The overarching goal is to transform traditional, often manual, quality practices which are long associated with inefficiencies into more precise and efficient digital workflows (Toyin & Sattineni, 2025). This transformation is critical for managing the increasing scale and complexity of mega infrastructure projects with optimal quality, efficiency, and cost-effectiveness (Luo et al., 2022; Othman et al., 2020). Transitioning from conventional quality management approaches to digitally enhanced systems is essential to mitigate pervasive issues such as rework and defects, which can constitute 6% to 15% of total construction costs (Lawani et al., 2023), while also bridging the gap toward adopting AI technologies for improved quality assurance. Traditional methods often fail to convert the vast amounts of quality management data into actionable insights, which can be addressed by automated, data-driven systems such as big data. By integrating AI and digital tools, construction projects can achieve more consistent and reliable quality outcomes, prevent costly non-conformities, and meet the industry's evolving demands, paving the way for sustainable advancements in the sector (Sota, 2017).

Study Objectives

The primary objectives of this study is to understand and to quantitatively analyze the performance of a traditional Construction Quality Management (CQM) system by examining key metrics such as the volume, type, and resolution time of quality issues in a large-scale infrastructure project. Also, assess the perceptions and experiences of construction professionals regarding the effectiveness of traditional CQM practices, including management and organizational awareness, and their readiness, especially at the top management, to adopt AI-powered solutions. Additionally, identify specific failure points and bottlenecks in traditional CQM workflows that are exacerbated by project scale and complexity; and to provide a set of actionable, evidence based recommendations for the construction industry to transition towards a more effective, data-driven, and technologically advanced approach to quality management. This will help the construction industry in bridging the gap for leveraging the growing AI-based technologies to enhance project outcomes and foster a culture of proactive quality assurance, ultimately moving towards defect-free project delivery.

Theoretical Literature of the Study

The theoretical foundation of this study is rooted to the established principles of quality management as defined by frameworks such as The Project Management Body of Knowledge (PMBOK) and ISO 9001 (International Organization for Standardization, 2015; Project Management Institute, 2021). These frameworks advocate for systematic approach to quality through quality planning, assurance & control, and continuous improvement. This study is applying these principles to a real-world ongoing infrastructure project in Jeddah, to test their practical limitations. Furthermore, the research draws upon the emerging body of literature surrounding the application of AI in the construction industry. The theoretical model applied is one of a technology-acceptance framework, where the identified shortcomings of the traditional system create a clear need for the adoption of new technologies like AI to overcome inherent human and systemic limitations in processing vast amounts of data and identifying complex patterns. This integration facilitates more predictive and proactive quality management strategies, moving beyond reactive problem solving approach.

Review of Previous studies

The construction industry has long been identified as one of the least digitized sector, a factor that contributes significantly to its well documented struggle with productivity, cost overruns, quality issues, and project delays. Despite the availability of digital technologies, quality management in construction and its adoption to technology has still not received research attention and efforts compared to other industries (Luo et al., 2022). This reliance on manual processes makes the management of large and mega projects unnecessarily complicated. Abioye et. al. (2021) directly link this lack of digital maturity to “poor quality performance”, uninformed decision making and poor performance. It suggests a clear need for advanced technological integration to mitigate these issues within the sector (Datta et al., 2024). Previous studies have consistently identified several key themes where traditional Construction Quality Management practices fail:

- **Misunderstanding and inadequate implementation of Quality Management Systems:** Many construction firms do not fully perceive or implement known QMS like ISO 9001, often due to lack of understanding and training or organizational readiness to adopt it (Aichouni et al., 2014).
- **Inadequacy of tools, Poor data visibility, and converting data to actionable information:** Manual, paper-based, or spreadsheet-driven systems, and segmented data gathering struggle to manage large volumes of data, leading to difficulties in transforming data into usable insights or reports for better decision making (Ji, 2018).

