

İZÜFBED

İZÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

IZU Journal of Institute of Science and Technology



İZÜ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

*IZU Journal of Institute of Science
and Technology*

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/izufbed>



İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Adına Sahibi <i>Owner on behalf of Istanbul Sabahattin Zaim University</i>	Prof. Dr. İsmail KÜÇÜK İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, İstanbul/Türkiye ismail.kucuk@izu.edu.tr https://orcid.org/0000-0003-3071-0612
Yayın Kurulu <i>Editorial Board</i>	Prof. Dr. İsmail KÜÇÜK İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, İstanbul/Türkiye ismail.kucuk@izu.edu.tr https://orcid.org/0000-0003-3071-0612 Dr. Öğr. Üyesi Ahmet KURNAZ İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, İstanbul/Türkiye ahmet.kurnaz@izu.edu.tr https://orcid.org/0000-0002-9536-870X Prof. Dr. Ahmet Korhan BİNARK İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, İstanbul/Türkiye ahmet.binark@izu.edu.tr https://orcid.org/0000-0001-7504-7127 Doç. Dr. Ertan ERMİŞ İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, İstanbul/Türkiye ertan.ermis@izu.edu.tr https://orcid.org/0000-0002-1461-7357 Dr. Öğr. Üyesi Türkan HARMANBAŞI İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, İstanbul/Türkiye turkan.harmanbasi@izu.edu.tr https://orcid.org/0000-0002-8673-2231
Yazı İşleri Müdürü <i>Managing Editor</i>	Prof. Dr. İsmail KÜÇÜK İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, İstanbul/Türkiye ismail.kucuk@izu.edu.tr https://orcid.org/0000-0003-3071-0612
Baş Editör <i>Editor-in-Chief</i>	Dr. Öğr. Üyesi Ahmet KURNAZ İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, İstanbul/Türkiye ahmet.kurnaz@izu.edu.tr https://orcid.org/0000-0002-9536-870X
Editör Yardımcıları <i>Vice Editors</i>	Prof. Dr. Ahmet Korhan BİNARK İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, İstanbul/Türkiye ahmet.binark@izu.edu.tr https://orcid.org/0000-0001-7504-7127 Doç. Dr. Ertan ERMİŞ İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, İstanbul/Türkiye ertan.ermis@izu.edu.tr https://orcid.org/0000-0002-1461-7357
Alan Editörleri <i>Vice Editors</i>	Alan Editörü – Endüstri Mühendisliği Doç. Dr. Emine Elif NEBATİ İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, İstanbul/Türkiye

	emine.nebati@izu.edu.tr https://orcid.org/0000-0002-3950-4279 Alan Editörü – Gıda Mühendisliği Doç. Dr. Ertan ERMİŞ İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul/Türkiye ertan.ermis@izu.edu.tr https://orcid.org/0000-0002-1461-7357 Alan Editörü – Mimarlık Prof. Dr. Evren Burak Enginöz İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, İstanbul/Türkiye e.enginoz@iku.edu.tr https://orcid.org/0000-0002-5535-2105
Mizanpaj Editörü <i>Layout Editor</i>	Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Agah TAŞTEMİR İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, İstanbul/Türkiye ibrahim.tastemir@izu.edu.tr https://orcid.org/0000-0002-0039-7453 Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk TEKİN İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, İstanbul/Türkiye omer.tekin@izu.edu.tr https://orcid.org/0000-0003-4653-3569
Yönetim Yeri <i>Head Office</i>	İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi
İnternet Adresi <i>Web Address</i>	https://dergipark.org.tr/tr/pub/izufbed
Yayın Türü <i>Publication Type</i>	Sürelî Yayın Modeli / Periodical Publication Yılda iki sayı yayımlanır: Haziran ve Aralık Published two issues per year: June and December
Online Yayınlanmaktadır <i>Published Online</i>	E-ISSN: 2667-792X
Derginin Tarandığı Kaynaklar	 

Bilim Danışma Kurulu
Science Advisory Board

Abdulcelil BUĞUTEKİN
Bitlis Eren Üniversitesi, Bitlis/Türkiye

Adem GÖLEÇ
Erciyes Üniversitesi, Kayseri/Türkiye

Arianit REKA
University of Tetova

Ayşe Nefise BAHÇECİK
*İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi,
İstanbul/Türkiye*

Bahar FERAH
*İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi,
İstanbul/Türkiye*

Canser BİLİR
Havelsan AŞ

Darina MARTYKANNOVA
Universidad Autónoma de Madrid

Emrah DENİZ
Karabük Üniversitesi, Karabük/Türkiye

Eva Maria Álvarez ISIDRO
Polytechnic University of Valencia

Hakan GENÇOĞLU
*İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi,
İstanbul/Türkiye*

Hakan İMERT
*İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi,
İstanbul/Türkiye*

Hasan YETİM
*İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi,
İstanbul/Türkiye*

Hitesh PANCHAL
Government Engineering college patan

Dil Editörleri
Language Editors

İsmail KÜÇÜK
*İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi,
İstanbul/Türkiye*

Jean-Michel GULDMAN
Ohio State University

Mirosław SZALA
Lublin University of Technology

Monica MIRONESCU
Lucian Blaga University of Sibiu

Mustafa Nizamettin ERDURAN
*İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi,
İstanbul/Türkiye*

Mustafa YILMAZ
Marmara Üniversitesi, İstanbul/Türkiye

Mujtaba AHSAN
North South University

Necmettin MARAŞLI
İstanbul Gelişim Üniversitesi, İstanbul/Türkiye

Selman TÜRKER
Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya/Türkiye

Serhat ANIKTAR
*İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi,
İstanbul/Türkiye*

Şahika ÖZDEMİR
*İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi,
İstanbul/Türkiye*

Valentin GRECU
Lucian Blaga University of Sibiu

Zeynep KEREM ÖZTÜRK
*İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi,
İstanbul/Türkiye*

Dr. Öğr. Üyesi Türkan HARMANBAŞI
*İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi,
İstanbul/Türkiye*

Dr. Öğr. Üyesi Mohammed WADİ
*İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi,
İstanbul/Türkiye*



İZÜ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

*IZU Journal of Institute of Science
and Technology*

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/izufbed>



İÇİNDEKİLER/ CONTENTS

Araştırma Makaleleri/Research Articles

- İlk Yıl Tasarım Stüdyosunda Yapay Zeka Araçlarının Potansiyeli** 1
The Potential of Artificial Intelligence Tools in the First-Year Design Studio
İpek YILDIRIM CORUK
- Gerçek-Sanal Mekân Etkileşimi: Mimari Bir Yapının Dijital Oyun Mekânına Dönüştürülmesinde İç Ortam Aydınlatmasının Önemi** 27
Real-Virtual Spatial Interaction: The Importance of Indoor Lighting in Transforming an Architectural Structure into a Digital Game Environment
Bahtiyar REYIMOV, Şule YILMAZ ERTEN
- Yapay Zeka Destekli Bina Tespiti ve Uydu Görüntülerinden Otomatik 3d Dijital İkiz Oluşturma** 50
AI Powered Building Detection and Automated 3D Digital Twin Generation from Satellite Imagery
Buse ERYAŞ

İlk Yıl Tasarım Stüdyosunda Yapay Zeka Araçlarının Potansiyeli

İpek YILDIRIM CORUK^a

Öz

Farklı seviyelerdeki tasarım stüdyolarında yapay zeka kullanımını ele alan çok sayıda araştırma bulunmaktayken, ilk yıl tasarım stüdyosu ile yapay zeka arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaların sayısı ve kapsamı sınırlıdır. Bu doğrultuda, bu çalışmada konuya ilk yıl tasarım stüdyosu ölçeğinde yaklaşmıştır. Çalışmanın amacı, iki farklı yapay zeka aracının aynı istemlere verdiği yanıtların karşılaştırılması üzerinden, bu araçların stüdyo ortamına entegrasyon potansiyellerini tartışmaktır. Durum çalışması metoduna dayanan araştırmada, ilk yıl tasarım stüdyosunda verilen tasarım görevlerine öğrencilerin ürettikleri yanıtlar istem olarak kullanılmıştır. Bu istemlere ChatGPT ve MidJourney araçlarının verdiği yanıtlar karşılaştırmalı olarak analiz edilerek söz konusu tasarım görevleri üzerinden, araçların tasarım stüdyosu bağlamındaki potansiyelleri değerlendirilmiştir. Araştırmanın sınırlı örnekleme üzerinden elde edilen bulgular, birinci yıl tasarım stüdyolarında analize ve çıkarıma dayalı, iki boyuttan üç boyuta ilerleyen analitik projelerin ChatGPT ile desteklenebileceğini; buna karşılık kurgusal mekân tasarımı, atmosfer oluşturma ve ufuk açıcı fikirlerin geliştirilmesini gerektiren projelerin ise MidJourney ile desteklenmesinin daha uygun olabileceğini göstermektedir. Bu bulgular doğrultusunda, birinci sınıf tasarım eğitimi ölçeğinde yapay zekâ araçlarının geleneksel stüdyo uygulamalarının yerini almaktan ziyade insan tasarımcıları destekleyici bir araç olarak kullanılmasının uygun olabileceği söylenebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: İlk yıl tasarım stüdyosu, Yapay zeka, Midjourney, ChatGPT, Vaka çalışması

Makale Hakkında

Geliş Tarihi: 16.02.2026

Kabul Tarihi: 19.03.2026

Yayın Tarihi: 30.06.2026

Atıf için: Yıldırım Coruk, İ. (2026). İlk yıl tasarım stüdyosunda yapay zeka araçlarının potansiyeli. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(1), 1-26. <https://doi.org/10.47769/izufbed.1891002>

Etik Beyan

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur (İpek YILDIRIM CORUK).



^a **Sorumlu Yazar:** Dr. Öğr. Üyesi, Fenerbahçe Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Türkiye. E-mail: ipek.coruk@fbu.edu.tr
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8782-9943>

* Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde yapay zekâ tabanlı herhangi bir araç veya uygulama kullanılmamıştır. Çalışmanın tüm içeriği, yazar(lar) tarafından bilimsel araştırma yöntemleri ve akademik etik ilkelere uygun şekilde üretilmiştir.

The Potential of Artificial Intelligence Tools in the First-Year Design Studio

İpek YILDIRIM CORUK^a

Abstract

While numerous studies address the use of artificial intelligence in design studios at different levels, the number and scope of studies examining the relationship between artificial intelligence and the first-year design studio remain limited. Accordingly, this study approaches the subject at the scale of the first-year design studio. The aim of the study is to discuss the potential of integrating AI tools into studio environments by comparing the responses of two different AI platforms to identical prompts. Based on a case study methodology, the research used the responses produced by students to the design tasks assigned in the first-year design studio as prompts. The outputs generated by ChatGPT and MidJourney in response to these prompts were comparatively analyzed, and the potential of these tools within the context of the design studio was evaluated through the selected design tasks. The findings obtained from the study's limited sample indicate that analytical projects based on analysis and inference, progressing from two dimensions to three, can be supported with ChatGPT, whereas projects requiring fictional space design, atmosphere creation, and horizon-expanding ideas can be supported with MidJourney. Accordingly, at the scale of first-year design education, it can be argued that AI tools can be employed as supportive instruments for human designers.

Keywords: *First-year design studio, Artificial intelligence, MidJourney, ChatGPT, case study*

About Article

Received Date: 16.02.2026

Accepted Date: 19.03.2026

Publication Date: 30.06.2026

To Cite: Yıldırım Coruk, İ. (2026). The potential of artificial intelligence tools in the first-year design studio. *Istanbul Sabahattin Zaim University Journal of Institute of Science and Technology*, 8(1), 1-26.
<https://doi.org/10.47769/izufbed.1891002>

Ethical Statement

It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited (İpek YILDIRIM CORUK).

^a **Corresponding Author:** Assist. Prof. Dr., Fenerbahçe University, Faculty of Architecture and Design, Türkiye. E-mail: ipek.coruk@fbu.edu.tr ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8782-9943>

*No artificial intelligence-based tools or applications were utilized in the preparation of this manuscript. All content was generated solely by the author(s) in adherence to scientific research methodologies and academic ethical standards.

Introduction

As an emerging field, artificial intelligence integrated disciplines and it's potential within these domains constitute current research topics. This study addresses the relationship between artificial intelligence and architectural design education through the context of first-year design studios.

A review of existing studies on artificial intelligence and first-year design studios reveals that Çelik et al. (2023) conducted research to examine the impact of AI image generators on the design processes of first-year design students. In this study, students were provided with texts from the book *Invisible Cities* and were expected to extract keywords from these texts. Based on the identified keywords, students were tasked with creating abstract three-dimensional physical models, and the process was designed to be further developed with the support of artificial intelligence. In another study adopting a similar approach, first-year design students were asked to derive spatial interpretations from a given novel and, utilizing AI, generate two-dimensional reliefs based on these interpretations (Yıldırım, 2022).

In another study, AI-generated works and AI-student collaborative projects were evaluated in terms of creativity to investigate the creative processes and interactions between students and design tools in a first-year design studio (Çiçek et al., 2024b). Similarly, another study exploring the same context examined the integration of AI into the project studio, aiming to foster student-student and student-AI interactions and support creative encounters within design studios (Akçay Kavakoğlu et al., 2022). In a further study conducted by Çiçek et al. (2023), a first-year design studio exercise was tested using text-to-image diffusion models, and a framework was created for evaluating the outputs through experts. Another study comparatively analyzed design solutions generated by an AI model and those produced by students in a first-year design studio (Çiçek et al., 2024a).

Although existing studies on the relationship between first-year design studios and artificial intelligence examine the impact of AI integration on creativity, the role of AI as a design partner, and the comparison between AI-generated and student-produced outputs, the literature remains quite limited in studies specifically focusing on the first-year design studio, as also supported by Çiçek et al. (2024a). This indicates a need for further research in this area. Accordingly, this article aims to address this gap by exploring the relationship between the first-year design studio and artificial intelligence.

Therefore, in this article, student responses to a first-year design studio problem were used as prompts, and the study aims to discuss the potential of integrating two different AI tools into the studio environment by comparing their

responses to the same prompts. By examining the topic through two distinct AI platforms, the research differentiates itself from existing approaches and emphasizes its originality.

Method

This study is based on a multiple case study methodology, one of the qualitative research techniques (Yıldırım & Şimşek, 2021). The research was conducted using the outputs of design tasks produced by students in the Design Studio I and II courses. The courses were carried out in the Department of Interior Architecture and Environmental Design at Fenerbahçe University during the 2025 academic year. Students' responses to these design tasks were inputs for artificial intelligence tools, and the responses generated by ChatGPT and MidJourney to the same prompts were examined as comparative cases. The case study process was carried out by the researcher through uploading the student outputs to the selected artificial intelligence tools.

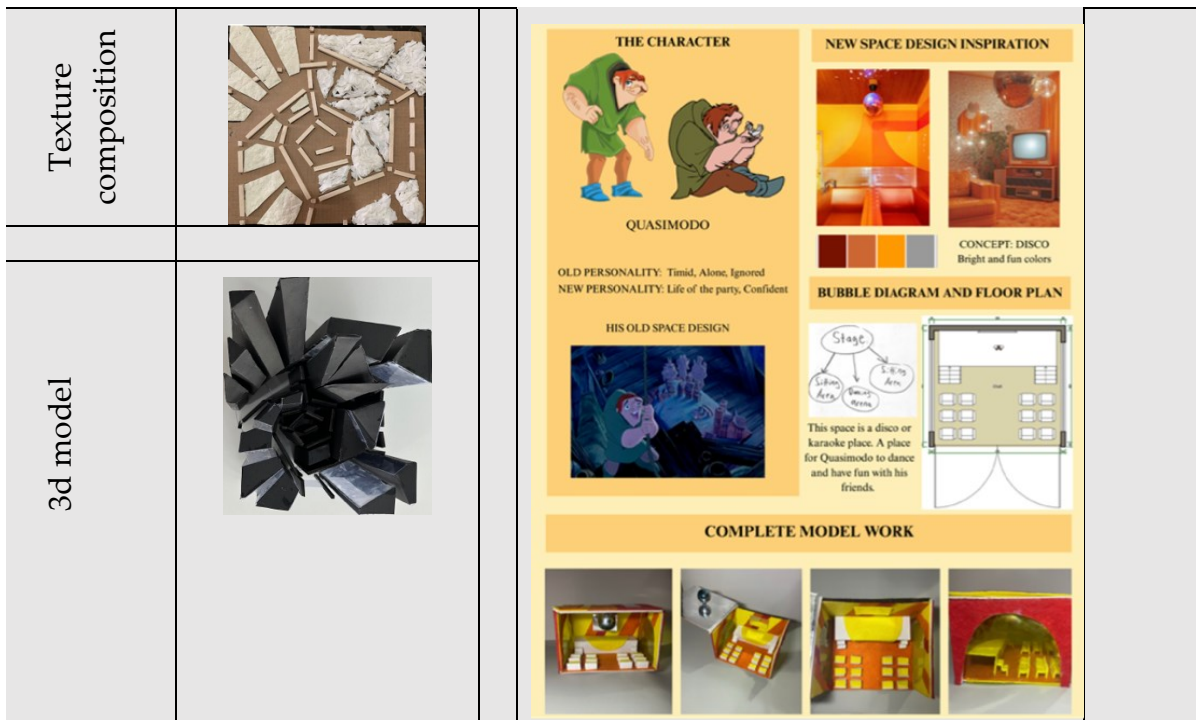
Research Design and Studio Framework

This study was designed to evaluate the potential of the artificial intelligence tools (ChatGPT and MidJourney) within the context of a first-year design studio. In this regard, the study examined the design tasks undertaken by students in the Design Studio I and Design Studio II courses, analyzed the capacities of these tools to respond to such tasks, and proposed a discussion regarding their potential integration into the design studio. The projects examined in this study are not sequential; rather, they belong to two separate studio courses conducted by the researcher. The design tasks were introduced to students during the first week of both courses.

The research process was structured as follows: Within the scope of the 2025 academic year, the design tasks completed by students in Design Studio I and II (Table 1), together with the initial ideas they developed for these tasks (the focus photograph for Design Studio I and the concept proposals for Design Studio II), were presented by the researcher as inputs to artificial intelligence tools. In this way, the outputs generated by the tools were examined, and their potential for integration into the design studio was discussed. The studio frameworks are structured as follows:

Table 1
Studio Contents (Author, 2026)

Studio Contents			
Design Studio I		Design Studio II	
Focus point photo		MY CONCEPT: LOVELY Terms associated with "lovely" theme: Soft Cute Comfortable Style chosen for theme: Art deco, abstracted into a tower-esque building. The design of the space was made to be a tower, following the "lovely" theme by making the clone a princess in a pink tower, with three smaller towers with different functioning rooms inside. PLAN AND SECTION FINISHED MODEL WORK	Fictional space design I
Point composition			
Point + line composition			
Point + line + surface composition			
Color composition			
			Fictional 1 Space design



Design Studio I: The starting point is an architectural focus photograph taken by the students. The focal point and compositional elements are represented through 25 squares of 5×5 mm within a 25×25 cm area. While maintaining the positions of selected squares, line and surface elements are added to create a two-dimensional composition, followed by experiments with color and texture. Finally, the two-dimensional composition is transformed into a three-dimensional form, resulting in an abstract spatial volume. The entire process progresses based on the initially selected focus photograph.

Design Studio II: Students developed fictional spatial designs. In the first project, concepts representing the students' self-expression were defined and spatial areas were designed accordingly. In the second project, the contrast of a predetermined line character was defined, and a spatial design corresponding to this contrast was developed.

By its very nature, the design studio uses written and visual sources, such as concepts and reference images, as starting points for design processes. Therefore, within the scope of this study, the written and visual inputs embedded in the project tasks were treated as initiating elements for fulfilling the design assignments. Accordingly, ChatGPT and MidJourney were selected as artificial intelligence tools representing text-based and image-based models for the purposes of this research. Based on this framework, the research questions were formulated as follows:

1. How do text-based and image-based AI tools respond to the same prompt?
2. How can AI tools be integrated into the first-year design studio

Data Collection Procedure

The research was conducted at the end of the relevant studio term and was structured based on student outputs produced in the Design Studio I and Design Studio II courses. Students were not directly involved in the study; instead, one successful project from each course was selected and used as data. The selection criterion was the extent to which the projects responded to the evaluation criteria defined at the beginning of the course and shared with the students.

Within this framework, the researcher developed a procedure (Figure 1) to test the outcomes by entering the same design tasks into artificial intelligence tools. In summary, the research process proceeded as follows:

- Development of projects by students in response to the design tasks during the 2025 spring semester,
- Selection of one student work for each design task,
- Identification of the artificial intelligence tools to be tested,
- Entering the initiating elements of the selected works into the artificial intelligence tools as prompts and establishing a dialogue with the AI systems,
- Presentation of the outputs generated by the artificial intelligence tools through tables,
- Evaluation of the outputs according to the predefined assessment criteria.

Figure 1

Methodological flowchart (Author, 2026)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
RESEARCH DESIGN	RESEARCH CONTEXT	STUDIO FRAMEWORK	SELECTION OF STUDENTS OUTPUTS	PREPERATION OF AI INPUTS	INTERACTION WITH CHATGPT AND MIDJOURNEY	AI OUTPUT GENERATION PROCESS	COMPARATIVE EVALUATION OF AI OUTPUTS	INTERPRETATION
Qualitative Method- Multiple Case study	Interior Architecture Program Design Studio I&II Course (2025)	Studio I: Photo-2D Abstraction-3D Form Studio II: Concept-based Fictional Spatial Design	One succesfull project selected for each design task	Student ideas (focus photo and concept descriptions)	Based on students outputs some prompts provided to CHATGPT and MIDJOURNEY			Assesment of AI potential for first-year design studio integration

The outputs generated in response to the tasks given to the artificial intelligence tools were evaluated by the researcher and presented through tables and visual materials. When multiple alternatives were produced, the final selection and evaluation were also carried out by the researcher. Furthermore, since different

students were enrolled in Design Studio I and Design Studio II, there was no overlap in participants between the courses.

Data Analysis

The data analysis focused on the design processes developed in Design Studio I and Design Studio II. In Design Studio I, the analysis examined how students abstracted the focal point of a focus photograph by using design elements such as point, line, and surface, and how they translated this two-dimensional expression into a three-dimensional form. In Design Studio II, students developed fictional spatial designs, the evaluation criteria were defined as creativity, the translation of the concept into space, appropriate selections of color and material, and the quality of the three-dimensional spatial design. The outputs generated by the artificial intelligence tools were evaluated according to these same criteria.

In addition, the AI-generated outputs were analyzed in terms of the rapid interpretation and consistency of key elements, level of detail, creativity and degree of originality, emotional impact/atmosphere, perceptual differences, and potential areas of usability. These analyses were used to discuss the possibility of integrating artificial intelligence tools into first-year design studio environments.

Limitations of the Study

This study examines artificial intelligence tools within the context of first-year design studios, and the analyses are based on a single student example for each design task. Therefore, the findings are not intended to be generalizable; rather, they aim to test the potential of artificial intelligence tools within the specific design tasks addressed in this research.

Within the scope of the study, the artificial intelligence tools ChatGPT (GPT-5) and MidJourney 6.1 Stylize Raw version were used. The design tasks were presented to both AI tools using the same inputs. To maintain methodological consistency, the same evaluation criteria and analytical measures were applied to both tools. In tasks where MidJourney did not produce a response, the process continued with ChatGPT. Furthermore, when ChatGPT's response to a specific prompt deviated from the intended dialogue, a new conversation thread was initiated, and the process was advanced through a branching approach. This situation is acknowledged as a limitation stemming from the differing technical characteristics of the tools.

Theoretical Framework

Artificial intelligence (AI) is generally defined as systems capable of mimicking human cognitive processes while performing complex tasks such as

analyzing information, recognizing objects and sounds, and filtering and processing data (Wong et al., 2019). In recent years, this rapidly developing field has emerged as a technological domain that transforms production and decision-making processes across various disciplines due to its capacity to process large datasets (Jaruga-Rozdolska, 2022). This transformation has particularly paved the way for the emergence of new modes of production and working methods in the field of design.

In design research, artificial intelligence is typically addressed from two main perspectives. The first approach considers AI as a tool that accelerates the design process and increases production capacity. Studies within this perspective demonstrate that AI systems can rapidly generate variations of existing designs, support decision-making processes in areas such as material optimization and environmental performance, and enable the production of numerous alternatives within a short period of time (Tang et al., 2022; Bölek et al., 2023). In educational contexts, these tools are also highlighted as supportive systems that can assist students in solving design problems (Muthumanickam et al., 2021).

The second perspective focuses on the effects of generative AI tools on design pedagogy. Generative models developed in architectural design encompass systems capable of producing different types of content such as text, images, videos, or three-dimensional models (Göktepe et al., 2025). These tools are categorized according to their production mechanisms and include various model types such as generative adversarial networks, diffusion models, foundation models, and three-dimensional generative systems (Li et al., 2025). While this technological diversity introduces new creative possibilities into the design process, it simultaneously necessitates the reconsideration of pedagogical practices.

Recent studies have examined the integration of AI tools into architectural design studios from different perspectives. Some research indicates that these tools accelerate the design process and increase students' capacity to generate alternatives. For example, AI-integrated BIM simulations have been perceived by students as tools that facilitate the design process and improve efficiency (Dharmatanna & Wijaya, 2025). Similarly, ChatGPT has been identified as a potential information resource for the conceptualization of design studio projects (Çalışkan, 2023). Furthermore, generative AI systems have been shown to contribute to design processes in terms of enabling new spatial explorations and performance optimization (Sunday Adeusi et al., 2024).

Nevertheless, the literature also highlights significant limitations of these tools. In particular, AI systems may struggle with interpreting contextual information, understanding human scale, and evaluating the abstract dimensions of the design process (Iranmanesh & Lotfabadi, 2025). This suggests that AI should be positioned

not as a fully autonomous producer within the design process but rather as a supportive tool that collaborates with the designer. Indeed, several studies emphasize that while AI systems can expand the solution space, the selection and evaluation of appropriate design alternatives still require the designer's critical judgment (Çiçek et al., 2024a).

These discussions gain particular importance in the context of design education. Design studio pedagogy is inherently a dynamic learning environment that continuously interacts with new tools and technologies. In this context, generative AI tools are considered emerging instruments that facilitate the visualization of students' ideas, enable the rapid testing of different alternatives, and support creative exploration processes (Küçük et al., 2025). At the same time, hybrid production processes established between AI systems and designers have been shown to be effective in developing contextual and innovative solutions (Çiçek et al., 2024b; Akçay Kavakoğlu et al., 2022).

Despite these developments, an important gap remains in the literature. Existing studies largely focus on the general potential of AI tools or their pedagogical implications, while research examining how different AI tools vary in relation to specific types of design tasks within studio environments remains limited. In particular, there is insufficient empirical evaluation regarding how these tools can be used in first-year design studios, which constitute the initial stage of design education, and in which types of tasks they may be most effective.

First-year design studios are widely recognized as threshold environments where students encounter a new design language and mode of thinking. These studios therefore represent critical learning contexts in which students learn to deal with uncertainty and translate abstract concepts into design outcomes. The rapid generation of alternatives and multiple representation capabilities offered by AI tools present significant potential to help students evaluate design problems from different perspectives (Çiçek et al., 2024b). However, the ways in which this potential is realized and how different AI tools contribute to design tasks remain insufficiently explored.

Within this context, the present study aims to contribute to this gap by comparatively examining two different artificial intelligence tools. By analyzing how these tools are used within the context of a first-year design studio, the study evaluates the types of design tasks in which they are most effective, their strengths and limitations, and their potential for integration into design pedagogy.

Results

This section presents the findings of the study. Using student responses to the problems that form the content of the first-year design studio courses as prompts, the

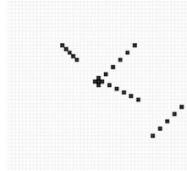
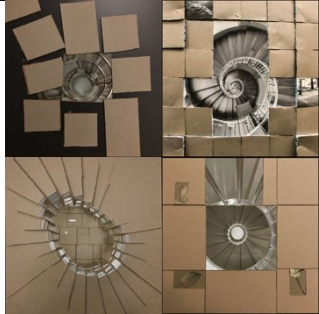
process was tested through the AI tools MidJourney and ChatGPT. The resulting data are presented in this section through tables.

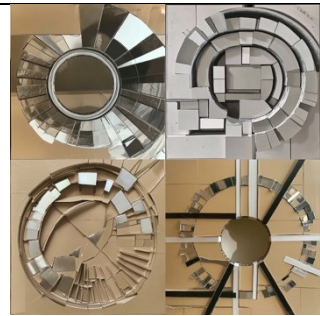
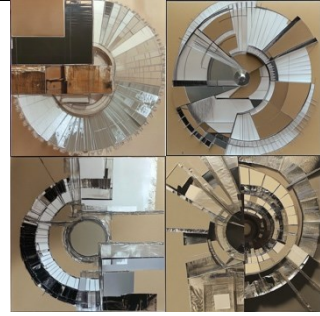
During data collection, the process was initially initiated by using the student's response to the Design Studio I problem, the focal photograph, as a prompt. Along with this photograph, the following prompt was provided to ChatGPT and MidJourney to generate outputs: "1. On the craft cardboard, use 25 squares of 5 mm×5 mm to express the relationships observed in the focal point photograph, including the focal point itself and the other elements that make up the composition."

The resulting data are presented in Table 2. ChatGPT responded to this prompt by creating a composition with points arranged on a grid, whereas MidJourney produced outputs based on different versions of the photo divided into grids. Since MidJourney operates through descriptive keyword codes (Çelik, 2025), the prompt was iteratively adjusted by adding "abstract 2D composition" in the first stage, followed by "draw diagram, abstract, 2D composition" in subsequent stages. However, the outputs did not produce a coherent composition that could be further developed according to the study requirements. Consequently, the dialogue with MidJourney was concluded, and the process for this problem continued solely with ChatGPT.

Table 2

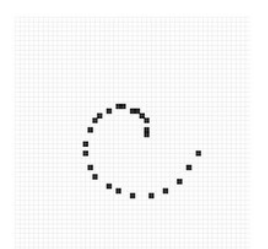
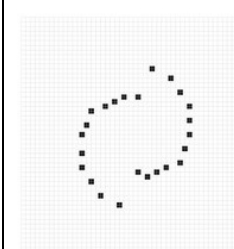
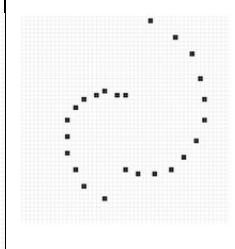
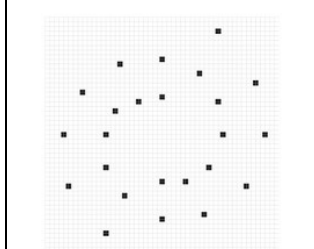
Outputs of Prompts Submitted to ChatGPT and MidJourney for the Design Studio I Design Task (Author,2026)

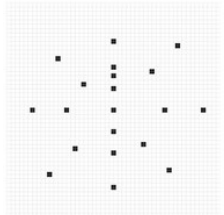
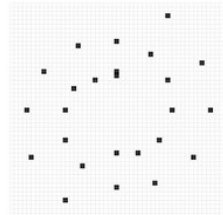
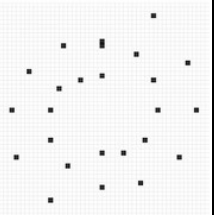
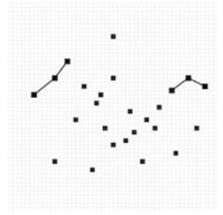
Prompt	ChatGPT	Prompt	MidJourney
 Prompt for focus point 1.On the craft cardboard, use 25 squares of 5mm x 5mm to express the relationships observed in the focal point		 Prompt for focus point 1.On the craft cardboard, use 25 squares of 5mm x 5mm to express the relationships observed in the focal point photograph, including the focal point itself and the other elements	

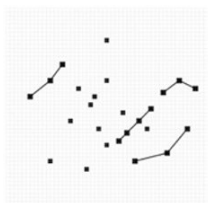
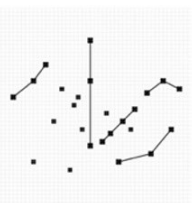
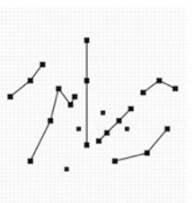
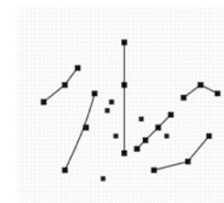
photograph, including the focal point itself and the other elements that make up the composition		that make up the composition	
		2.On the craft cardboard, use 25 squares of 5mm x 5mm to express the relationships observed in this photograph, including the focal point itself and the other elements that make up the composition, abstract, 2d composition	
		3.On the craft cardboard, use 25 squares of 5mm x 5mm to express the relationships observed in this photograph, including the focal point itself and the other elements that make up the composition, draw diagram, abstract, 2d composition,	

Although the critical dialogue with ChatGPT followed the logic of critiquing/evaluating student work in a studio environment, it was conducted by providing prompts in a command format rather than as critiques or suggestions. Accordingly, the prompts and outputs from the dialogue conducted with ChatGPT for the Design Studio I content are presented in Table 3.

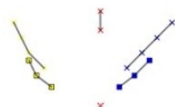
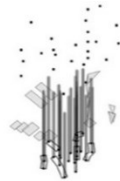
Table 3
Outputs of Prompts Submitted to ChatGPT for the Design Studio I Content (Author,2026)

Prompt	Prompt for point composition	Prompt for point composition	Prompt for point composition	Prompt for point composition
	2. Do not place the squares adjacent to each other; update their positions to create a diagram that reflects the circularity shown in the photo	3. Increase the spacing between the points, leaving fewer points at the center, and show the circularity on both the right and left sides of the photo	4. Further increase the spacing between the points and emphasize both the inner and outer circularity on the right and left sides of the photo	5. On the right, represent the outermost spiral and the one inside it; on the left, represent the inner and outer larger spirals. You can increase the spacing between the points to achieve this
Output				
Prompt	Prompt for point composition	Prompt for point composition	Prompt for point composition	Prompt for line composition
	6. To better position the points, move a few of them into the areas that correspond to the vertical element located along the central axis in the photo	7. Do not reduce the points in the spirals too much; represent the central axis by adding just two points at the top and one point at the bottom	8. Do not use adjacent points; move one of the points that are next to each other upward.	9. Create a diagram containing points and lines by keeping some points and merging others

Output				
Prompt	Prompt for line composition 10.Keep the position and number of points the same as the previous diagram. Only connect the points on the outer spiral to form lines	Prompt for line composition 11. Connect the spirals on the right among themselves and the ones on the left among themselves, so that the circular effect in the composition is preserved	Prompt for line composition 12. Increase the number of lines. To represent the spiral on the right, create lines by connecting the points that represent the inner spiral with those that represent the outer spiral	Prompt for line composition 13. Connect each layer within itself. For the right side, connect the points on the outer spiral among themselves and the points on the inner spiral among themselves
Output				

Prompt	Prompt for line composition 14. Also connect the three points at the lower right	Prompt for line composition 15. Connect the topmost point on the central axis with the point below it on the same axis by drawing a vertical line	Prompt for line composition 16. To represent the spiral on the left, connect the points so that both the inner and outer spirals are indicated	Prompt for line composition 17. In the inner spiral on the left, connect only the three points that lie on the same axis
Output				

Prompt	Prompt for line composition 18. Make all the lines 5 mm thick	Prompt for line composition 19. On the central vertical axis, keep the bottom point and connect only the two points at the top	Prompt for surface composition 20. Add surfaces to this composition while keeping the existing points and lines. You can use geometric shapes such as rectangles, squares, triangles, or trapezoids. Do not add surfaces randomly; use the elements in the photo as a reference	Prompt for surface composition 21. Add triangular surfaces outside the spiral on the right. Add rectangular surfaces both inside and outside the spiral on the left
Output				

Prompt	Prompt for surface composition	Prompt for surface composition	Prompt for color composition	Prompt for 3D model
	22. Do not place the surfaces on top of the points and lines; position them in the middle of or adjacent to them	23. Add triangular surfaces between the inner and outer spirals on the right, and rectangular surfaces between the spirals on the left. Increase the density of the surfaces	24. Use primary colors (yellow, red, blue) on the black elements of this diagram to emphasize the focal point of the composition.	25. Create an axonometric perspective by making the points, lines, and surfaces 20 cm in size
Output				

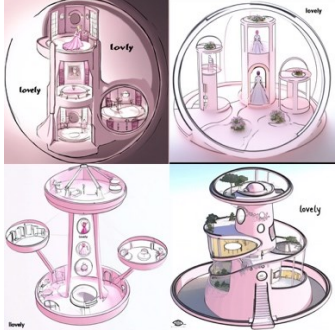
The process tested using the content forming the Design Studio II framework was initiated by using the concepts and plan diagrams identified by students as prompts. Based on this prompt, MidJourney generated several models containing different alternatives, whereas ChatGPT produced a model composed solely of geometric forms. In subsequent stages, additional prompts were provided to ChatGPT to add creative and narrative value to the model, resulting in further outputs. The prompts and outputs from this process are presented in Table 4.

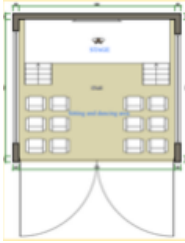
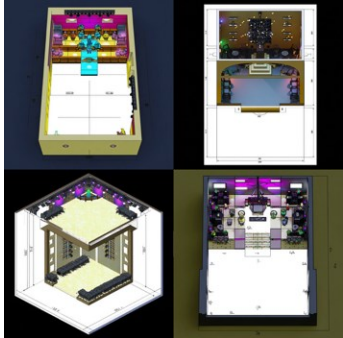
In the second fictional spatial design project, the plan sketch and concept description created by the student were used as inputs, and outputs were obtained from both AI tools. At this stage, as the AI tools were expected to generate both a three-dimensional model and an interior visual/atmosphere in parallel with student work, the same prompt was adjusted with specific keywords (e.g., “extrude this plan,” “create interior space”) to obtain the outputs. During this process, MidJourney produced outputs containing different variations in a volume inconsistent with the provided plan, whereas ChatGPT generated an output more consistent with the reference drawing.

Similarly, in the prompt involving the extrusion of the sketch plan into a three-dimensional model, ChatGPT generated outputs more consistent with the geometric characteristics of the provided plan, whereas MidJourney produced outputs containing different alternatives in square and rectangular forms. Finally, in the stage focused solely on generating an interior atmosphere based on the given prompt, outputs with varying spatial effects and atmospheres were produced. All these data are presented in Table 4.