- **Inconsistent process implementation:** Traditional methods often lead to variations in how quality control is applied. These inefficiencies often result in misinterpretations of quality requirements and delayed identification and resolution of defects, further exacerbating project risks and compromising final output quality (Kashif et al., 2022).
- **Reactive rather than proactive quality control:** This approach means that issues are frequently identified and addressed only after they have manifested, rather than being prevented through systematic measures. Which leads to significant negative consequences on project performance (Vishe, 2023).
- **Inefficiency and ineffectiveness in project delivery:** This widespread issue in the construction sector, due insufficient QMS and practices, frequently leads to significant consequences such as rework, extensive delays, and substantial cost overruns (AlMunifi & Almutairi, 2021; Kashif et al., 2022).
- **Poor quality performance, uninformed decision-making, and low productivity:** These are directly linked to the lack of digital maturity and reliance on traditional methods which cannot produce insights for better decision making and for better decision and mitigation of risks (Datta et al., 2024).
- **Delayed and inconsistent communication:** The complexity of large projects, coupled with numerous stakeholders and geographic distribution, creates communication hurdles that makes the exchange of project requirements and expectations harder (Fawzy et al., 2025).
- **Significant cost of quality implications:** Traditional deficiencies in construction quality management result in substantial appraisal, prevention, and internal/external failure costs. These costs are exacerbated by the industry's reliance on manual processes and reactive approaches, leading to inefficiencies and project delivery challenges (Kashif et al., 2022).
- **Lack of digital maturity and reliance on manual processes:** The construction industry is one of the least digitized sectors, with a heavy dependence on manual QA/QC practices (Toyin & Sattineni, 2025).

These failures primarily revolve around inconsistent application of quality protocols, inadequate data capture and analysis, and reactive rather than proactive defect management (Luo et al., 2022). Researchers constantly highlight that construction projects frequently suffer from rework, delays and cost overruns due to deficiencies in quality management processes (Kashif et al., 2022). To this end, the integration of AI in CQM presents a transformative opportunity to enhance precision, effectiveness and efficiency of CQM processes, which can help to move the current CQM practices beyond the limitations of manual ones.

The discussion above highlights the research gap and the need for more empirical, real world and field based evidence which is addressed by this paper. It not only confirms the widely acknowledged challenges but also quantifies their impact in the context of a large-scale infrastructure program. While previous studies have often been broader in scope or based on surveys alone, this paper integrates data from completed and ongoing projects and a survey response from professionals working in the same and similar programs. This combination provides a more holistic and grounded analysis and insights results.

Research Methodology

This study used a mixed-method approach, as guided by the framework outlined in *Designing and Conducting Mixed Methods Research* by Creswell and Plano Clark (2018). The methodology involved two primary components, a qualitative analysis of projects data to examine actual construction quality management outcomes, and a quantitative assessment through a survey capturing stakeholder perceptions regarding current practice and the potential for AI enhancement. This configuration allows for a robust evaluation of both the operational realities and managerial readiness within large scale infrastructure projects.

The first part of the methodology is Qualitative analysis of archival data. A detailed analysis was conducted on the PMO Quality Master Log from infrastructure program in Jeddah. This log included 329 quality field reports, including 246 SORs and 83 NCRs, spanning a six-year period from January 2019 to January 2025. The analysis focused on key metrics such as frequency of different issue types, the time taken to close reports and the distribution of issues across different projects and contractors. Issues were categorized into 4 major parts, Procedural, Materials, Excavation-related, and concrete. The validity of this data is high, as it represents official project records.

The second part involved a survey of construction professionals, a sample of 187 was collected from professionals with experience working on the same program and similar ones in Saudi Arabia. The survey instrument was designed to gather data on their professional background, their experiences with CQM challenges, and their perceptions of AI's potential role in quality management. The reliability of experienced professionals, with over 70% of respondents having more than 10 years of experience. This dual-methodological approach provides a robust framework to not only identify prevailing CQM deficiencies but also to explore the moderating influence of AI on project outcomes

Results

The analysis of PMO logs and survey data revealed recurring quality deviations and extended resolution times for site observations and non-conformities, in large-scale infrastructure projects. Highlighted issues includes largely unfollowed procedures, which contributed as a root cause for other recurring issues. Survey responses further highlighted stakeholders recognition of these challenges and the potential for AI-Driven solutions to enhance the traditional CQM practices.

PMO Log Analysis

The PMO log analysis revealed two dominant patterns for quality non-conformance. First, prolonged resolution times were observed across SORs and NCRs. The analysis shows systematic inefficiencies in reactive quality management. The average closure time for SORs was 91 days (median 40 days), and for NCRs, it was 101 days (median 52 days), with extremes reaching 1,482 days for SOR and 613 days for NCR. These delays were closely linked to failures in following prescribed work procedures, making it hard to solve and close the non-conformance work. Unfollowed work procedures also acted as root cause for the recurrence of many issues across projects, indicating a reactive than proactive CQM practices. The predominance of poor closure responses as shown on Figure (1), with 64% delay for SORs and 72% for NCRs, underscores the inadequacy of traditional CQM practices in managing large-scale infrastructure projects proactively, emphasizing the need for more structured and technology-supported approaches.

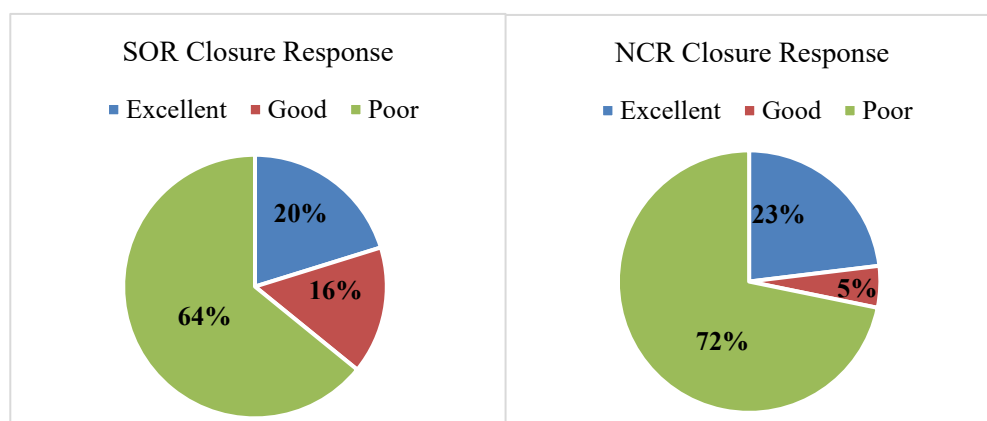


Figure (1) SORs and NCRs Closure response

Second, high frequency issues categories were identified, with core construction activities accounting for the majority of non-conformity. Table (1) below gives a summary of total occurrences of each category and sub-categories. With Materials scoring the highest (154 occurrences), Storage issues (55), and approvals issues (53). Second was Trench related activities (total 148), with further subcategory analysis revealing procedural deviations such as improper layering and compaction (51), lack of dewatering methodology (49). Concrete related issues had the lowest occurrences (84), since it was issued between 2019 and 2021 when cast in situ were allowed, and before changing the supplying of concrete elements to precast, supplied from specialized factories. This shift to precast concrete significantly mitigated on-site quality control challenges associated with concrete pouring and curing to a controlled manufacturing environment, significantly reducing the incidence of concrete pouring issues onsite.

Table (1) Total Occurrences of Quality Issues for each Category

Category	Sub-category	No. of Occurrences	Category Total
Trench	Trench-Irruglar Cut	19	167
	Trench-Backfilling	51	
	Trench-Caves	19	
	Trench-Dewatering	49	
	Trench-Utilities	16	
	Trench-Asphalting	13	
Materials	Materials-Damage	39	153
	Materials-Storage	55	
	Materials-Approval	53	
	Materials-Unavialble	6	
Procedures	Procedures-Unfollowed	48	131
	Procedures-Drawing Approval	28	
	Procedures-Specs.	24	
	Procedures-MOS	31	
Concrete	Concrete-Reinforcement	17	84
	Concrete-Formwork	21	
	Concrete-Water-Stop	3	
	Concrete-PreCasting	4	
	Concrete-After Casting	34	
	Concrete-Coating	5	