Table 4

Outputs of Prompts Submitted to ChatGPT and MidJourney for the Design Studio II Design Tasks (Author,2026)

Fictional Space Design I			
Prompt	ChatGPT	Prompt	MidJourney
 1.The design of the space was made to be a tower following the lovely concept but making the clone a princess in a pink tower, with three smaller towers with different functioning rooms inside		 1.The design of the space was made to be a tower, following the "lovely" theme by making the clone a princess in a pink tower, with three smaller towers with different functioning rooms inside	
2.Add window and door and make it fictional			

3.Fairy tale castle style			
4.Add balconies/railings around some windows			
Fictional Space Design II			
Prompt	ChatGPT	Prompt	MidJourney
 1.Create an interior space, this space is a disco or karaoke place. A place for Quasimodo to dance and have fun with friends, disco concept and bright and fun colors		 1.Create an interior space, this space is a disco or karaoke place, a place for Quasimodo to dance and have fun with his friends, bright and fun colors	
 2.Extrude this plan, Create a interior space, this space is a disco or karaoke		 2.Extrude this plan, Create a interior space, this space is a disco or karaoke	

place, A place for Quasimodo to dance and have fun with his friends		place, A place for Quasimodo to dance and have fun with his friends	
3.This space is a disco or karaoke place, a place for Quasimodo to dance and have fun with his friends, disco concept, bright and fun colors		3.This space is a disco or karaoke place, a place for Quasimodo to dance and have fun with his friends, disco concept, bright and fun colors	

Discussion

In this study, the outputs obtained by testing the content conducted in the first-year design studio using two different AI tools (text-based and image-based) were examined. Through these outputs, the adaptability of the tools to the design studio with certain design task environment was evaluated, and the results are presented in this section.

When comparing the responses of ChatGPT and MidJourney to the content of Design Studio I, ChatGPT generated outputs consistent with the main elements present in the input photograph and text, whereas MidJourney produced outputs that interpreted the prompt differently. In the problems of Design Studio II, ChatGPT produced directly extruded volumes with geometry and proportions consistent with the provided plan and prompt, but with limited design and aesthetic value, while MidJourney generated alternatives with varied design qualities, albeit with geometric positions and proportions differing from the prompt. Similarly, in the second problem of the Design Studio II course, ChatGPT produced outputs consistent with the geometric characteristics of the provided plan, whereas MidJourney generated outputs that diverged from the reference.

Evaluation of these outputs based on the parameters established in the study reveals that ChatGPT interpreted the given prompts more consistently and faithfully in terms of prompt interpretation and the consistency of key elements, whereas MidJourney was less bound to the prompts. In terms of level of details, ChatGPT provided more detailed outputs for content aimed at abstraction or analytical inference, such as in Design Studio I; however, for the other two problems involving fictional spatial design, MidJourney's outputs contained more details. From the

perspective of perceptual differences, ChatGPT differed from MidJourney in that it interpreted the inputs and produced outputs guided by these interpretations.

When the research findings are examined in detail, ChatGPT was found to be more effective than MidJourney in performing spatial, geometric, and compositional analyses based on architectural plan sketches, as well as in reinterpreting conceptual and formal relationships. This result is consistent with the findings reported by Oh (2024). On the other hand, MidJourney's outputs were found to be more favorable in generating fictional and creative solutions. These results support findings from previous studies (Yiannoudes, 2025; Tan and Luhrs, 2024; Tong et al., 2023).

Although ChatGPT can generate meaningful schematic abstractions, it shows reduced consistency in complex organizational relationships (e.g., point + line, point + line + surface compositions). MidJourney, on the other hand, can produce spatial alternatives with high impact and creative value, but its ability to maintain spatial fidelity is limited. These findings support similar perspectives reported in the literature (Alkan and Oduncu, 2024; Yiannoudes, 2025).

On the other hand, the tools used in fictional spatial design tasks demonstrate differences in their production processes. While MidJourney can generate numerous visual alternatives in a short time based on a given input, the production of outputs in ChatGPT often requires a longer interaction process involving dialogue, guidance, and confirmation steps. This indicates that MidJourney's rapid production capacity expands the range of possibilities, particularly in terms of generating a greater number of design alternatives within a limited time.

The literature similarly suggests that such rapid generation and iterative development processes broaden design possibilities and facilitate iterative thinking in design workflows (Karadağ & Ozar, 2025). In a similar vein, visual generation tools are reported to contribute particularly to the development of interpretation and compositional skills among first-year students (Tong et al., 2023). Moreover, it has been emphasized that these tools allow students to experiment with a wider range of ideas and concepts by rapidly transforming ideas into visual forms (Yıldırım, 2022).

Conclusion

The findings obtained within the scope of this study suggest that the potential roles of the two AI tools in first-year design studio environments may be interpreted as follows. In the examined cases, ChatGPT appears to be more suitable for technical, analytical, and inference-based processes that involve abstraction and the transition from two-dimensional to three-dimensional representations. In contrast, MidJourney appears to be more effective in processes requiring fictional spatial design, atmosphere creation, and the generation of exploratory ideas. However, the results also indicate that both AI tools still require an initial idea or guidance as a starting point and do not operate independently of human input.

Within the limited scope of this research, the findings suggest that, at the scale of first-year design education, AI tools function more appropriately as supportive instruments for human designers rather than as mechanisms that replace traditional studio practices or act as autonomous decision-making systems. In this respect, the results highlight the continued importance of a human-centered design approach, particularly in forms of learning that involve abstraction, interpretation, and reasoning, as commonly encountered in first-year design studios. This observation aligns with related discussions in the literature (Çiçek et al., 2024a; Iranmanesh & Lotfabadi, 2025; Kahraman et al., 2025; Huh et al., 2025; Taşlı-Pektaş, 2025).

The findings also point to differences in the production processes of the examined tools. Although MidJourney can generate numerous alternatives within a short period of time, the produced outputs do not always remain fully consistent with the given inputs. By contrast, the output generation process in ChatGPT often requires a longer interaction due to its dialogue-based structure; however, this interactive format allows for guidance, revision, and refinement throughout the design process. These observations suggest that the two tools may demonstrate different strengths depending on the nature of the design task, at least within the cases examined in this study.

Nevertheless, the findings of this research should be interpreted with caution, as the analysis is based on a single student work for each design task. Accordingly, the results are not intended to be broadly generalizable but rather to provide an exploratory evaluation of the potential roles of AI tools within the specific studio tasks examined. Future studies could test similar design tasks with larger student groups and in different design contexts, which would enable a more comprehensive evaluation of the findings. In addition, as artificial intelligence technologies continue to evolve rapidly, repeating similar studies with updated AI systems may help reveal the emerging capabilities of newer tools as well as the limitations of earlier versions. Finally, more comprehensive research is needed to examine the broader and holistic impacts of artificial intelligence tools on design studio pedagogy.

Etik

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur. Bu araştırma ile ilgili etik sorularınız için lütfen izufbed@izu.edu.tr adresine başvurun.

Katkı Oranı Beyanı

Bu çalışma tek yazarlıdır.

Destek ve Teşekkür Beyanı

Çalışma herhangi bir destek almamıştır. Makale Turnitin yazılımı kullanılarak intihal açısından incelenmiştir. Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde yapay zekâ tabanlı herhangi bir araç veya uygulama kullanılmamıştır. Çalışmanın tüm içeriği, yazar(lar) tarafından bilimsel araştırma yöntemleri ve akademik etik ilkelere uygun şekilde üretilmiştir. Yazar, Fenerbahçe Üniversitesi 2024-2025 bahar dönemi tasarım stüdyosu I-II derslerinde çalışmalarını paylaşan Y.V.Er G.C. Gönül'e teşekkür eder.

Çatışma Beyanı

Yazar bu araştırma makalesinin araştırma, yazma ve/veya yayınlanmasına ilişkin herhangi bir kurum ve/veya kişi ile potansiyel çıkar çatışması beyan etmemiştir.

Ethical Considerations

It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited. For ethical inquiries regarding this research, please contact: izufbed@izu.edu.tr

Author Contributions

This study is single-authored.

Funding and Acknowledgments

This study did not receive any financial support. The manuscript was screened for plagiarism using Turnitin software. **No artificial intelligence-based tools or applications were utilized in the preparation of this manuscript. All content was generated solely by the author(s) in adherence to scientific research methodologies and academic ethical standard. The author would like to thank to G.C. Gönül, Y.V.Er for sharing their works of design studio I-II of 2024-2025 spring semester in Fenerbahçe University.

Conflict of Interest

The author has no conflicts of interest to declare related to the research, writing, or publication of this manuscript.

REFERENCES

- Akçay Kavakoğlu, A., Almaç, B., Eser, B., & Alaçam, S. (2022). AI driven creativity in early design education - a pedagogical approach in the age of industry 5.0. Proceedings of the 40th International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe, Ocak 2022, İstanbul, Türkiye, 133-142 s.
- Alkan, İ., & Oduncu, S. (2024). Yapay zekâ'da güncel yaklaşımlar: Bir tasarım aracı olarak veri görselleştirme teknikleri. *Yedi: Sanat, Tasarım ve Bilim Dergisi*, Sanatta Dijitalizm Özel Sayısı, 171-182, <https://doi.org/10.17484/yedi.1483618>.
- Bölek, B., Tural, O., & Özbaşaran, H. (2023). Systematic Review on artificial intelligence applications in architecture. *Journal of Design for Resilience in Architecture & Planning*, 4(1): 91-104, <https://doi.org/10.47818/DRArch.2023.v4i1085>.
- Çalışkan, E. B. (2023). Interview with ChatGPT to define architectural design studio work: Possibilities, conflicts and limits. *Journal of Design Studio*, 5(1):57-71, <https://doi.org/10.46474/jds.1267485>.
- Çelik, A. T., Kurtuluş, Ş., Karabay, E., & Özdemir, S. (2023). Integrating AI image generation to first year design studio: "Invisible Cities" reimagined with AI subtitle. 11th International Conference of the Arab Society for Computation in Architecture, Art and Design, November 10, 2023, Petra, Jordan, 976-995 s.
- Çelik, T. (2025). The effect of artificial intelligence on creativity in conceptual design in architectural education: The motion of biomimetics and futurism. *AI & Society* (40): 2717-2727, <https://doi.org/10.1007/s00146-024-02042-7>.
- Çiçek, S., Çağdaş, G., & Kırdar, G. (2024a). Temel tasarımda yeni aktör: AHS modeli ile organik ve yapay zekâ destekli sentetik çözüm kümelerinin değerlendirilmesi. *Ege Mimarlık* (124): 66-77.
- Çiçek, S., Gürer, E., & Özkar, M. (2024b). First year design studio in the age of AI: synthetic vs. hybrid design spaces. XXVIII Congress of the Ibero-American Society of Digital Graphics (SIGraDi), 13 November 2024, Barcelona, Spain, 619-630.
- Çiçek, S., Turhan-Haskara, G. D., & Özkar, M. (2023). Reconsidering design pedagogy through diffusion models. *eCAADe 2023: Digital Design Reconsidered*, 18-23 September 2023, Graz, Austria, 31-41 s.
- Dharmatanna, S. W., & Wijaya, E. S. (2025). The study of AI integrated simulation in building information modelling (BIM) use at architectural design studio. *Journal of Artificial Intelligence in Architecture*, 4(1):23-34, <https://doi.org/10.24002/jarina.v4i1.9415>.
- Göktepe, F., Alkan Bala, H., & Kezer, Z. (2025). In architectural education personalized learning experiences with artificial intelligence. *Architectural Episodes 03: Innovation, Technology, Digital Transformation and the Future of the Construction Industry*, 10-11 April 2025, İstanbul, Türkiye, 12-22 s.

- Huh, M. B., Miri, M., & Tracy, T. (2025). Students' perceptions of generative AI image tools in design education: Insights from architectural education. *Education Sciences*, 15(9): 1160, <https://doi.org/10.3390/educsci15091160>.
- Iranmanesh, A., & Lotfabadi, P. (2025). Critical questions on the emergence of text to image artificial intelligence in architectural design pedagogy. *AI & Society*, 40, 3557-3571, <https://doi.org/10.1007/s00146-024-02111-x>.
- Jaruga-Rozdolska, A. (2022). Artificial intelligence as part of future practices in the architect's work: Midjourney generative tool as part of a process of creating an architectural form. *Architectus*, 3(71): 95-104, DOI: 10.37190/arc220310.
- Kahraman, M. U., Şekerci, Y., & Bal, H. (2025). AI models in interpreting basic design elements and principles. *PLANARCH-Design and Planning Research*, 9(2): 462-483, <https://doi.org/10.54864/planarch.1627965>.
- Karadağ, D., & Ozar, B. (2025). A new frontier in design studio: AI and human collaboration in conceptual design. *Frontiers of Architectural Research*, 14(6): 1536-1550, <https://doi.org/10.1016/j.foar.2025.01.010>.
- Küçük, E., Erten-Bilgiç, D., & Kaya, P. (2025). Use of artificial intelligence in interior architecture education and case study an example of using Vizcom artificial intelligence tool in Kocaeli University Interior Architecture Education. *Megaron*, 20(2): 190-202, <https://doi.org/10.14744/megaron.2025.72368>.
- Li, C., Zhang, T., Du, X., Zhang, Y., & Xie, H. (2025). Generative AI models for different steps in architectural design: A literature review. *Frontiers of Architectural Research*, 14, 759-783, <https://doi.org/10.1016/j.foar.2024.10.001>.
- Muthumanickam, N. K., Duarte, J., Nazarian, S., Memari, A., & Bilén, S. (2021). Combining AI and BIM in the design and construction of a Mars habitat. In N. Leach & P. Yuan (Eds.) *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture* (pp. 251-279). Routledge.
- Oh, D. (2024). Generative AI in higher education design studio. Norddesign Conference, 12-14 August, 2024, Reykjavik, Iceland.
- Sunday Adeusi, T., Louis Kachiside, O., & Gupta, R. (2024). Innovative architectural design practices enabled by AI-powered parametric and computational approaches. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 24(03): 2487-2498, <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.24.3.3959>.
- Tan, L., & Luhrs, M. (2024). Using generative AI Midjourney to enhance divergent and convergent thinking in an architect's creative design process. *The Design Journal an International Journal for All Aspects of Design* (4), <https://doi.org/10.1080/14606925.2024.2353479>.
- Tang, T., Li, P., & Tang, Q. (2022). New strategies and practices of design education under the background of artificial intelligence technology: Online animation design studio. *Frontiers in Psychology*, 13, 1-8, Doi: 10.3389/fpsyg.2022.767295.

- Taşlı-Pektaş, Ş. (2025). Semiotics-based prompt engineering for architectural text-to-image generation processes. *Estoa. Journal of the Faculty of Architecture and Urbanism*, 14(28):121–135, <https://doi.org/10.18537/est.v014.n028.a09>.
- Tong, H., Ülken, G., Türel, A., Şenkal, H., Yağcı Ergun, S., Güzelci, O. Z., & Alaçam, S. (2023). An attempt to integrate AI-based techniques into first year design representation course. *Cumulus Antwerp 2023 - Connectivity and Creativity in times of Conflict*, 12-15 April 2023, Antwerp, Belgium, 363-367 s.
- Wong, S. H., Al-Hasani, H., Alam, Z., & Alam, A. (2019). Artificial Intelligence in Radiology: How Will We be Affected? *European Radiology* (29): 141-143, <https://doi.org/10.1007/s00330-018-5644-3i>.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2021). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. 11. Baskı, Seçkin Yayınevi, Ankara, Türkiye, ISBN: 978-975-026982-0.
- Yıldırım, E. (2022). Text-to-image artificial intelligence in a basic design studio: Spatialization from novel. 4th ISARC International Science and Art Research, 24-25 December, 2022, İstanbul, Türkiye, 453-462 s.
- Yiannoudes, S. (2025). Text-to-image generative artificial intelligence as conceptual mechanism for architectural design. *Journal of Artificial Intelligence in Architecture*, 4(1):70-88, <https://doi.org/10.24002/jarina.v4i2.10992>.

Gerçek-Sanal Mekân Etkileşimi: Mimari Bir Yapının Dijital Oyun Mekânına Dönüştürülmesinde İç Ortam Aydınlatmasının Önemi

Bahtiyar REYIMOV^aŞule YILMAZ ERTEN^b

Öz

Gerçek mekânın dijital ortama aktarımı, fiziksel özelliklerin yeniden üretimiyle birlikte mekâna özgü atmosferin, duygusal etkilerin ve algısal yoğunlukların da simüle edilmesini gerektirmektedir. Unreal Engine gibi ileri seviye oyun motorları, mimari mekânların temsil olanaklarını genişleterek senaryonun somutlaşmasına ve mimari bileşenlerin yeniden yorumlanmasına olanak tanımaktadır. Bu yeniden üretim süreci, malzeme, doku, ölçek gibi mimari öğelerin doğru bir iç mekân aydınlatması ile dijital oyun senaryosuyla bütünleşmesini sağlayarak yeni bir "dijital mimari deneyim" geliştirmektedir.

Dijital oyun mimarisinin tasarım mantığı; senaryo, mekânsal derinlik, ölçek, malzeme hissi ve kullanıcı hareketi gibi unsurların oyun dinamikleriyle bütünleşmesine dayanır. Bu nedenle, mimari deneyimin sanal ortamda ne ölçüde sürdürülebilir kılınabileceği önemli bir araştırma sorusudur. Özellikle aydınlatma, hem atmosfer üretimi hem de oyun içi yönlendirme açısından belirleyici bir bileşendir. Gerçek bir mekân dijital ortama aktarılırken, yapının fiziksel durumu, işlevi ve karakteri analiz edilmeli; doğal ve yapay aydınlatma senaryoları gerçek ve sanal katmanlarda tutarlı bir şekilde organizasyonel çerçeveye oturtulmalıdır. Gerçek mekânın biçimsel özellikleri, ışık düzeni, mekânsal hiyerarşisi ve kullanıcı deneyiminin dijital ortama aktarımında ne ölçüde korunduğu, dönüştüğü veya yeniden yorumlandığı tartışılmaktadır. Ayrıca gerçek ve sanal mekânlarda aydınlatmanın algısal ve işlevsel etkileri karşılaştırılmakta; dijital oyun mimarisinde gerçek mekânların yalnızca bir görsel referans değil, deneyimsel bir tasarım girdisi olarak nasıl kullanılabileceği ortaya konmaktadır.

Çalışma kapsamında, günümüzde sahip olduğu kimlikle aktif olarak kullanılan TMMOB Edirne Temsilciliği binası ele alınmıştır. Yapı; Revit ortamında üç boyutlu olarak modellenmiştir. Bu model, Dialux Evo ve Unreal Engine yazılımlarına aktarılmış ve aydınlatma performansı gerçek-sanal ayırımında karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dijital Oyun Mimari, Unreal Engine, Dialux, Dijital Oyun Mekânı Aydınlatması.

Makale Hakkında

Geliş Tarihi: 02.01.2026

Kabul Tarihi: 30.04.2026

Yayın Tarihi: 30.06.2026

Atf için: Reyimov, B., Yılmaz Erten, Ş. (2026). Gerçek-Sanal Mekân Etkileşimi: Mimari Bir Yapının Dijital Oyun Mekânına Dönüştürülmesinde İç Ortam Aydınlatmasının Önemi. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(1), 27-49. <https://doi.org/10.47769/izufbed.1854970>

Etik Beyan

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur (Bahtiyar REYIMOV).



^a **Sorumlu Yazar:** Yüksek Lisans Öğrencisi, Trakya Üniversitesi, Edirne, Türkiye. E-mail: bahtiyarreyimov01.01@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0009-0007-3840-4149>

^b Doç. Dr., Trakya Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Edirne, Türkiye. E-mail: suleyilmaz@trakya.edu.tr ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5559-1405>

* Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde yapay zekâ tabanlı herhangi bir araç veya uygulama kullanılmamıştır. Çalışmanın tüm içeriği, yazar(lar) tarafından bilimsel araştırma yöntemleri ve akademik etik ilkelere uygun şekilde üretilmiştir.

Real-Virtual Spatial Interaction: The Importance of Indoor Lighting in Transforming an Architectural Structure into a Digital Game Environment

Bahtiyar REYIMOV^a

Şule YILMAZ ERTEN^b

Abstract

The transformation of physical spaces into digital environments requires not only the reproduction of their physical characteristics but also the simulation of the atmosphere, emotional impact, and perceptual intensity that are unique to each space. Advanced game engines such as Unreal Engine expand the representational capabilities of architectural spaces, enabling the realization of design scenarios and the reinterpretation of architectural components. This reconstruction process integrates architectural elements, such as materials, textures, and scale, with digital game scenarios through accurate indoor lighting design, thereby creating a new form of digital architectural experience.

The design logic of digital game architecture is based on the integration of narrative, spatial depth, scale, material perception, and user movement with game mechanics. Therefore, the extent to which architectural experience can be sustained within virtual environments constitutes a significant research question. Lighting, in particular, is a critical component for both atmosphere creation and in-game navigation. During the transformation of a physical space into a digital environment, the building's physical condition, function, and architectural character should be thoroughly analyzed, while natural and artificial lighting scenarios should be consistently organized across both physical and virtual environments. This study discusses the extent to which the formal characteristics, lighting configuration, spatial hierarchy, and user experience of a physical architectural space are preserved, transformed, or reinterpreted in its digital counterpart. Furthermore, the perceptual and functional effects of lighting in physical and virtual environments are comparatively examined, demonstrating how real architectural spaces can serve not only as visual references but also as experiential design inputs for digital game architecture.

Within the scope of this study, the TMMOB Edirne Representative Office building, which is currently in active use, was selected as the case study. The building was modeled three-dimensionally in Revit. The resulting model was subsequently transferred to Dialux Evo and Unreal Engine, where its lighting performance was comparatively analyzed within the context of physical and virtual environments.

Keywords: *Digital Game Architecture, Unreal Engine, Dialux Evo, Digital Game Environment Lighting.*

^a **Corresponding Author:** Graduate Student, Trakya University, Edirne, Türkiye. E-mail: bahtiyarreyimov01.01@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3840-4149>

^b Associate Professor, Ph.D., Faculty of Architecture, Trakya University, Edirne, Türkiye. E-mail: suleyilmaz@trakya.edu.tr ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5559-1405>

*No artificial intelligence-based tools or applications were utilized in the preparation of this manuscript. All content was generated solely by the author(s) in adherence to scientific research methodologies and academic ethical standards.

About Article

Received Date: 02.01.2026

Accepted Date: 30.04.2026

Publication Date: 30.06.2026

To Cite: Reyimov, B., Yılmaz Erten, Ş. (2026). Real-Virtual Spatial Interaction: The Importance of Indoor Lighting in Transforming an Architectural Structure into a Digital Game Environment. *Istanbul Sabahattin Zaim University Journal of Institute of Science and Technology*, 8(1), 27-49.

<https://doi.org/10.47769/izufbed.1854970>

Ethical Statement

It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited (Bahtiyar REYIMOV).

Giriş

Dijital oyun mimarisi, bilgisayar oyunlarının geliştirilmeye başlandığı 20. yüzyılın ortalarında günümüze kadar geçen süreçte teknolojik ilerlemeler ve tasarım anlayışının farklılaşmasıyla boyut kazanmıştır. İlk ortaya çıktığı ve gelişim gösterdiği dönemlerde, oyun mimarisi basit bir grafiğe ve altyapıya sahip oyun mekânları, günümüzde hiper gerçekçi, etkileşimli ve mimari açıdan oldukça karmaşık hacimlere dönüşmüştür. Bu sürecin başlangıcı olarak 1950-1980 seneleri kabul edilebilir. Söz konusu dönemlerde oyun mimarisi daha yüzeysel ve iki boyutlu mekân etkileşimleri sunmaktayken, daha sonrasında erken gelişim süreci olan 1980-1995 seneleri arasında 2D oyun mekânları 3D oyun motorlarının geliştirilmesiyle dijital oyun mimarisi daha belirgin hal almaya başlamıştır. Bu dönemlerde dijital oyun mimarisi gerçek mimari mekânların soyutlanmış biçimi olarak düşünülebilir (Manovich L, 2001). 1995-2010 seneleri arasında, dijital oyun mimarisi, oyun motorlarının gelişmesiyle, 3D ve gerçekçi tasarım ile bir üst seviyeye taşınmıştır. Gerçek mimari öğeler ve nesneler oyun mekânlarında daha belirgin hale getirilmiştir. Bu süreçte oyun motorları ve yazılımlarla beraber görsel iyileşmelerin hızla geliştiğinden bahsedilebilir. Örneğin Assassin's Creed gibi dijital oyunlarda gerçek mimari mekânlar sanal ortama taşınmıştır ve kullanıcılarına sınırsız mekânsal deneyim sunmaktadır (Champion E, 2010). 2010' dan günümüze kadar olan süreçte ise, dijital oyun mimarisi ile mimari disiplinler iç içe geçmiştir. Gerçek-sanal mekânların arasında kurduğu bağ sadece mimari formdan daha fazlasıdır. Bu mekânsal entegrasyonda senaryoya yanıt verme ve mekânsal deneyimler değerlendirilmektedir (Hanna R, Mahgoub Y, 2021).

Bu aktarım süreci mimari gerçekliğin doğru bir şekilde belgelenme problemini beraberinde getirmiştir. Mimari disiplininde, bu problem doğrultusunda önemli bazı sorular oluşmaktadır. Gerçek mekân sanal ortama aktarılırken mimari doku ne ölçüde korunur? veya korunur mu? Söz konusu süreçte mimarın yeri ve önemi nedir? gibi sorular bu çalışma içerisinde değerlendirilmiştir.

Gerçek-sanal mekân etkileşimde, aydınlatmanın mekânsal algıdaki rolü oldukça büyüktür. Aydınlatma verileri, gerçek mekânlarda kullanıcıların mekânı algılamasında ve orada yaşamını devam ettirmesinde önemlidir ve belirli standartlara uygun olarak organize edilerek kullanıcıları için konforlu mekânlar üretmektedirler. Ancak sanal ortamlarda aydınlatma, oyun aksiyonuna bağlı olarak değişim göstermektedir. Oyunsal mekânlar veya anlatısal mekânlarda aydınlatma, oyuncuya mekânı sergilerken aynı zamanda yönlendirici bir araç olarak da kullanılmaktadır. Oyun senaryosuna bağlı olarak algısal çeşitliliğe uğramaktadır. Söz konusu mekândan-mekâna geçiş sürecini analiz edebilmek için aydınlık simülasyonları oluşturulmuştur. Simülasyon araçları çalışmaya entegre edilerek, gerçek mekân sanal ortama aktarılırken mekânın özgün dokusunu ve algısını korumak amaçlanmıştır ve sürdürülebilir bir sanal ortamın oluşması için öneri sunulmuştur. Çalışmada bu amaca

hizmet etmek için Dialux ve Unreal Engine yazılımları, gerçek-sanal mekân aydınlatma simülasyonlarının oluşturulmasında kullanılmıştır.

Gerçek ve sanal mekânlar arasındaki etkileşimler aydınlatma bağlamında incelendiğinde, bu iki ortam arasında belirgin algısal farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Gerçek mimari mekânlar doğal ve yapay ışığın birlikte oluşturduğu dinamik bir aydınlatma düzeniyle algılanırken, sanal mekânlarda ışık bütünüyle yapay olarak üretilir ve renk-ışık ilişkisi oyun motorlarının sunduğu simülasyon kapasitesiyle sınırlıdır. Bu durum, özellikle ışığın mekânsal derinliği, hacim hissi ve atmosfer üretme gücü açısından algısal uyumsuzluklara yol açmaktadır. Gerçek mekânlarda doğal ışığın gün içindeki değişimi mekânsal algıyı sürekli olarak dönüştürürken, sanal mekânlarda zaman ve ışık koşulları çoğunlukla oyun senaryosu doğrultusunda kurgulanır. Bu senaryo temelli aydınlatma kurgusu, mekânın gerçekçi bir ışık davranışı sergilemesini her zaman sağlamadığından, gerçek-sanal mekân deneyimleri arasında ek bir algısal fark yaratır. Tüm bu farklılıklar, gerçek bir mimari mekânın sanal ortama aktarımında ışığın yalnızca görsel bir bileşen değil, kullanıcı deneyimini yönlendiren temel bir tasarım aracı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle dijital oyun mimarisinde aydınlatma hem teknik gereksinimler hem de mekânsal deneyim dikkate alınarak bütüncül bir yaklaşımla ele alınmalıdır.

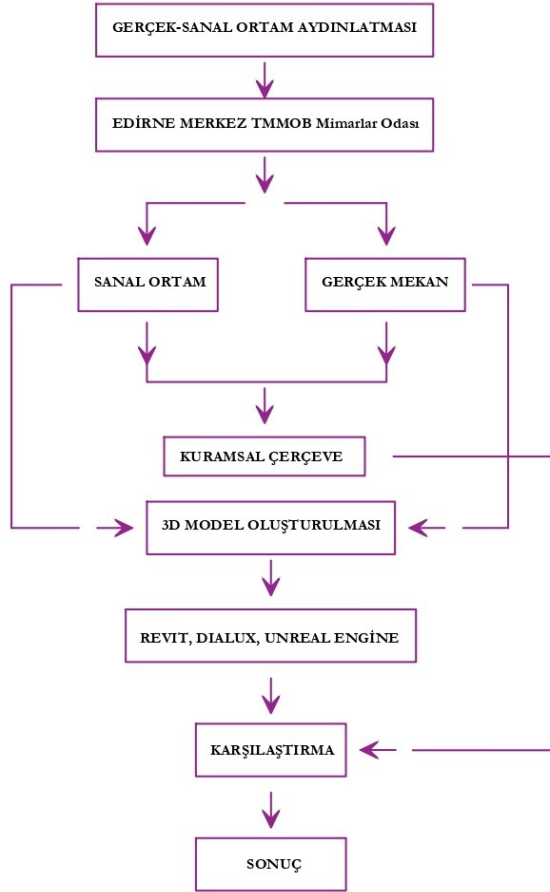
Materyal ve Metot

Bu çalışmada, gerçek ve sanal mimari mekânlar arasındaki geçirgenlikte ışığın belirleyici rolü incelenerek dijital temsillerin mekânsal anlatı üzerindeki etkisi değerlendirilmektedir. Araştırmada, bir yapının fiziksel aydınlatma koşullarının dijital ortamda yeniden üretim sürecine odaklanılmakta; oyun motorlarında oluşturulan ışık kurgusunun mekân algısı, atmosfer ve kullanıcı deneyimini nasıl dönüştürdüğü tartışılmaktadır. Vaka çalışması olarak, günümüzde ofis işleviyle kullanılan TMMOB Edirne Temsilciliği binası seçilmiştir.

Sanal mekânların aydınlatma konusu, kuramsal çerçeve bağlamında ele alınmıştır. Aynı zamanda kuramsal bilginin tartışılacağı örnek yapının üç boyutlu modeli Revit ortamında oluşturulmuş, gerçek mekâna ilişkin aydınlatma analizi Dialux yazılımı ile gerçekleştirilmiş ve aynı model Unreal Engine'e aktarılmıştır (Şekil 1).

Şekil 1

Yöntem Akış Şeması



Her iki ortamda (Dialux Evo-UNreal Engine) malzeme, doku, yansıtıcılık ve ışık kaynaklarının teknik özellikleri ayrıntılı biçimde tanımlanmış; gerçek mekân atmosferinin oyun mekânındaki karşılığı görsel ve ölçümsel olarak yeniden üretilmiştir. Dialux'ten elde edilen fotometrik veriler, Unreal Engine'deki ışıklandırma kurgusu ile karşılaştırılarak mekânsal algı ve aydınlatma davranışlarındaki farklılıklar ve benzerlikler ortaya konmuştur. Fiziksel ve dijital aydınlatma senaryoları iki farklı başlık altında sistematik biçimde karşılaştırılmıştır (Şekil 1).

Gerçek-Sanal Mekân Etkileşiminde Işık Kuramı ve Mekânsal Algıdaki Rolü

Işık, hem gerçek hem de sanal mekânlarda mekânsal algının şekillenmesinde temel bir bileşendir. Fiziksel ortamlarda doğal ve yapay ışık, hacimlerin, yüzeylerin, renklerin ve dokuların algılanmasında belirleyici olurken, dijital ortamlarda ise ışık, mekânın atmosferini, kullanıcı yönelimini ve duygusal deneyimini doğrudan etkileyen bir tasarım aracına dönüşür (Zumthor, 2006). Işığın yönü, şiddeti, rengi ve dağılımı hem gerçek hem de dijital mekânlarda kullanıcıların mekânı nasıl algılayacağı üzerinde oldukça etkilidir.

Gerçek mekânlarda ışık kuramı, özellikle mimarlık bağlamında, mekânın işlevine, psikolojik etkilerine ve insan eylemine yanıt verebilecek şekilde tasarlanır. Örneğin doğal ışık, gün boyunca değişen karakteriyle kullanıcı üzerinde farklı psikolojik etkiler yaratabilir, sabah ışığı zindelik verirken, gün batımı daha dingin bir atmosfer sunar (Le Corbusier, 1923). Bu tür mekânsal aydınlatma etkileşimleri, gerçek mekânlarda ışığın kullanıcı davranışlarını yönlendirmedeki etkisini açıkça ortaya koyar. Aynı durum sanal ortamlar için de geçerlidir.

Sanal mekânlarda ise ışık fiziksel değil, yazılımsal olarak Unreal Engine gibi oyun motoru aracılığı ile üretilir. Ancak bu üretim, gerçek mekânın aydınlatma verilerini baz alarak kurgulanır ise, kullanıcıda gerçek mekân etkisi yaratabilecek düzeyde oluşabilir. Oyun motorlarında (örn. Unreal Engine, Unity) ışık ve gölge kullanımı, mekânsal derinlik, yön bulma ve atmosferik etki yaratmak için temel tasarım unsurlarından biridir (Bermúdez, 1999). Özellikle Unreal Engine’de “global illumination” ve “real-time lighting” teknikleri sayesinde, kullanıcıya gerçekçi bir ışık-mekân deneyimi sunulabilir. “Spot Light”, “Rect Light” ve “Point Light” gibi araçlar, yapay aydınlatma simülasyonları oluşturmakta kullanılmaktadır. Bu bağlamda ışık, dijital mekânın sadece estetik değil, aynı zamanda yönlendirici ve etkileşimsel bir bileşeni haline gelir.

Gerçek ve sanal mekânlar arasında ışığın rolünü anlamada Lefebvre’in “yaşanan mekân” kavramı; ışık, fiziksel ya da sanal olsun, mekânın yaşanabilirliğini ve anlamını şekillendiren bir aracı temsil eder. Bu nedenle ışık, mekânsal deneyimin fiziksel sınırlarını aşarak bir anlatı ve duygusal bağlam içeren mekâna dönüşmektedir (Lefebvre, 1991). Örneğin, karanlık bir dijital tünel, oyuncuda tehlike algısı yaratırken, aydınlık ve yumuşak ışıklı alanlar güven hissi uyandırmaktadır.

Hem gerçek hem de dijital tasarımda aydınlatma, kullanıcı deneyimini belirleyen bir araçtır. Mekânın biçimi, anlamı ve atmosferi ışık aracılığıyla tanımlanabilir ve dönüştürülebilir. Bu bağlamda mimarlık ve dijital oyun tasarımı, ışığı hem fiziksel hem de deneyimsel bir araç olarak yeniden düşünmeli ve tasarımlarına entegre etmelidir.

Gerçek-Sanal Mekânlarda Aydınlatma ile Algısal Değişiklik

Gerçek ve sanal mekânlar arasında ışığın kullanımı, mekân algısının şekillenmesinde önemli bir araç olarak öne çıkar. Gerçek dünyada ışık, fiziksel mekânın biçimini, hacmini ve algılanabilirliğini ortaya çıkarırken, dijital ortamlarda ışık, simüle edilen ortamın algılanmasını kontrol eden bir araç haline gelir. Bu bağlamda ışık, sadece aydınlatma işlevi değil, aynı zamanda mekânsal anlatının, yönlendirmenin ve atmosfer yaratımının taşıyıcısıdır (Nitsche, 2008).

Bir mekânın algısal değişiklikleri kullanıcı tarafından nasıl deneyimlendiğiyle ilgilidir. Gerçek mekânlarda doğal ışık, gün boyunca değişerek mekânın atmosferini dönüştürürken, dijital oyun ya da sanal gerçeklik ortamlarında ışık, tasarımcının

kontrolünde olduğundan mekânın duygu ve işlevini hızlı şekilde dönüştürebilir. Örneğin, bir oyun mekânındaki düşük yoğunluklu, sıcak tonlu bir ışık, güvenli ve samimi bir atmosfer yaratırken, soğuk ve titreşimli ışıklar tehdit veya bilinmezlik hissini tetikler (Ruffino, 2018).

Sanal mekânlarda oyuncunun izlemesi gereken yol, dikkat etmesi gereken objeler genellikle ışıkla vurgulanır. Bu durum, gerçek mekânın deneyimden farklı olarak ışığın algısal işlevine yeni roller yükler. Bu tür bir ışık kullanımı, “algısal yönlendirme” olarak adlandırılır ve tasarımcının mekân deneyimini bilinçli olarak şekillendirmesini sağlar (Jenkins, 2004).

Gerçek-sanal mekân etkileşiminde ışık, zaman kavramını da yeniden biçimlendirir. Dijital oyunlarda yapay gün döngüsü, ışık ve gölge oyunları ile zamanın geçtiği algısı yaratılır. Gerçek hayattaki ışıkla zaman arasında kurulan ilişki, dijital ortamda yeniden simüle edilerek kullanıcıya gerçekçi bir zaman-mekân hissi aktarılır. Böylece ışık, dijital mekânın deneyimlenebilirliğini artırır (Mitchell, 2003).

Işık, hem fiziksel hem dijital mekânlarda algıyı dönüştüren bir araçtır. Ancak, gerçek mekânın sanal ortamda yaşatılabilmesi için gerçek mekânın aydınlatma verileri oldukça önemlidir. Sanal mekânlarda ışığın bilinçli kullanımı, kullanıcıların mekânı nasıl deneyimleyeceğini belirler. Bu bağlamda, mimarlık ve dijital oyun mimarisi tasarım pratikleri ışık üzerinden kesişerek yeni mekânsal deneyimler ve disiplinlerarası etkileşimi üretmektedir.

Gerçek-Sanal Mekân Kavramları

Gerçek-sanal mekân kavramları, Henri Lefebvre’nin “mekânın toplumsal üretimi” teorisiyle de ilişkilidir. Ona göre mekân sadece fiziksel değil, toplumsal ilişkilerle de şekillenir. Bu düşünce, sanal mekânların da toplumsal ve kültürel bağlamda okunabileceğini gösterir. Bu kavramlar, özellikle dijital çağın mimarlık ve kentsel tasarımdaki etkilerini anlamada temel teşkil eder. Gerçek ve sanal mekânlar arasındaki sınırlar giderek belirsizleşmekte, tasarımcılar her iki dünyayı da dikkate alarak hibrit deneyimler sunan ortamlar üretmektedir. Bu üretim sürecinde mimari dokunun korunması ve doğru belgelenmesi problemi göz ardı edilmemelidir.

Gerçek mimari mekân; fiziksel dünyada var olan, insan duyularıyla algılanabilen ve doğrudan etkileşim kurulabilen sınırlı boşluklardır. Gerçek mimari mekânlar, mimari, coğrafi ve sosyal öğelerle şekillenmektedir. Gerçek mekân, insan eylemleri ile deneyimlenir, ölçek ve malzeme gibi fiziksel özelliklere sahiptir ve maddesel varlıklardır (Tablo 1).

Dijital oyun mimarisinde mekân; fiziksel olarak var olmayan sadece ekranlar veya sanal gerçeklik teknolojileri aracılığı ile hissedilen ve algılanan mekânlardır. Oyun dünyaları, simülasyonlar ve metaverse gibi dijital ortamlar sanal mekân örnekleridir. Sanal mekânlar, gerçek mekânların dijital temsili olabileceği gibi,

tamamen kurgusal da olabilir. Tablo 1’de sanal ve gerçek mekânlar karşılaştırılabilir kriterler bakımından ele alınmıştır.