The analysis identified 131 instances of procedural non-compliance, highlighting a systemic weakness in following established quality management processes. These were categorized into four main areas: Procedures – Unfollowed (48), Drawing Approval (28), Specifications unfollowed (24), and unfollowed Method of Statement (MOS) (31). Each category contributed to recurring quality deviations; for example, failures to follow approved drawings or MOS frequently resulted in improper installations, while deviations from specifications led to material and workmanship non-conformances. This breakdown emphasizes that procedural lapses are a primary driver of both recurring issues and prolonged resolution times in large-scale infrastructure projects. These findings corroborate earlier research highlighting the construction industry's struggle with a "right first time" culture and the significant impact of unforeseen changes and human behaviors on project delivery (Ford et al., 2023).

Survey Analysis

The survey findings indicate widespread recognition of challenges associated with traditional CQM practices. Among the 187 respondents, the highest reported difficulties were in tracking and closing defects, ensuring compliance with specifications, and addressing gaps in workforce skills and training. Table 2 presents the detailed distribution of responses, including weighted averages. For example, 49.14% of respondents agreed and 13.71% strongly agreed that early identification of quality defects is challenging, resulting in a weighted average of 3.53. Similarly, 47.70% agreed and 24.71% strongly agreed that gaps in workforce skill and training affect quality management, with a weighted average of 3.81. These results align closely with the PMO log analysis, which showed prolonged resolution times and recurring quality issues due to procedural lapses, highlighting that operational bottlenecks are well recognized by professionals and have tangible impacts on project outcomes.

Challenge	Strongly Disagree	Disagree	Neutral / Not Sure	Agree	Strongly Agree	Total Respondents	Weighted Average
Difficulty in identifying quality defects at early stages	2.29%	18.86%	16.00%	49.14%	13.71%	175	3.53
Challenges in managing and tracking defect resolution	2.89%	16.76%	13.29%	54.91%	12.14%	173	3.57
Difficulty ensuring compliance with standards/specifications	5.78%	17.92%	17.92%	41.62%	16.76%	173	3.46
Ineffectiveness in implementing corrective actions	6.90%	25.86%	19.54%	39.08%	8.62%	174	3.17
Lack of structured preventive action mechanisms	4.62%	16.18%	24.28%	42.77%	12.14%	173	3.42
Gaps in workforce skill level and training	4.02%	8.05%	15.52%	47.70%	24.71%	174	3.81
Absence of standardized quality strategies or best practices	5.17%	18.39%	17.24%	43.68%	15.52%	174	3.46

For the effect of CQM practices on construction projects outcomes, cost, time, overall quality and customer satisfaction, most respondents agree that quality management practices help control project costs, reduce rework, and proactively mitigate cost-related risks. Weighted average scores are high (around 4.0), indicating strong confidence in the cost benefits of quality practices. There is broad agreement that robust quality management reduces schedule overruns and that early detection of quality issues helps avoid delays. Scores for schedule-related items are among the highest, reflecting strong positive perceptions. Respondents also believe that quality management improves overall project quality, with high agreement that outputs comply with standards and that post-handover defects are minimal. Customer satisfaction is positively linked to quality management, with most participants agreeing that clients are satisfied and that feedback is used to improve performance. In summary, the data shows that quality management practices are widely seen as beneficial for cost control, schedule adherence, project quality, and customer satisfaction in current projects.

Moreover, the survey revealed a strong appetite for AI and digital technologies to enhance quality management (Table 3). Over 80% of respondents indicated confidence that AI could meaningfully improve CQM outcomes, especially in areas such as automated defect detection, predictive analytics for quality issues, and automated compliance verification. These expectations are directly aligned with challenges frequently detected such as materials storage and approvals, highlighting the limitation of traditional, reactive quality management practices. The survey responses also underscore not only a readiness to embrace technological solutions but also a recognition that AI could proactively address inefficiency and reduce the recurrence of preventable non-conformities, bridging the gap between current operational realities and the potential for data-driven quality improvement and decision making.