Tablo 1

Gerçek-Sanal Mekân Tanımı (Lefebvre & Manovich. Kaynakları Dikkate Alınarak Yazarlar Tarafından Oluşturulmuştur, 2025).

	Somutluk	Algılanabilirlik	İşlevsellik	Bağlam	Zaman
Gerçek	Maddesel varlık	Duyularla	İnsan Eylemleri	Coğrafi, iklim ve kültür	Değişken Zaman
Sanal	Maddi olmayan varlık	Hislerle	Anlatı Mekânı	Oyun Senaryosu	Durgun Zaman

Gerçek-sanal mekân etkileşimi; fiziksel mekânın dijital ortama aktarılması veya dijital ortamda yaratılan mekânların fiziksel mekâna dair kavramlarla ilişkilendirilmesidir. Bu bağlamda her iki mekânda da aydınlatma ve kullanımı dikkate alınmalıdır. Bu etkileşim özellikle mimarlık, kent planlama ve dijital oyun mimarisi gibi disiplinlerde önem kazanmıştır. Örneğin, bir tarihi sokak dokusu dijital oyun ortamına aktarılırken mimari detayları korunmalıdır. Bu sayede kullanıcı, dijital ortamda fiziksel mekânı farklı bir boyutta deneyimleyebilir.

Mimarlık ve Dijital Oyun Mimarisi İlişkisi

Sanal gerçeklik (VR) ve artırılmış gerçeklik (AR), teknolojileri ile dijital oyun mimarisi, daha etkileşimli ve kültürel geçirgen hale gelmiştir. Dijital oyun mimarisinde gerçek kentin tarihi dokusu sanal ortama aktarılırken belirli bir ölçüde korunur. Sanal ortama aktarılmış gerçek mimari dokular farklı kültürden kullanıcıların deneyimleyebildiği ortak mekânlar haline gelir. Bu durum ise kültürel geçirgenliği artırır.

Mimarlık ve dijital oyun mimarisi, mekânın tasarlanması, deneyimlenmesi ve temsil edilmesi bağlamında birbirini etkileyen iki önemli disiplindir. Dijital oyunlar, fiziksel dünyadaki mimari kuralları referans alarak kendi sanal ortamlarını oluştururken, mimarlık da dijital oyunlardan yeni temsil, etkileşim ve deneyim modelleri geliştirmektedir. Dijital oyunlar, mimari düşüncenin giderek daha fazla rol oynadığı etkileşimli ortamlardır. Oyun tasarımcıları, oyuncuların mekânsal deneyimini yönlendirebilmek için mimarlığın temel ilkelerine başvurmalıdırlar (Tablo 2).

Tablo 2

Gerçek-Sanal Mekân İlişkisi (Yazar Tarafından Oluşturulmuştur, 2025).

	Tasarım	Kullanıcı Deneyimi	Temsil Araçları	Özgürlük	Simülasyon
Gerçek	Fiziksel ve insan eylemine yanıt verecek mekânlar oluşturur.	Mekân akışı, ışık, yapı ergonomisi.	Çizim, maket, görsel sunum.	Kısıtlı erişim, fiziksel engeller.	Doğal ve yapay ışık altında simüle edilir.
Sanal	Fiziksel olmayan oyun senaryosuna bağlı olarak esneyen mekânlar yaratır.	Oyuncu hareketi, mekânsal okuma, sürükleyicilik, estetik.	Oyun motorları, 3D modelleme yazılım çıktıları.	Bağımsızlık, soyut düşünme, deneysel tasarım.	Mimari unsurları benimser ve oyun senaryosuna bağlı olarak anlatı mekânları oyun motorlarında simüle edilir.

Bu bağlamda mimari düşünce, yalnızca yapıları inşa etme süreciyle sınırlı olmayıp, oyunun mekân kurgusu, atmosferi, hikayesi ve oyuncu etkileşimiyle doğrudan ilişkilidir.

Mimarlık, dijital oyunlarda mekânın sadece fiziksel bir çerçeve değil, aynı zamanda anlatının ve oynanışın temeli olarak kullanıldığı bir yapıdır. Oyun dünyaları, boşluk, hacim, ölçek, yönlendirme ve aydınlatma gibi mimari unsurlarla inşa edilir. Bu tasarım öğeleri, oyuncunun yön bulmasını sağlar ve oyun deneyiminin kalitesini belirler (Nitsche, 2008).

Narratif Mimarlık (Narrative Architecture); Oyunlar çoğu zaman mimariyi bir hikâye anlatım aracı olarak kullanır. Bir binanın yıkık yapısı, kullanılmayan bir metro istasyonu ya da abartılı bir saray, oyuncuya yalnızca görsel değil, duygusal da bir mesaj verir. Mimari öğeler, sözsüz hikâye anlatımı için güçlü bir araçtır (Jenkins, 2004). Bu yaklaşım ile oluşan dijital oyun mekânları, mimari gerçekliği oyun kurgusu altında yorumlamaktadır.

Dijital Oyun Mimarisinde Oyuncu ve Mekân Etkileşimi; Oyuncu, mimari olarak inşa edilmiş dijital mekânla sürekli bir etkileşim halindedir. Bu etkileşim, hareket etme, saklanma, tırmanma ya da mekânsal bulmacaları çözme gibi çok yönlü olabilir.

Bu etkileşimler, gerçek mekânlarda öngörülemez dinamiklerle zenginleştirilebilir ve sınırsız mekânsal deneyim sunar. Sanal mekânların oluşumunda oyun senaryosu bağlam olarak dikkate alınmaktadır.

Gerçek Mekândan Oyun Mekânına Geçiş

Dijital oyun Mimarisinde, mimari düşünce, gerçek dünyadan esinlenen veya tamamen kurgusal yapılar tasarlamak için kullanılır. Brütalist bir bina, Orta Çağ kaleleri ya da distopik bir kent dokusu oyun atmosferini belirler. Bu durum, mimarlığın oyunlarda atmosfer kurucusu bir araç olarak kullanımını ortaya koyar (Salim, 2019).

Mimari tasarım süreçlerinde kullanılan algoritmik tasarım, parametrik modelleme ve görselleştirme teknikleri oyun motorlarında da benzer şekilde kullanılmaktadır. Rhino + Grasshopper, Unreal Engine ve Unity gibi yazılımlar mimarların da oyun geliştiricilerle ortak üretim yapmasını sağlamaktadır (Burry, 2011). Sanal ortamın oluşturulmasında, söz konusu yazılımların entegre edilerek kullanılması, tasarımda kısıtlamaları azaltır ve veriye dayalı mekânlar oluşturur.

Gerçek-sanal mekân etkileşim sürecinde, “narrative architecture” (Narratif mimarlık) önemli bir kavram olarak öne çıkmaktadır. Gerçek mekânlar, sanal ortamda yalnızca gezinilecek alanlar değil, aynı zamanda anlatının bir parçası olarak kurgulanır. Oyuncu, mekânla kurduğu etkileşim sayesinde hikaye’yi mekânsal olarak deneyimler. Burada mimari yalnızca arka plan değil, anlatının taşıyıcısı ve biçimlendiricisidir (Jenkins, 2004). Oluşan sanal ortamların kullanıcı tarafından deneyimlenmesinde mimari gerçekliğin korunması kültürel, sosyal ve algısal geçirgenliğin sağlanması açısından önemlidir.

Gerçek mekânın dijital temsile dönüşümünde önemli bir diğer unsur “procedural representation” (veriye dayalı prosedürel tasarım)’dır. Bu yaklaşımda mekân, sabit bir model olarak değil, algoritmalar aracılığıyla değişken bir yapı olarak tanımlanır. Bu durum, oyunlarda farklı senaryolara, oyuncu tercihi ve etkileşimlere göre değişebilen dinamik mekânlar yaratılmasını sağlar (Salim, 2019).

Dijitalleşme ile birlikte kentler, sokaklar ve yapılar artık yalnızca fiziksel değil, sanal düzlemde de birer “yaşanan mekân” haline gelmiştir. Lefebvre’in tanımladığı yaşanan mekân kavramı, bu bağlamda dijital ortamda da yeniden üretilmektedir (Lefebvre, 1991). Oyuncuların dijital ortamdaki dolaşimleri, keşifleri ve tepkileri bu sanal mekânlara bireysel ve kolektif anlamlar yüklemekte, böylece dijital oyun mekânları bir tür sosyal deneyim alanına dönüşmektedir. Gerçek mekânların dijital ortama aktarımı, özellikle mimarlık ve dijital oyun mimarisi disiplinlerinin kesiştiği arakesitte önemli bir dönüşümü temsil etmektedir. Bu süreçte fiziksel dünyanın mekânsal dokusu, dijital ortamlarda yeniden kurgulanır ve yeni işlevsel, deneyimsel anlamlar kazanır. Gerçek mekânın dijital oyun mekânına dönüşümü yalnızca fiziksel

bir taklit değil, aynı zamanda yeniden yorumlama, senaryo yazımı ve etkileşimli kullanım üzerine kurulu çok katmanlı bir süreçtir.

Mimari tasarım, dijital oyun mekânlarının oluşturulmasında temel bir rol oynar. Gerçek dünyadan alınan yapı biçimleri, sokak dokuları, kent silüetleri ve atmosferler, oyunculara tanıdık ve yönlendirici bir deneyim sunmak amacıyla dijital ortama taşınmaktadır. Örneğin, Assassin's Creed gibi oyun serilerinde tarihi kent dokularının üç boyutlu olarak yeniden üretilmesi, oyuncuya hem mekânsal farkındalık hem de tarihsel bağlam sunar (Champion, 2011). Gerçek-sanal mekânsal etkileşimde, gerçek mimari dokunun sanal ortamda benzer algıları oluşturması tarihsel bağlam açısından önemli tasarım bileşenlerinden birisidir.

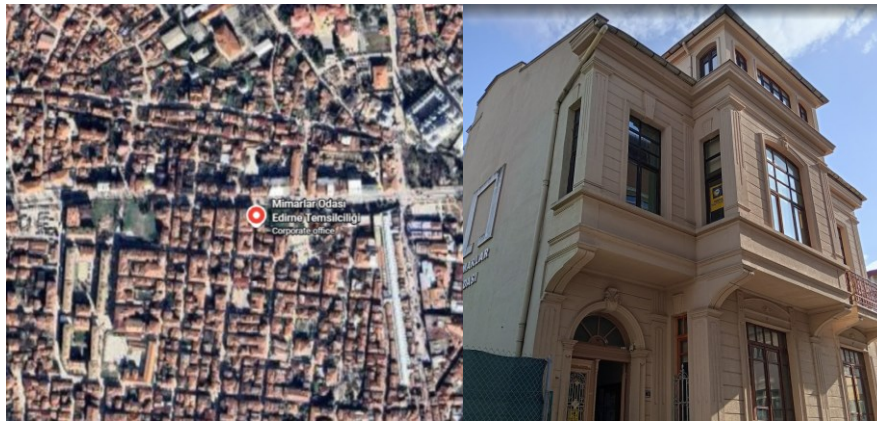
Gerçek mekândan dijital oyun mekânına geçiş, mimari tasarım, anlatı, algoritmik üretim ve kullanıcı etkileşimi gibi birçok disiplinin ortak çalışmasıyla daha iyi sonuçlar oluşturabilir. Bu dönüşüm, mimari mekânların sadece fiziksel değil, aynı zamanda sanal dünyada da deneyimlenebileceğini göstermekte ve mekânsal potansiyeli artırmaktadır.

Alan Çalışması; TMMOB Mimarlar Odası Edirne Temsilciliği Binasının Tanımı ve Mimari Özellikleri

Çalışmaya konu olan yapı, Edirne Merkez İlçe' sinin Mithatpaşa Mahallesi, Rasathane Sokak aksında konumlanmaktadır. Söz konusu bina ile ilgili bilgi eksikliği söz konusudur. Bina ile ilgili yazılı kaynaklara ulaşılamamıştır. Ancak sözlü kaynaklara göre yapım yılının 1800'li yıllarda yapıldığı tahmin edilmektedir. Yine sözlü kaynaklara göre yapının özgün işlevinin Rahibe Okulu olarak işlevlendirildiği bilinmektedir (Şekil 2).

Şekil 2

TMMOB Mimarlar Odası Binasının Uydu Görüntüsü ve Ön Cephe Görünüşü



Yapı bodrum üzeri 3 katlı olarak inşa edilmiştir. Üçüncü katı çatı katı olarak organize edilmiştir. Yapının zemin ve birinci katı ofis işlevinde kullanılmaktadır. Çatı katı ise kullanım dışıdır. Zemin katta seminer, toplantı alanı, ofis odaları, wc ve giriş holü mevcuttur. Arka bahçeli yapının bodrum katında ise seminer alanı, çalışma

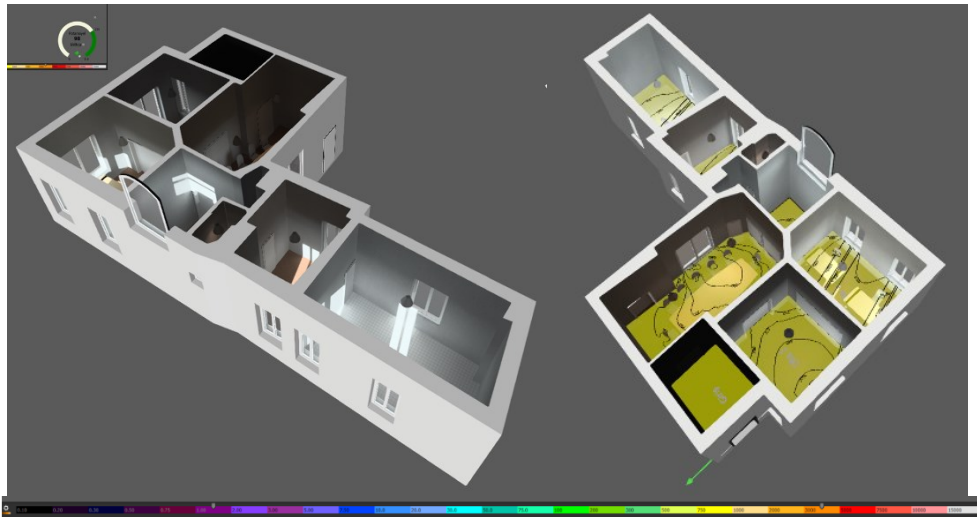
alanları, wc ve mutfak gibi birimler yer almaktadır. Yapı, taban alanı 155m², kat alanı 525m² ve 67m²'lik arka bahçe alanına sahiptir. Yapının iç mekânında doğal ışığı kısıtlı alan veya yapay-doğal ışığa fazla maruz kalan alanlar mevcuttur (TMMOB Mimarlar Odası Edirne Temsilciliği Dijital Arşivi, 2025).

Yapının Dialux Evo ve Unreal Engine Simülasyon Araçları ile Analizi

Dialux (Dialux Evo); özellikle aydınlatma tasarımı ve aydınlatma analizleri için geliştirilmiş bir yazılımdır. Gerçekçi ışık simülasyonlarının yanı sıra mimari projelerde farklı aydınlatma senaryolarını analiz edebilir. Doğal ve yapay aydınlatmalarının sonuçları ve gerçek mekân üzerindeki etkilerini Avrupa standartlarına uygun olarak analiz eder. Enerji verimliliği, aydınlık düzeyi ve armatür yerleşimi gibi teknik verileri proje üzerinde tanımlanabilmektedir. Bu yönü ile gerçek yapıların veya bir projenin doğru aydınlık düzeyine ulaşmasına olanak tanımaktadır (Şekil 3).

Şekil 3

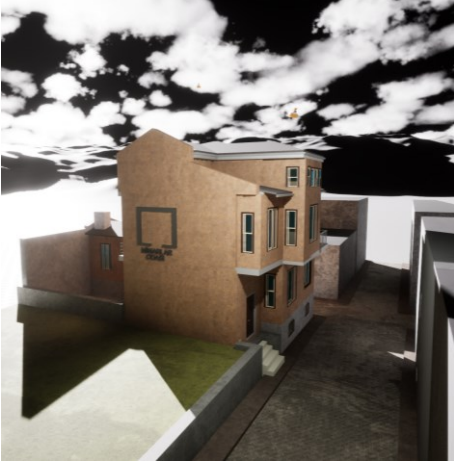
Yapının Dialux Evo Yazılımında Güneş ışığı Aydınlatması ve Yanlış Renk Gösterimi

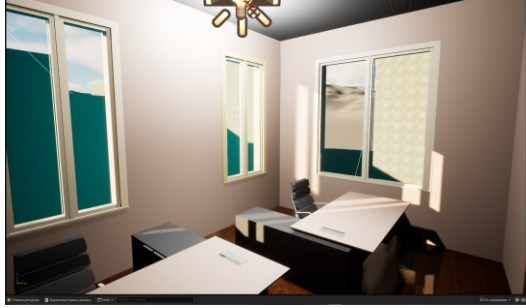
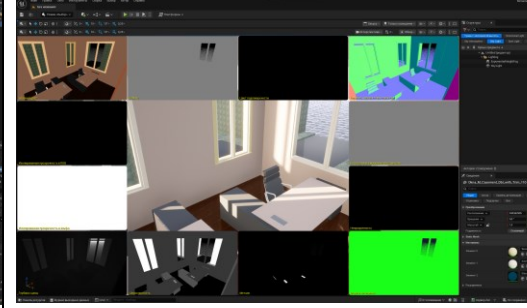


Aydınlatma simülasyonlarının yanı sıra Dialux yazılımı teknik aydınlatma analizlerini ve tüketim raporlarını çıktı olarak sunmaktadır.

Unreal Engine (Unreal Engine 5); Unreal Engine, gerçek zamanlı 3D görselleştirme ve etkileşimli ortamlar oluşturmak için kullanılan güçlü bir oyun motorudur. Mimari aydınlatma açısından bakıldığında, fiziksel tabanlı ışık hesaplamaları, gerçekçi gölgeler, global illumination ve ışık kırılımı gibi gelişmiş özellikleri sayesinde, mimari projelerde doğal ve yapay ışığın mekân üzerindeki etkilerini detaylı biçimde simüle etme olanağı sunar (Tablo 3).

Tablo 3
Unreal Engine’de farklı durumlara göre aydınlatma simülasyonları

Açık gökyüzü atmosferi olmadan (SkyAtmosphere) sadece yapay ışıklar ile simüle edilen Unreal Engine Oyun Mekânı	Gerçek atmosfer verilerine göre Unreal Engine’de oluşan, açık gök (SkyLight) yüzü simülasyonu
	
Unreal Engine dijital oyun mekânında sadece yapay armatürler (PointLight) ile dış mekânın algılanması	
	
Bodrum Kat çalışma alanının sadece güneş ışığının yansımaları	Doğal-yapay ışık’ların bir arada kullanılması
	

Zemin kat ofis odası	Zemin kat ofis odasında renk-ışık değerlerine göre mekânda algısal çeşitlilik
	

Sonuç olarak Unreal Engine çıktıları görsel estetik ve oyun atmosferi oluşturmaktadır. Ancak bu görseller oluşturulurken Dialux ve Doğal atmosfer verileri dikkate alınarak hazırlanmıştır. Oyun senaryosuna bağlı olarak dijital oyun mekânında farklı algısal çeşitlilikler yaratmak mümkündür. Tablo 4'te iki farklı simülasyon aracı aydınlatma çıktıları kapsamında karşılaştırılmıştır.

Tablo 4

Simülasyon Araçları Teknik Karşılaştırma (Yazarlar tarafından oluşturulmuştur, 2025).

Özellikler	Dialux Evo	Unreal Engine
Temel Amacı	Aydınlatma analizi	Gerçek zamanlı etkileşimleri görselleştirme
Kullanım Alanı	Mimari aydınlatma tasarımı	Dijital oyun mimarisi tasarım aracı VR/AR
Işık Analiz	Sayısal	Sayı tabanlı, görsel-atmosferik oluşum
Çıktılar	Pdf analizler ve raporlar	Görsel, Video
Etkileşim	Yok	Gerçek zamanlı gezinme
Gerçekçilik	Fiziksel ölçüme dayalı	Görsel-piskolojik etkilere dayalı
Işık Hesaplaması	Lux, Ugr sayısal veriler	Global Illumination, Ray Tracing, Lumen, Lux
Standartlar	EN-12464-1 Avrupa Standartları	Belirli bir standarda dayalı değil

Kısıtlamalar	Kullanıcı etkileşimi ve mekân dinamikleri	Teknik hesaplamalar
--------------	---	---------------------

Karşılaştırmalar sonucunda her iki yazılımında farklı amaçlara hizmet ettiği görülmektedir. Dialux evo daha çok teknik girdilere dayanırken, Unreal Engine sayısal tabanlı görselleştirme aracı görevini üstlenmektedir. Ancak bu iki yazılımın entegre kullanımı hem teknik doğruluk hem de görsel deneyim açısından zenginleştirilmiş atmosfer deneyimi üretmek mümkündür. Söz konusu entegrasyon mimari gerçekliğin korunması ve sürdürülebilir bir oyun mekânı oluşumunda oldukça önemlidir.

Bulgular

Mekândan-mekâna geçiş süreci, gerçek bir mekânın sanal ortama aktarılması, fiziksel olarak doğruluk içerir. Fiziksel mekân, dijital oyun kurgusu doğrultusunda oluşum göstermektedir. Bu süreçte mimar, fiziksel mekân çıktıları ve oyun kurgusunu harmanlayarak yeni bir sanal ortam oluşturmaktadır. Bu oluşum, fiziksel gerçekliğin yanı sıra duygusal ve atmosferik yeniden üretimi kapsamaktadır. Bu bağlamda dijital mimari araçları olan oyun motorları, simülasyon yazılımları, görselleştirme ve modelleme araçları, fiziksel mekânın anlatsal potansiyelini arttırarak yaşanabilir ortamlar üretmektedir. Söz konusu farklı yazılımların bir arada ve entegre bir şekilde kullanılması, mimari mekânların (Gerçek-Sanal) üretkenliğini arttırmaktadır. Gerçek mekânın aydınlatma değerlerinin analiz edilmesi ve bu analiz sonuçlarının oyun motorlarına aktarılması, yeni bir “dijital mimari deneyim” türü ortaya çıkarır. Ancak, aydınlatmanın yanı sıra ölçek, malzeme ve renk gibi mimari bileşenler göz ardı edilmemelidir. Gerçek mekânın aydınlatma analizlerini ve simülasyonunu oluşturmakta oldukça önemli olan Dialux Evo yazılımı, fiziksel mekân hakkında net aydınlatma çıktıları sunmaktadır. Elde edilen bu çıktılar oyun motorunda uygulanarak mevcut gerçek mekânı dijital oyun dünyasına aktarılabilir. Bu durum, gerçek bir mimari mekânın dijital oyun mimarisindeki yansımaları oluşturmaktadır ve yeni bir mekânsal deneyim oluşturmaktadır. Fiziksel mekânı algılanabilir kılan doğal ve yapay aydınlatma değerlerinin (lux) oyun motorlarına aktarılması gerçek-sanal mekânlar arasında köprü oluşturur. Bu köprü gerçek fiziksel mekânın mevcut durumuna en yakın olan sanal ortam oluşum sonuçları sunar.

Dialux evo yazılımından elde edilen bilgilere göre: çalışma kapsamında incelenen yapının bazı mekânlarının fazla ışığa maruz kaldığı ve kamaşma etkisi olduğu belirlenmiştir. Doğal-yapay ışık kaynaklarının kullanıldığı gerçek mekânda bazı mekânların köşe alanlarına doğru aydınlık seviyelerinin düştüğü tespit edilmiştir. Bu durum, mekânlarda ışık dağılımının dengeli olmadığını, bunun da kullanıcı konforunu olumsuz yönde etkilediği gözlemlenmiştir. Bazı mekânlarda özellikle ofis mekânlarında doğal ışığın yansıdığı alanlar 1250 lux olup mekânın köşe

noktalarına gidildikçe, elde edilen bu aydınlık değerinin azaldığı tespit edilmiştir. TSEN 12464-i' ye göre ofis mekânlarındaki ortamın aydınlık düzeyi 500 lux olarak belirtilmiştir. Çalışma kapsamında incelenen gerçek yapının bazı mekânlarının yeterli aydınlık düzeyini fazlasıyla sağladığı ve yüzeylerde kamaşma etkisinin oluşabileceği görülmüştür. Bununla birlikte doğal ve yapay ışık kaynaklarının kullanıldığı gerçek mekânda bazı mekânların köşe alanlarına doğru aydınlık seviyelerinin düştüğü tespit edilmiştir. Bu durum, mekân içerisindeki ışık dağılımının dengeli ve homojen olmadığını, bunun da kullanıcı konforu üzerinde doğrudan etkili olabileceğini ortaya koymaktadır. (Şekil 4).

Şekil 4

Ofis-1 Mekânının Dialux Verilerinin Unreal Engine'de Oyun Mekânına Dönüştürülmesi



Unreal Engine yazılımından elde edilen çıktılarına göre; aydınlatma verileri sanal ortamda, kullanıcı deneyimlerini ve algısını belirgin bir şekilde değiştirmektedir. Oluşturulmuş Sanal mekân, gerçek mekânın maruz kaldığı ışık yoğunluğu, yönü ve yansıma değerlerini kopyalamıştır.

Şekil 4 oluşturulurken, öncelikle Dialux yazılımında aydınlatma analiz sonuçlarına göre elde edilen lux değerleri Unreal Engine'de aynı lux verileri uygulanmış ve gerçek mekânın sanal ortamdaki yansıması elde edilmiştir. Çalışma masası gibi bazı yüzeylerde kamaşma ve yansıma değerleri yüksek tespit edilirken, mekânın merkezinden köşelere doğru bu değerlerin düştüğü tespit edilmiştir. Söz

konusu mekânın dijital ortamda da aynı değerlere ve etkilere sahip olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 5).

Şekil 5

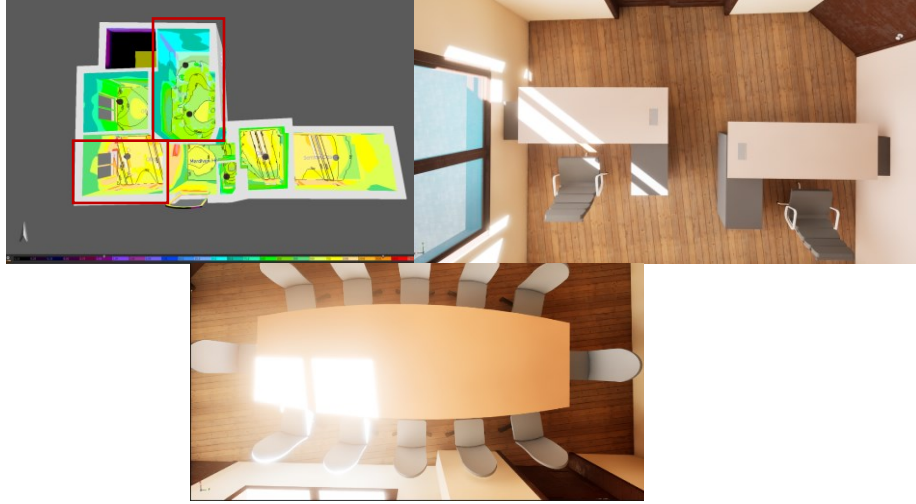
Toplantı Alanının Dialux Verilerinin Unreal Engine’de Oyun Mekânına Dönüştürülmesi



Dialux teknik doğruluk ve ölçülebilirlik sağlarken, Unreal Engine daha çok deneyimsel ve anlatı odaklı mekân simülasyonları sunmaktadır. Bu iki program arasındaki entegrasyon, gerçek mekânın sanal ortamdaki yansıması, gerçek mekânın aydınlatma durumuna en yakın hali ile oluşturarak ikinci bir mimari deneyim sunmaktadır. Aynı verilerle gerçek-sanal ortamlarda gözlemlenen mekânlar benzer veya birbirine yakın görsel algılar oluşturmaktadır (Şekil 6).

Şekil 6

Dialux Aydınlatma Analizinin Yanlış Renk Gösterimi ve Ofis-Toplantı Alanının Unreal Engine Simülasyonu



Gerçek mekânının Dialux analizinden elde edilen, kamaşma, yansıma ve fazla aydınlık dereceleri Unreal Engine simülasyonunda benzer görünümmler oluşturmaktadır. Fotoğrafın sol kısmında yer alan plan görünümünde ifade edilen yanlış renkler, dijital oyun mekânında aynı sonuçlar doğurmuştur (Şekil 6). Çalışma kapsamında incelenen yazılımlar entegre edilerek, mimari gerçeklik benimsenmiştir. Tablo 4'te her iki yazılımın karşılaştırılabilir parametreler doğrultusundaki değerlendirmesi verilmiştir.

Tablo 4

Dialux Evo-Unreal Engine Değerlendirmesi (Yazarlar tarafından oluşturulmuştur, 2025).

	Dialux Evo	Unreal Engine
Teknik ölçülebilirlik	✓	
Mekânsal Algı		✓
Gerçeklik	✓	
Estetik		✓
Tasarım		✓
Aydınlatma Analizi	✓	

Her iki yazılımda kullanım amaçları farklıdır. Ancak entegre kullanımı, mekânsal potansiyeli arttırmakla kalmayıp, mimari bütünlük ve gerçek mekânın sanal ortama aktarılmasında gerçek mekân atmosferinin korunmasında önemlidir.

Sonuç ve Öneri

Bu çalışma, mimari bir mekânın dijitalleşmesi ve oyunlaştırılması süreçlerine dair yeni bir bakış açısı sunmaktadır. Gerçek bir yapının dijital oyun mekânına dönüştürülmesi, mimarlığın temsili, belleği ve deneyimi açısından disiplinler arası bir köprü kurmaktadır. Bu noktada, Dialux vb. gibi aydınlatma analizi yazılımları mimari gerçekliğin korunması ve mekânın algılanmasında oldukça büyük öneme sahiptir. Gerçek mekân sanal ortama taşınırken dijital oyun senaryosu bir altlık oluştursa da bazı mimari niteliklerin korunması önemlidir. Bu bağlamda, gerçek-sanal mekânlar arası etkileşimin, olası yakın sonuçlarına, söz konusu iki simülasyon yazılımları ile ulaşabilmek mümkündür.

Elde edilen bulgular doğrultusunda, her iki platformun ışık modelleme yönteminin farklı kriterleri baz aldığı söylenebilir. Dialux evo, teknik doğruluk ve ölçülebilir aydınlatma değerleri sunarken, Unreal Engine ise görsel gerçeklik ve atmosfer yaratımı açısından öne çıkmaktadır. Dialux yazılımında gerçek mekânın aydınlatma verileri ve analizi üzerinden elde edilen çıktıların, dijital oyun motoru olan Unreal Engine aktarılması, gerçeğe yakın sonuçları verebilmektedir. Bu bağlamda, Dialux yazılımında elde edilen aydınlatma çıktıları, mimari mekânın kullanıcı konforunu etkileyen lux değerleri, ışık dağılımı ve renk gibi fiziksel ölçütleri ortaya koymuştur.

Çalışmada doğal ve yapay aydınlatma armatürleri ele alınmasıyla, Dialux yazılımında kullanılan ve ortam yapay aydınlatmasını sağlayan led ışıkların davranışı, Unreal Engine yazılımında Rect Light (Regtangular Light) aracı ile benzer özellikler taşıdığı görülmüştür. Bu noktada, point Light aracı Dialux'teki noktasal aydınlatma armatürlerin ortak noktaları bulunmaktadır. Program arası veri entegrasyonu yapılırken; Dialux'tan direkt olarak Unreal Engine veri aktarımı bazı durumlarda Datasmith dosyası veya IES import yolu ile mümkün olabilmektedir. Ancak, IES dosyaları Unreal Engine'de sadece spot veya point light araçlarında uygulanması söz konusudur. Dialux'ten elde edilen aydınlatma verileri manual olarak Unreal Engine işlenebilmektedir. Bu veri entegrasyonu ise gerçek-sanal mekân etkileşiminde mimari gerçekliği ve gerçek mimari mekânın atmosferini korumaktadır. Bu koruma stratejisi mimari gerçekliğin ve özgün dokunun korunmasında ve sürdürülmesinde önemlidir.

Unreal Engine'da, Dialux yapay aydınlatma (armatür) verilerinin temsil edilmesine uygun araçlar Point Light ve Spot Light araçlarıdır. Yapay aydınlatmanın haricinde doğal ışık yansımaları ise Sky Light aracı ile sağlanarak gerçek mekânın sanal ortamdaki oluşumunu simüle edebilmektedir.

Dialux veri entegrasyonun sağlanmadığı durumlarda, Unreal Engine ile yapılan simülasyonlarda ise ışığın mekân algısı üzerindeki dramatik etkisi, görsel

estetik ve deneyim odaklı değerlendirmeler ön plana çıkmaktadır. Çalışma kapsamında ele alınan, iç mekân aydınlatmasının dijital oyunlarda gerçek mekân temsiline etkisi, teknik doğruluk, görsel anlatım ve mekânsal algı gibi çok katmanlı parametrelerle şekillenmektedir. Gerçek-sanal mekân etkileşiminde her iki yazılımın birlikte kullanımı hem işlevsel hem de deneyimsel açıdan daha bütüncül sonuçlar sunar. Bu entegrasyon, gerçek-sanal mekân etkileşiminde sürdürülebilir kullanımı güçlendirir. Sonuç olarak, gerçek-sanal mekân etkileşiminde mimari sentezin ve mimarın rolü oldukça büyüktür. Bu tür proje süreçlerinde mimarlar yer almalıdır.

Etik Beyan

Bu çalışma, insan katılımcılar veya hayvanlar üzerinde gerçekleştirilen herhangi bir araştırmayı ya da etik kurul onayı gerektiren bir uygulamayı içermemektedir. Bu nedenle çalışma için etik kurul onayı alınmasına gerek duyulmamıştır. Çalışma bilimsel araştırma ve yayın etiği ilkelerine uygun olarak yazılmıştır.

Katkı Oranı Beyanı

Bu çalışmada yazarlar katkı oranları eşittir.

Destek ve Teşekkür Beyanı

Çalışma herhangi bir destek almamıştır. Makale Turnitin yazılımı kullanılarak intihal açısından incelenmiştir.

Çıkar Çatışma Beyanı

Bu çalışmanın hazırlanması, yürütülmesi ve yayımlanması ile ilgili herhangi bir çıkar çatışmasının bulunmamaktadır.

Ethics Statement

This study does not involve human participants, animals, or any procedures requiring ethical approval. Therefore, ethics committee approval was not required. The study was conducted in accordance with the principles of scientific research and publication ethics.

Author Contributions

All authors contributed equally to the conception, design, and preparation of this study.

Funding and Acknowledgments

This study did not receive any financial support. The manuscript was screened for plagiarism using Turnitin software.

Conflict of Interest Statement

The authors declare that there are no conflicts of interest related to the preparation, conduct, or publication of this study.

KAYNAKÇA

- Burphy, M. (2011). *Scripting cultures: Architectural design and programming*. Wiley.
- Bermúdez, J. (1999). The architecture of virtual space: The ethics of simulation. In *ACADIA 1999 Conference Proceedings*.
- Champion, E. (2011). *Playing with the past*. Springer.
- Champion, E. (2010). *Playing with the past: Digital games and the simulation of history*. Vanderbilt University Press.
- Frayling, C. (1993). *Research in art and design*. Royal College of Art.
- Hanna, R, & Mahgoub, Y. (2021). The future of architectural design: From simulation to full immersion in virtual environments. In *Architecture and Interaction* (pp. 147–165). Springer.
- Jenkins, H. (2006). *Convergence culture: Where old and new media collide*. NYU Press.
- Jenkins, H. (2004). Game design as narrative architecture. In N. Wardrip-Fruin & P. Harrigan (Eds.), *First person: New media as story, performance, and game* (pp. 118–130). MIT Press.
- Lefebvre, H. (1991). *The Production of Space* (D. Nicholson-Smith, Trans.). Blackwell. (Orijinal çalışma 1974 yılında yayımlandı)
- Le Corbusier. (1923). *Vers une architecture*. Paris: G. Crès & Cie.
- Manovich, L. (2001). *The Language of New Media*. MIT Press.
- Mitchell, W. J. (2003). *Me++: The Cyborg Self and the Networked City*. MIT Press.
- Nitsche, M. (2008). *Video Game Spaces: Image, Play, and Structure in 3D Worlds*. MIT Press.
- Norberg-Schulz, C. (1980). *Genius loci: Towards a phenomenology of architecture*. Rizzoli.
- McCullough, M. (2004). *Digital ground: Architecture, pervasive computing, and environmental knowing*. MIT Press.
- Oxland, K. (2004). *Gameplay and design*. Addison Wesley.
- Pallasmaa, J. (2005). *The eyes of the skin: Architecture and the senses*. Wiley.
- Penz, F, & Thomas, M. (2007). *Cinema and architecture: Melies, Mallet-Stevens, Multimedia*. Routledge.
- Ruffino, P. (2018). *Future Gaming: Creative Interventions in Video Game Culture*. Goldsmiths Press.

- Salim, F. D, & Mulder, H. (2012). Designing urban space using game engines and procedural content generation. Proceedings of the 16th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA), 489–498.
- Salim, M. (2019). Architectural Design and Digital Games. Routledge.
- Schmal, P. C. (Ed.). (2015). MA — The space between: The art of Japanese spatial design. Birkhäuser.
- Schroeder, R. (2011). Being There Together: Social Interaction in Shared Virtual Environments. Oxford University Press.
- Wigley, M. (2001). Network Fever. Grey Room, (4), 82–122.
<https://doi.org/10.1162/152638104322972212>.
- Zumthor, P. (2006). Atmospheres: Architectural environments - surrounding objects. Birkhäuser.

Yapay Zeka Destekli Bina Tespiti ve Uydu Görüntülerinden Otomatik 3d Dijital İkiz Oluşturma

Buse Eryaş^a

Öz

Hızlı kentleşme süreciyle birlikte kentsel dijital ikizlerin geliştirilmesi, güncel coğrafi veri ihtiyacını karşılamak adına stratejik bir araştırma alanı haline gelmiştir. Bu çalışma; OpenStreetMap(OSM) gibi açık kaynaklı platformlardaki veri eksikliklerini gidermek amacıyla, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden derin öğrenme tabanlı bina tespiti yapan uçtan uca bir dijital ikiz üretim sistemi sunmaktadır. Çalışmanın amacı; YOLOv8 mimarisi ile yapay zeka destekli bina tespiti gerçekleştirmek, elde edilen verileri OSM katmanlarıyla karşılaştırarak veri boşluklarını gidermek ve tüm çıktıları gerçek dünya koordinatlarıyla 3 boyutlu ortamda görselleştirmektir. Önerilen sistem, Cesium ve Unreal Engine 5 platformları üzerinden verilerin dinamik bir dijital ikize dönüştürülmesini sağlayarak kentsel alanların güncel bir dijital temsilini oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dijital İkiz, Bina Tespiti, Uydu Görüntüsü, 3B Görselleştirme, Unreal Engine

Makale Hakkında

Geliş Tarihi: 14.04.2026

Kabul Tarihi: 23.06.2026

Yayın Tarihi: 30.06.2026

Atıf için: Eryaş B. (2026). Yapay Zeka Destekli Bina Tespiti ve Uydu Görüntülerinden Otomatik 3d Dijital İkiz Oluşturma. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(1),50-73.