Table (3) Survey Responses on Readiness for AI Adoption		
AI Application Area	Number of Respondents	Percentage (%)
Automated defect detection	152	81%
Predictive analytics for quality issues	149	80%
Automated compliance checking	145	78%
AI-assisted reporting & dashboards	130	69%
Resource optimization & planning	125	67%

Conclusion and Discussion of Results

The findings of this study unequivocally indicate that traditional CQM practices are no longer adequate for managing quality in large-scale infrastructure projects. The qualitative analysis of PMO logs highlights systematic inefficiencies that have a direct impact on projects' performance. Prolonged resolution times for site observations and non-conformity reports, SORs & NCRs, were particularly highlighted, with average closure times of 91 days for SORs, and 101 days for NCRs, with medians of 40 and 52 days respectively, and extremes reaching 1,482 and 613 days. These delays were closely associated with procedural lapses, including failures to follow approved work procedures, drawings, specifications and MOS, which acted as a root cause for the recurring of non-conformities. Analysis of issue categories further revealed that fundamental construction activities including materials storage and approvals, trenching activities, and dewatering were accounted for the majority of reported issues. This finding reinforces the notion that adherence to core procedures remain a critical vulnerability in traditional CQM practices. Additionally, these issues raise the need to having more preventive quality system than reactive ones.

The survey data is complementing the operational findings, demonstrating that professionals on the ground are aware of these limitations of current CQM practices. Among 187 respondents, 76% reported difficulties in tracking and closing defects, 74% highlighted challenges in ensuring compliance with specifications, and 70% struggled with implementing corrective actions timely. High recognition of these challenges across the workforce underscores the systematic nature of the problem and aligns with previous studies that have identified the construction industry's overreliance on manual process and low digital capabilities as primary causes of inefficiencies (Luo et al., 2022; Abioye et al., 2021; Datta et al., 2024). Moreover, the survey revealed a strong appetite for AI and digital technologies, with 80% of respondents indicating confidence that AI could significantly enhance quality management outcomes, particularly in automated defect detection, predictive analytics, and compliance verification.

Integrating these quantitative and qualitative findings strengthens the evidence that traditional CQM practices struggle to cope with the scale and complexity of modern infrastructure projects. The combination of delayed responses, recurrent procedural violations, and the limited capacity of existing tools (manual logs, spreadsheets, segmented reporting) not only increases the risk of rework and cost overruns but also undermines structural integrity and safety. These results echo prior research on the inefficiency of conventional CQM systems and further demonstrates the need for a paradigm shift (Aichouni et al., 2014; Kashif et al., 2022; Lawani et al., 2023).

Overall, the study emphasizes that while the foundational principles of quality management (Planning, control, assurance, and continuous improvement), remain valid, their execution through traditional, manual, and reactive method is sufficient for large scale projects. The empirical evidence provided by the PMO logs, coupled with the perceptions captured in the survey, highlights the critical need to adopt technology augmented solutions. Technologies such as AI-driven analytics, automated compliance monitoring, and predictive quality control systems will help in moving the current CQM practices forward. Such transition would not only enhance the effectiveness and efficiency of CQM practices but also provide a scalable framework capable of managing the complexities of modern construction projects. It can lay the foundation and groundwork for further research on AI integration in construction quality management.

Recommendations

Based on the findings of this study, the following recommendations are presented to address the limitations of traditional CQM and guide researchers and the construction industry toward a more effective, data driven, proactive approach:

- **Standardize Quality Processes and Checklists:** the high frequency of having segmented manual tools such as spreadsheets, and the high frequency of basic quality issues highlights the need for greater standardization. The use of enterprise platforms such as ACONEX help to digitize the checklists and standardized workflows, enforcing through digital platforms, can ensure critical quality steps are followed.
- **Promote Training and Upskills:** survey results indicated a need for both AI-related training and reinforcement of fundamentals quality management principles. A skilled workforce is better equipped to adopt new technologies and help to apply quality processes effectively.
- **Move away from disconnected spreadsheets:** there is a need to stop using paper-based logs by implementing centralized, cloud-based quality management platforms. This ensures all stakeholders work with the same real-time data, improving coordination and decision-making.
- **Adopt Integrated Digital Platforms:** the use of platforms such as ACONEX can consolidate data and reports from all project segments and departments, providing a unified view of project quality and simplifying the integration and the use of AI-powered capabilities.