<https://doi.org/10.47769/izufbed.1930617>

Etik Beyan

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur.



^a **Sorumlu Yazar:** Yüksek Lisans Öğrencisi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye E-mail: buseeryas123@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9477-6317>

* Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde yapay zekâ tabanlı herhangi bir araç veya uygulama kullanılmamıştır. Çalışmanın tüm içeriği, yazar(lar) tarafından bilimsel araştırma yöntemleri ve akademik etik ilkelere uygun şekilde üretilmiştir.

AI Powered Building Detection and Automated 3D Digital Twin Generation from Satellite Imagery

Buse ERYAŞ^a

Abstract

Rapid urbanization has elevated the development of urban digital twins to a strategic research priority for addressing contemporary geospatial data demands. This investigation proposes an end-to-end pipeline for digital twin generation, incorporating deep learning methods to automatically extract buildings from high-resolution satellite imagery and mitigate data inadequacies in open-source geospatial platforms such as OpenStreetMap. The research pursues three principal objectives: executing AI-enhanced building detection through YOLOv8 architecture, performing gap analysis via cross-comparison with OSM layers, and synthesizing three dimensional visualizations with georeferenced coordinate systems. The framework leverages Cesium and Unreal Engine 5 to transform extracted geospatial information into dynamic digital twins, yielding updated digital replicas of urban territories.

Keywords: *Digital Twin, Building Detection, Satellite Imagery, 3D Visualization, Unreal Engine*

About Article

Received Date: 14.04.2026

Accepted Date: 23.06.2026

Publication Date: 30.06.2026

To Cite : Eryaş B. (2026). AI Powered Building Detection and Automated 3D Digital Twin Generation from Satellite Imagery. *Istanbul Sabahattin Zaim University Journal of Institute of Science and Technology*, 8(1), 50-73.
<https://doi.org/10.47769/izufbed.1930617>

Ethical Statement

It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited (Buse ERYAŞ)

^a **Corresponding Author:** Graduate Student, Yıldız Technical University, Istanbul, Türkiye. E-mail: buseeryas123@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9477-6317>

*No artificial intelligence-based tools or applications were utilized in the preparation of this manuscript. All content was generated solely by the author(s) in adherence to scientific research methodologies and academic ethical standards.

Introduction

Satellite imagery has become indispensable in various domains such as urban planning, disaster management, digital mapping, and smart city applications due to its capability to provide detailed views of geographical areas. In this context, Digital Twin (DT) technology emerges as a crucial innovation in the built environment industry, facilitating digital transformation through advanced data integration and analytics (Demircan & Palabıyık, 2025). The efficient and accurate detection of buildings from these images and their three-dimensional (3D) visualization play a vital role in the creation of urban digital twins for infrastructure planning, resource management, and emergency response capabilities.

Nevertheless, obtaining this building data, which constitutes the fundamental input for digital twins, presents significant challenges. At the forefront of these issues are the deficiencies in open source geospatial data platforms. OpenStreetMap, the most widely used volunteered geographic information source globally, contains substantial data gaps, particularly in rural areas, rapidly urbanizing regions, and developing geographies, due to its heavy reliance on volunteer contributions. Traditional cartographic production methods employed to address these deficiencies are extremely costly and time consuming; meanwhile, manual building detection from satellite imagery requires intensive human intervention.

Automating building detection entails significant technical hurdles, primarily due to inherent variations in building scale, shape, and orientation, alongside external factors including occlusions, shadows, and complex backgrounds (Santhoshi & Sneha, 2025).

In contrast to conventional methods like thresholding and manual segmentation, AI-driven CNN models offer accelerated object detection performance (Kaushal & Kumar, 2022). The state of the art YOLO architecture streamlines detection by utilizing a unified neural network to estimate bounding boxes and class probabilities in a single pass (Radany & Abdelaziz, 2024). Specifically, YOLOv8 models fine-tuned on labeled building datasets achieve superior precision and speed in satellite-based building extraction. Furthermore, the YOLOv8-seg variant by Ultralytics enhances this process through instance segmentation; by producing pixel-wise masks alongside bounding boxes, it accurately delineates geometric boundaries, which is crucial for distinguishing contiguous buildings in complex urban environments.

OpenStreetMap facilitates a crowdsourced framework for developing globally accessible maps. This paradigm relies on the premise that residents in urban areas function as human sensors, contributing valuable geographic insights that bolster spatial data for urban management. Nevertheless, the preponderance of this collected

data remains restricted to the production of two-dimensional mapping applications (Bshouty & Dalyot, 2021).

Unreal Engine (UE) is a comprehensive, open source development environment written in C++ that is accessible to all users within the relevant fields (Chen, 2019). The Cesium for Unreal plugin provides geographically accurate global positioning by supporting the WGS84 ellipsoid coordinate system and enables access to high-resolution terrain models, satellite imagery, and 3D Tiles formatted building models via the Cesium Ion platform. This integration facilitates the precise alignment of procedurally generated 3D models within real world coordinates.

Recent advancements in deep learning have led to highly specialized models for building extraction. For instance, Hussain et al. (2026) introduced YOLOSAM, which integrates YOLO guided mechanisms with the Segment Anything Model (SAM) to achieve superior boundary precision in remote sensing imagery. While YOLOSAM focuses on maximizing segmentation accuracy at the model level, study extends this technological frontier by integrating such AI-driven outputs into a real time georeferenced Digital Twin pipeline, bridging the gap between 2D mask generation and 3D urban visualization. Building upon this systemic vision and aiming to eliminate the time and cost burdens of traditional methods along with aforementioned technical hurdles, the primary objective of this study is to develop a comprehensive digital twin framework. This system performs AI-powered building detection from high-resolution satellite imagery using the prominent YOLOv8 architecture, identifies discrepancies by benchmarking the detected structures against OpenStreetMap data, and ultimately visualizes all data in a 3D environment using real-world coordinates.

Material and Method

The methodology outlines a systematic approach starting with YOLOv8-seg-based building extraction from high resolution satellite scenes. This is followed by a geospatial alignment process where extracted features are converted to WGS84 coordinates and validated against OSM data, culminating in the procedural generation of 3D digital twins using Unreal Engine.

The YOLO algorithm is a machine learning model that necessitates the provision of a comprehensive dataset prior to its implementation. Consequently, the artificial intelligence system must undergo a rigorous training process to successfully acquire the capability of object detection (Tunç et al., 2024).

In accordance with this requirement, a heterogeneous set of satellite imagery encompassing rural, urban, and industrial landscapes was compiled to establish a robust training foundation for the building detection model. Within these images, building masks were manually annotated as individual polygons using the open source Computer Vision Annotation Tool (CVAT). Subsequently, these annotations

were exported in YOLO segmentation format, incorporating normalized coordinate values to ensure model compatibility.

The utilized YOLOv8-seg architecture comprises CSPDarknet-based backbone for feature extraction, a PANet structured neck for multi scale feature fusion, and a dual headed component capable of simultaneously generating classification/localization outputs and segmentation masks. This architecture was selected due to its single-stage design, native support for instance segmentation, and its superior balance between accuracy and inference speed. During the training phase, the number of epochs was regulated via an early stopping mechanism, while the batch size was optimized in accordance with GPU memory constraints. Furthermore, the learning rate was dynamically updated using a cosine annealing scheduler, and data augmentation techniques—including mosaic, rotation, and scaling—were implemented to enhance the model's generalization capacity.

Evaluation Metrics

To quantitatively evaluate the performance of the YOLOv8-seg model, standard object detection and instance segmentation metrics were employed, including Intersection over Union (IoU), Precision, Recall, F1-Score, and Mean Average Precision (mAP). Predictions were classified as True Positive (TP), False Positive (FP), and False Negative (FN) based on an IoU threshold of 0.5 between the predicted masks and the ground truth masks.

Precision evaluates the accuracy of positive predictions by indicating the proportion of detected structures that are actually buildings. It is defined as follows:

Equation 1

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

Recall measures the model's ability to identify all relevant instances by indicating the proportion of actual buildings that are successfully detected. It is defined as follows:

Equation 2

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

F1-Score represents the harmonic mean of Precision and Recall, providing a single metric that reflects the overall balance of the model's performance. It is defined as follows:

Equation 3

$$F1 = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall}$$

Mean Average Precision (mAP) represents the area under the Precision–Recall curve (AUC). In this study, mAP@0.5, which evaluates detection performance at an IoU threshold of 0.5, and mAP@0.5:0.95, which represents the average detection performance across multiple IoU thresholds, were calculated to assess boundary precision and segmentation accuracy.

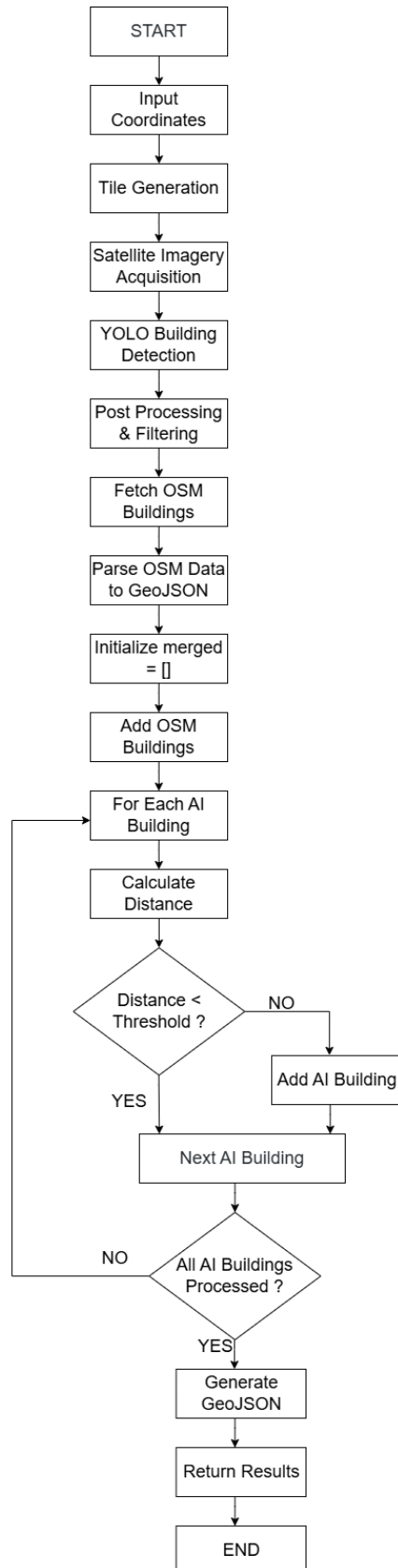
The corresponding results are reported in the Results section.

Pixel to Coordinate Transformation

In this study, all geospatial data are represented in the WGS84 (EPSG:4326) coordinate system, which forms the basis of GPS technology and models the Earth as an ellipsoid. This choice enables the integration of heterogeneous data sources such as satellite imagery, OpenStreetMap, and Cesium within a consistent reference framework. To transform pixel based building polygons generated by the YOLOv8-seg model into world coordinates, metadata information including image dimensions and the geographic coordinates of the upper left and lower right corners was utilized. The transformation process was performed using linear scaling, where longitude values were computed proportionally within the range of lon_min to lon_max based on the px/W ratio, and latitude values were computed within the range of lat_max to lat_min based on the py/H ratio. This formulation was applied to each polygon vertex, thereby converting all building geometries into real world geographic coordinates.

System Integration and Web Interface

Following the completion of the model training and spatial transformation algorithms, an integrated web interface was designed to facilitate the seamless management of the developed infrastructure by the end user. In the initial phase of the system, the user designates the geographical region to be analyzed via the web interface. The coordinates of the selected area are then transmitted to a Python-based backend engine. This engine downloads satellite imagery utilizing a tile-based architecture, detects buildings using the YOLOv8-seg model, merges the obtained results with OpenStreetMap data, and transmits the generated outputs back to the interface for real-time visualization on the map. The overall operational sequence and architectural steps of the proposed end-to-end system are presented in Figure 1.

Figure 1
Building Detection and Data Integration Workflow


Spatial data from OpenStreetMap were accessed through the Overpass API within the proposed system. The raw data retrieved in XML format were parsed in the Python environment, where node coordinates, way references, and attribute tags were processed to generate polygon geometries corresponding to each OSM building in a real world geographic coordinate system.

The Intersection over Union (IoU) metric was computed via the Shapely library to spatially compare the AI-generated building detections with the baseline OpenStreetMap data. Shapely is a Python package for set theoretic analysis and manipulation of planar features using functions from the widely used GEOS library (Gillies, n.d.). As emphasized by Zhou et al. (2019) in the context of object detection, the Intersection over Union (IoU) formally recognized as the Jaccard Index or the Jaccard similarity coefficient is a robust metric for quantifying the resemblance between finite sample sets. In a geospatial context, for two sets of spatial coordinates or polygons represented as A and B, the IoU is mathematically formulated as the area of intersection ($A \cap B$) divided by the area of union ($A \cup B$):

Equation 4

$$IoU(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}$$

This coefficient serves as an objective benchmark for evaluating the accuracy of the predicted bounding boxes or segmentations against the ground truth geometries, ranging from 0 (no overlap) to 1 (perfect alignment).

The technical novelty of the building matching process lies in its dual stage spatial verification framework. Standard building extraction workflows often rely solely on IoU scores, which can fail to match structures when off nadir satellite viewing angles cause geometric displacements between the AI detected mask and the OSM vector data. To overcome this limitation, system implements a centroid proximity as a secondary validation step.

In this study, an Intersection over Union (IoU) threshold of 0.30 was established to define the matching status between geometries; detections exceeding this value were classified as *confirmed matches*. To mitigate the impact of potential spatial shifts or minor geometric misalignments, structures yielding an IoU below the threshold were further evaluated based on centroid proximity. If the Euclidean distance between center points fell within a predefined tolerance, these instances were categorized as *potential matches*.

Furthermore, AI detections exhibiting no spatial overlap with existing OSM data ($IoU = 0$) were registered in the system as *newly detected buildings*. Conversely, existing OSM records that remained undetected by the model were preserved as *static existing structures*. This comparative methodology ensures that open source map data

is not only validated against current satellite imagery but also facilitates the automated identification of previously unmapped urban features.

The web interface has been designed to provide a user friendly experience through several interactive features. Users can navigate an interactive map, define analysis regions by drawing rectangular bounding boxes with the mouse or entering geographic coordinates manually, initiate analysis with a single click, and visualize results with options to download data in various formats.

The system employs a Flask or FastAPI-based Python backend server that communicates via RESTful API. The backend performs the following operations asynchronously: receiving coordinate information from the frontend, downloading satellite imagery for the specified region, executing building detection using the YOLOv8-seg model, retrieving OpenStreetMap data via the Overpass API, conducting comparative analysis between AI detected buildings and OSM data, returning results in JSON/GeoJSON formats, and exporting processed data for integration with Unreal Engine.

The backend infrastructure, powered by a Flask based Python server, facilitates the automated pipeline of data acquisition and processing via a REST API. Utilizing the provided geographic coordinates, the system retrieves high resolution satellite imagery and performs pixel level semantic segmentation using the YOLOv8-seg model. These segmentation masks are subsequently converted into vector polygons to define precise building footprints. To ensure data fidelity, the extracted boundaries are cross referenced and validated against real time OpenStreetMap data retrieved through the Overpass API. Finally, the verified spatial data is structured into JSON/GeoJSON formats and exported as optimized coordinate datasets, specifically georeferenced for seamless integration and 3D visualization within the Unreal Engine environment.

Dikmen Valley in Ankara, characterized by its dense urban fabric and complex topography, was selected as the primary test site, with the implementation results presented in Figure 2. The implementation phase leveraged the YOLOv8-seg architecture to perform granular analysis on multi tile satellite imagery, demonstrating high precision in building detection across diverse urban scenarios. The model effectively delineated individual roof structures, maintaining spatial accuracy despite significant variances in building heights and orientations within the Dikmen Valley. A critical component of the pipeline's success lies in its data integration capability; as evidenced by the system logs, the AI detected footprints (1,321 units) were cross referenced with OpenStreetMap records (1,298 units), culminating in a refined and validated dataset of 1,548 georeferenced building footprints.

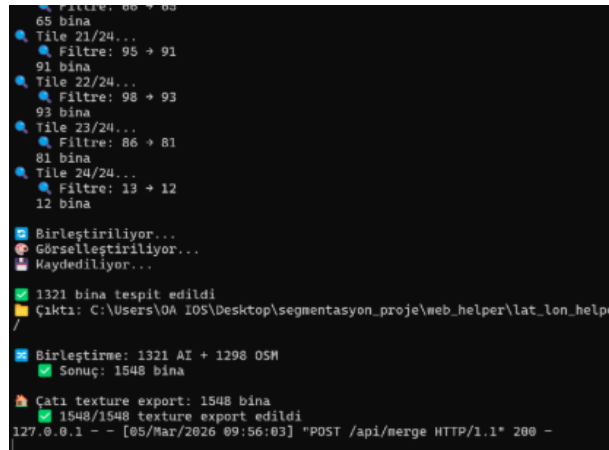
Figure 2

Dikmen Valley automated building extraction process:, (a) satellite imagery, (b) YOLOv8-seg segmentation masks, (c) system outputs from data integration



(a)

(b)



(c)

Unreal Engine Integration

Geographically referenced building polygons and validated vector datasets were imported into the Unreal Engine environment using the Cesium for Unreal plugin, positioned in the WGS84 coordinate system, and visualized as a three-dimensional digital city model. Procedural Content Generation (PCG) is a method of creating data algorithmically rather than manually, which allows for the rapid generation of large amounts of content, such as game levels, maps, and environmental assets (Hidayatullah et al., 2025). Following this methodology, each building polygon has been transformed from a two-dimensional base to a three-dimensional volumetric structure using a procedural mesh component. To extrude these 2D base polygons into 3D volumetric structures, the system requires Z-axis (height) data. A hybrid rule-based approach was implemented for this procedural extrusion. Initially, structural attributes such as height or building:levels were queried from the OpenStreetMap database for each georeferenced polygon. Buildings with available metadata were extruded based on their actual recorded heights. Conversely, for buildings lacking

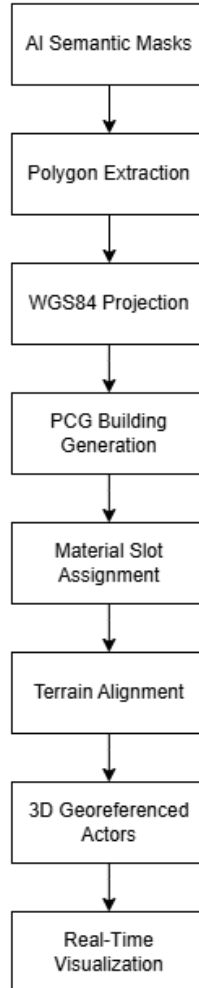
height information in the OSM dataset, a default procedural height of 15 meters was assigned to ensure the geometric continuity of the urban 3D model. This process includes the following stages: base surface mesh generation, wall surface creation, roof geometry addition according to building type, surface normal calculation, and texture coordinate assignment. In addition, the base, wall, and roof surfaces are assigned to separate material slots, allowing for the application of different textures to each architectural component.