- Invest in AI-Powered Analytics: Transition from reactive to proactive quality management by leveraging AI and machine learning tools. These technologies can analyze historical data to predict potential quality issues, enabling preventive actions and reducing rework.

By embracing these recommendations, the construction industry can move towards a more efficient, proactive, and data-driven approach to quality management, ultimately leading to higher quality projects delivered on time and within budget.

References

1. Aichouni, M., Ait Messaoudene, N., Ibraheem Al-Ghonamy, A., & Touahmia, M. (2014). An empirical study of quality management systems in the Saudi construction industry. *International Journal of Construction Management*, 14(3), 181.
2. AlMunifi, A. A., & Almutairi, S. (2021). Lessons Learned Framework for Efficient Delivery of Construction Projects in Saudi Arabia. *Construction Economics and Building*, 21(4).
3. Creswell, J. W. & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE Publications.
4. Datta, S. D., Islam, M., Sobuz, Md. H. R., Ahmed, S., & Kar, M. (2024). Artificial intelligence and machine learning applications in the project lifecycle of the construction industry: A comprehensive review [Review of Artificial intelligence and machine learning applications in the project lifecycle of the construction industry: A comprehensive review]. *Heliyon*, 10(5). Elsevier BV.
5. Fawzy, A., Tahir, A., Galster, M., & Liang, P. (2025). Exploring data management challenges and solutions in agile software development: a literature review and practitioner survey [Review of Exploring data management challenges and solutions in agile software development: a literature review and practitioner survey]. *Empirical Software Engineering*, 30(3). Springer Science+Business Media.
6. Ford, G., Gosling, J., & Naim, M. M. (2023). On quality and complexity: non-conformance failures, management perspectives and learning outcomes on a highways megaproject. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 40(10), 2539.
7. Ji, W. (2018). *Simulation-Based Analytics for Fabrication Quality-Associated Decision Support*. arXiv (Cornell University).
8. International Organization for Standardization. (2015). *ISO 9001:2015 Quality management systems — Requirements*. ISO.
9. Kashif, A., Sajjad, M., & Ekatrina, G. (2022). Evaluating Quality Management System of Construction Projects. *International Journal of Performability Engineering*, 18(7), 492.
10. Khadim, N., Thaheem, M. J., Ullah, F., & Mahmood, M. N. (2023). Quantifying the cost of quality in construction projects: an insight into the base of the iceberg. *Quality & Quantity*, 57(6), 5403.
11. Lawani, K., Sadeghineko, F., Tong, M., Hare, B., & Ho, G. (2023). Digital Transformation of Health and Safety in Construction (CIBW099W123): Book of Proceedings. In FEUP eBooks.

12. Love, P. E. D., Matthews, J., Porter, S. R., Carey, B., & Fang, W. (2023). Quality II: A new paradigm for construction. *Developments in the Built Environment*, 16, 100261.
13. Luo, H., Lin, L., Chen, K., Antwi-Afari, M. F., & Chen, L. (2022). Digital technology for quality management in construction: A review and future research directions [Review of Digital technology for quality management in construction: A review and future research directions]. *Developments in the Built Environment*, 12, 100087. Elsevier BV.
14. Othman, I., Mohamad, H., Napiah, M., Ghani, S. N. M., & Zoorob, S. E. (2020). FRAMEWORK TO ENHANCE THE IMPLEMENTATION OF QUALITY MANAGEMENT SYSTEM IN CONSTRUCTION. *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*, 5(12), 78.
15. Project Management Institute. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Seventh Edition*. Project Management Institute, Inc.
16. Sota, O. L. (2017). Application of artificial intelligence for construction project planning.
17. Toyin, J. O., & Sattineni, A. (2025). Innovative Approaches to QA/QC in Construction: Current State. 1(1).
18. Vishe, T. (2023). Implementation of Site Quality Management System for a Building Construction Project Sites. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 11(6), 4734.