The technical novelty of the 3D reconstruction phase is characterized by the seamless translation of AI derived semantic masks into georeferenced volumetric actors. In contrast to conventional static CAD based modeling approaches, the proposed pipeline employs a Geospatial Projection Logic that directly maps 2D coordinates onto the WGS84 ellipsoid within the Unreal Engine 5 environment. A key innovation lies in the implementation of Procedural Content Generation to automate architectural assembly. Rather than performing simple polygon extrusion, the system dynamically assigns material slots for walls, roofs, and foundation elements, while concurrently synchronizing vertical positioning with Cesium's high-resolution terrain datasets. This methodology ensures geometric consistency, topological accuracy, and real time rendering compatibility within a globally referenced coordinate system.

The overall workflow of the proposed 3D reconstruction process is illustrated in Figure 3. The pipeline transforms AI-derived semantic masks into georeferenced building footprints through the Geospatial Projection Logic and subsequently processes them within the Procedural Content Generation framework. Architectural components are automatically generated and aligned with Cesium terrain data, while OSM-derived green areas are procedurally enriched with vegetation assets. This integrated workflow enables the creation of a georeferenced and visually consistent digital twin environment.

Figure 3

Unreal Engine AI to 3D Procedural Visualization Pipeline in Unreal Engine

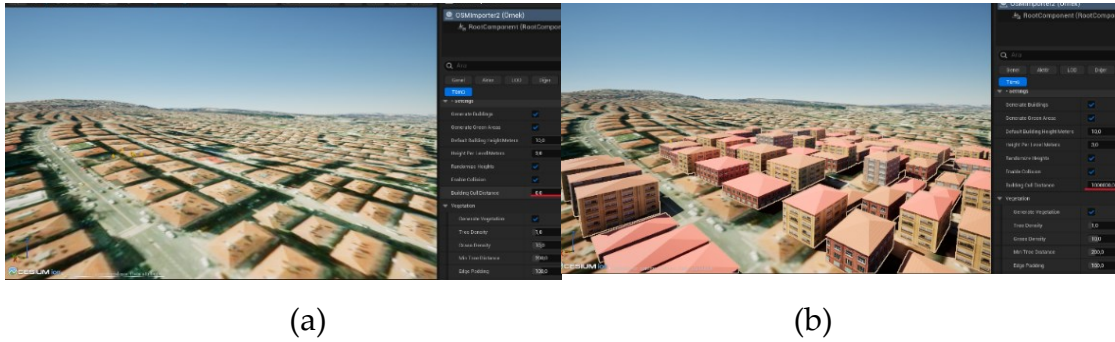


To ensure scalability and maintain real time frame rates within the expansive digital twin environment, a dynamic performance optimization mechanism known as 'Culling' was implemented. To ensure computational efficiency and real time performance, the generated 3D models follow a Level of Detail (LOD) management strategy controlled via a dynamic 'Building Cull Distance' parameter. In this framework, the models are procedurally reconstructed as volumetric structures corresponding to LOD 1 (block models) and simplified LOD 2 (models with basic roof geometries). Buildings within the immediate proximity are rendered with full volumetric integrity (High LOD), including separate material slots for architectural elements. As the distance from the virtual camera increases, the system utilizes a binary occlusion and culling logic; structures exceeding the user defined distance threshold are dynamically culled to conserve GPU resources. This approach allows the system to maintain a stable frame rate even in high density urban areas by balancing the spatial detail of the digital twin with the hardware's processing limits.

'Building Cull Distance' parameter in the 'Settings' panel, is visibly documented across three stages in Figures 4a and 4b.

Figure 4

Three stage performance optimization demonstration using the 'Building Cull Distance' parameter, showcasing (a) maximal urban density, (b) procedural building culling from the view



As highlighted in Figure 4a and Figure 4b, varying this parameter enables dramatic shifts in visible content. A high cull distance value (e.g., 1,000,000.0) renders a dense, sprawling cityscape (Figure 4a), emphasizing maximal visual fidelity. Conversely, reducing the value to near zero effectively culls all procedural buildings from the scene (Figure 4b), significantly reducing the computational load. Finally, the vertical positioning of all generated assets was automatically synchronized with the terrain using Cesium height data, ensuring high spatial fidelity and realism.

Results and Discussion

YOLOv8-Seg Model Performance

The dataset compiled for model training comprises 505 high resolution images (standardized to 640x640 pixels) containing a total of 18,127 individual building annotations. To ensure the model's robustness and ability to generalize across diverse environments, the images were sourced from various geographical regions, encompassing rural, urban, industrial, and mixed-use landscapes. To support transparency and reproducibility, the dataset was systematically partitioned into training (70%), validation (15%), and testing (15%) subsets.

The model was trained over 250 epochs. Throughout the training phase, a consistent convergence was observed, characterized by the following reductions in loss functions:

Table 1

Variation of the Model's Loss Values Across Epochs

Epoch	Box Loss	Cls Loss	Seg Loss	Sum
1	2.245	1.89	2.567	4.704
50	1.654	1.31	1.789	2.755
100	1.423	1.19	1.534	2.155
150	1.312	1.14	1.412	1.869
200	1.278	1.12	1.367	1.766
250	1.075	1.01	1.251	1.658

The training process lasted approximately 8 hours; the best model weights were obtained in epoch 232.

Quantitative Performance Evaluation

The segmentation performance of the trained YOLOv8-seg model was evaluated using the reserved test dataset, which consists of 505 images and 18,127 building instances. The quantitative results of the instance segmentation (mask) task are presented in Table 2.

Table 2

Segmentation Performance of the YOLOv8-Seg Model on the Test Dataset

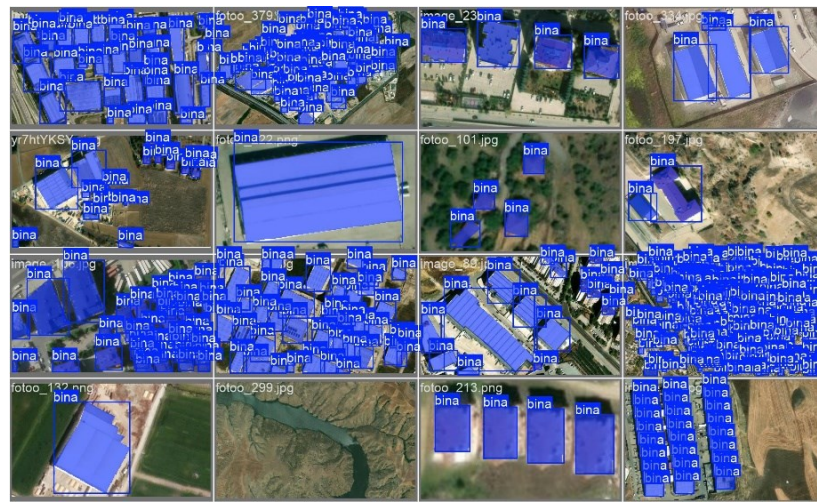
Task	Images	Instances	Precision	Recall	F1-Score	mAP@ 0.5	mAP@0.5:0.95
Mask (Building)	505	18,127	0.8956	0.8528	0.873	0.8897	0.6951

As shown in Table 2, the proposed model demonstrated high accuracy in identifying and segmenting building footprints. The model achieved a Precision of 89.56% and a Recall of 85.28%, resulting in a balanced F1-Score of 87.37%. Furthermore, the mAP@0.5 score of 88.97% and the mAP@0.5:0.95 score of 69.51% indicate that the generated polygons closely match the ground truth boundaries. These quantitative metrics prove that the YOLOv8-seg architecture provides robust and accurate outputs for the subsequent 3D digital twin generation pipeline.

To qualitatively evaluate how these numerical achievements translate into on the ground performance, representative results from the test dataset were examined. Figure 5 presents a comparative analysis of the model's performance in complex urban textures, showcasing (a) the ground truth building footprints and (b) the precise predictions generated by the model over these boundaries. Visual inspections confirm that the model possesses a high discriminative capacity, particularly for terraced buildings and diverse roof geometries.

Figure 5

Comparison of building segmentation results on the test dataset: (a) Ground truth labels, (b) Model predictions with confidence scores



(a)



(b)

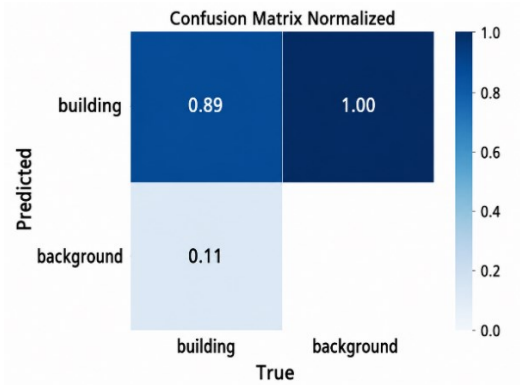
As observed in Figure 5b, the model assigns high confidence scores to the majority of detected building instances, often exceeding 0.90, which underscores the reliability of the feature extraction process. The close alignment between the predicted masks and the actual building footprints qualitatively supports the high mAP values

reported in Table 2. Furthermore, the model effectively distinguishes individual structures even in densely populated areas, demonstrating its ability to handle pixel level segmentation with the precision required for high fidelity 3D reconstructions.

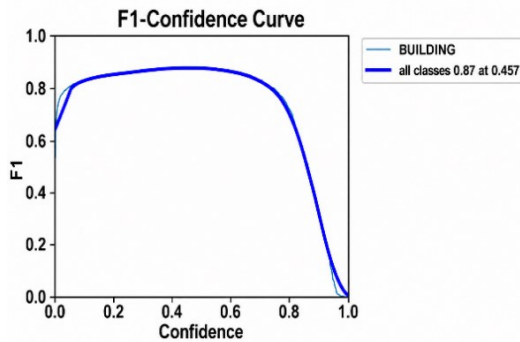
In addition to the qualitative visual results, the statistical performance of the model across the entire test set was evaluated through confusion matrices and performance curves. Figure 6 illustrates the normalized confusion matrix and the F1-Confidence relationship, providing a deeper insight into the model's classification accuracy and stability.

Figure 6

Performance metrics of the model: (a) Classification accuracy via normalized confusion matrix and (b) optimal F1-Score threshold



(a)



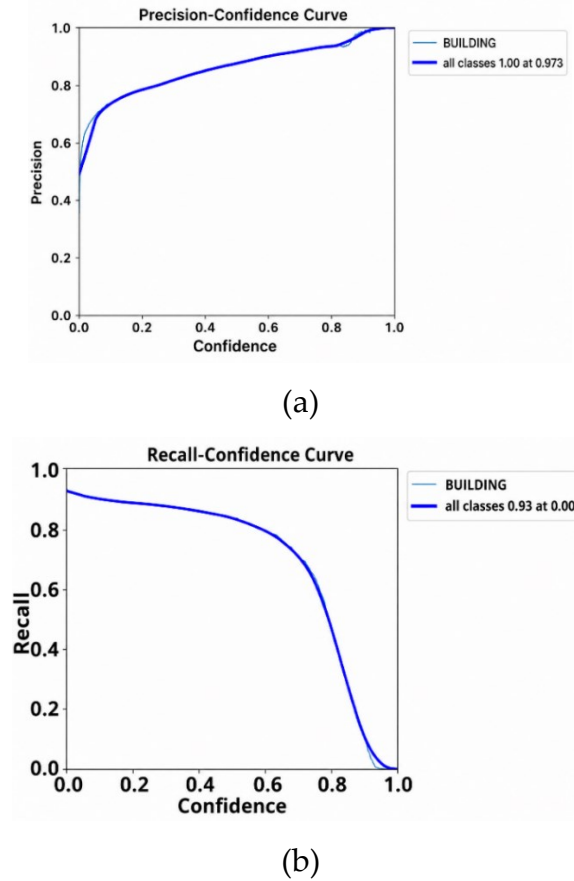
(b)

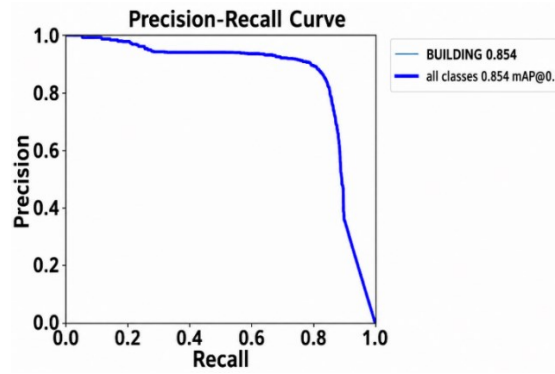
The normalized confusion matrix (Figure 6a) confirms that the model correctly identifies 89% of building structures, demonstrating a strong discriminative power against the background. The 11% false negative rate is primarily attributed to extremely small structures or buildings partially obscured by shadows in complex urban environments. Furthermore, the F1-Confidence curve (Figure 6b) indicates that the model reaches its optimal balance between precision and recall, achieving a peak F1-Score of 0.87 at a confidence threshold of 0.457. This statistical stability across

various thresholds ensures that the building footprints the generated are reliable enough to serve as the precise geometric foundation for subsequent 3D digital twin generation stages. To provide a holistic view of the model's training efficiency, the comprehensive performance curves for the segmentation task are illustrated in Figure 7. The Precision-Confidence and Recall-Confidence curves demonstrate that the YOLOv8-seg model maintains a high degree of sensitivity across a wide range of thresholds. Furthermore, the Precision-Recall (PR) curve yields a mean Average Precision (mAP@0.5) of 85.4%, confirming the model's robustness in accurately delineating building footprints within complex geospatial datasets.

Figure 7

Comprehensive evaluation of building segmentation performance: (a) Precision-Confidence curve, (b) Recall-Confidence curve, and (c) Precision-Recall curve indicating a mAP@0.5





(c)

The comprehensive evaluation of the model demonstrates that the high quantitative metrics specifically the 85.4% mAP and 0.85 F1-Score translate effectively into high fidelity building masks. The robustness of the segmentation process, even in complex urban textures, ensures that the extracted footprints provide a reliable geometric foundation for automated reconstruction.

To rigorously validate the effectiveness of the proposed framework, a comparative analysis was conducted against established baseline models in the field of building footprint extraction, namely Mask R-CNN and the standard YOLOv5-seg.

The experimental results, summarized in Table 3, demonstrate that the proposed system outperforms the baseline models across all key metrics. Specifically, the proposed method achieved a mAP@50 of 0.854, representing a 2.7% improvement over the standard YOLOv5-seg and an 6.5% increase compared to Mask R-CNN. These results indicate that the specialized hyperparameter tuning and the integrated data augmentation strategies employed in this study significantly enhance the model's ability to delineate building boundaries, especially in dense urban environments with complex morphological structures.

Table 3

Comparison of the Proposed Method with Baseline Models

Model	Precision	Recall	F1-Score	mAP@50
Mask R-CNN	0.79	0.77	0.78	0.78
YOLOv5-seg	0.83	0.82	0.82	0.83

Model	Precision	Recall	F1-Score	mAP@50
Proposed Method	0.8596	0.8528	0.873	0.8897

The primary sources of error were identified as False Negatives in deep shadow areas and False Positives in areas exhibiting high spectral similarity to roofs, such as large concrete car parks. Smaller scale auxiliary buildings (under 20 m²) also showed higher bounce rates. To mitigate these extreme errors in future iterations, the integration of Shadow Detection and Reconstruction (SDR) indices will be investigated.

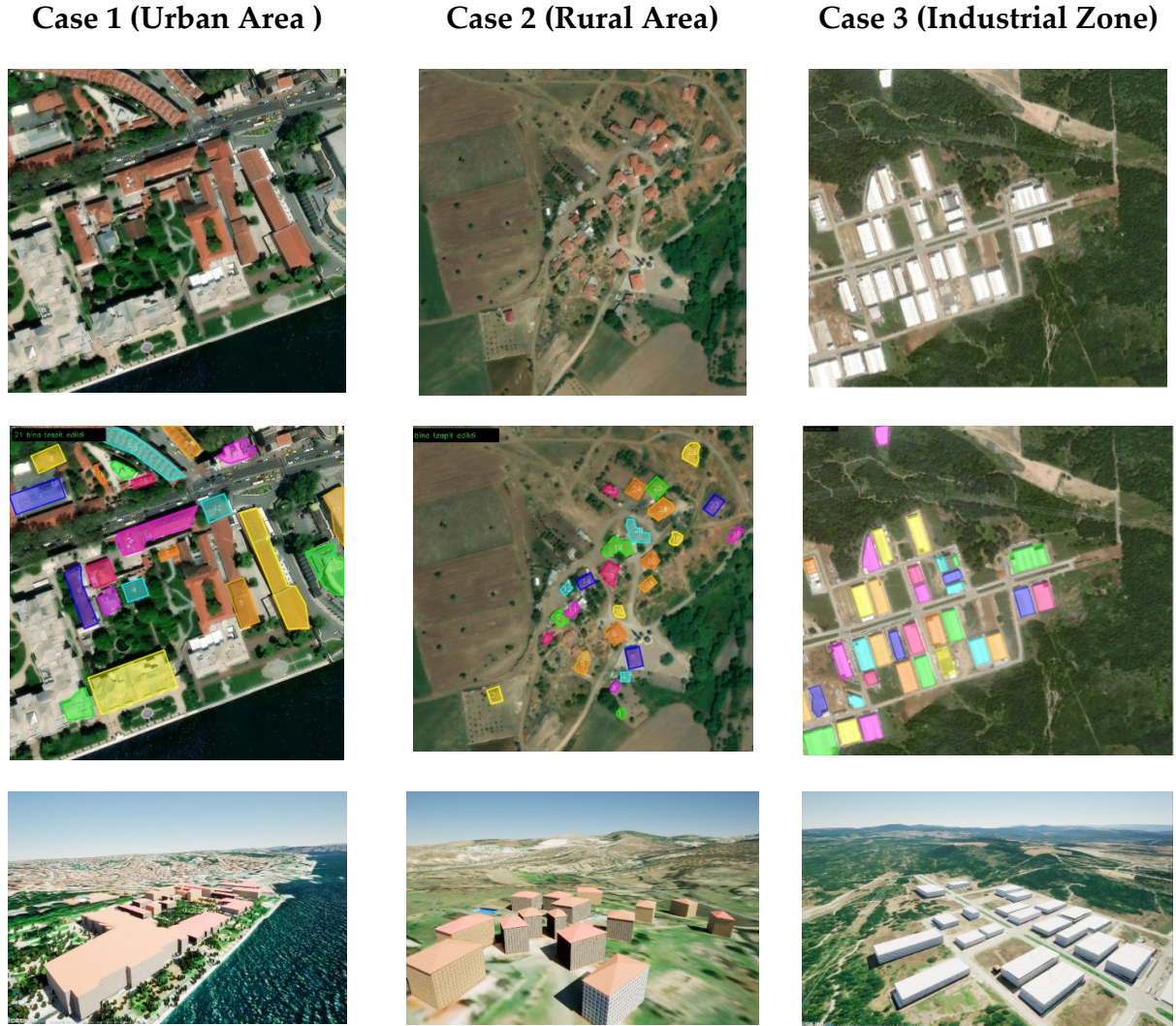
The robust integration of the Cesium Unreal Engine pipeline was validated through automated coordinate transformation tests. Despite minor deviations at segmentation boundaries, the WGS84 projection logic successfully aligned 3D extrusions with the underlying terrain, maintaining a spatial error margin of less than 1.5 meters. This high level of geodetic accuracy demonstrates that the framework is resilient to minor pixel level inaccuracies and ensures the structural integrity of the generated digital twins.

Example Case Studies

As illustrated in Figure 8, the proposed system's integration capabilities were evaluated across three distinct geospatial topographies. In the urban area of Beşiktaş, Istanbul (Case 1), 30 buildings were identified by the model, of which 22 were matched with existing OpenStreetMap data, resulting in the discovery of 8 new structures. In the rural setting of Alibey Village, Ankara (Case 2), the system detected a total of 26 buildings; notably, only 1 building was registered in OSM, leading to the identification of 25 unmapped structures. Finally, in the Kocaeli Organized Industrial Zone (Case 3), 45 buildings were detected, with 30 matching current OSM records and 15 identified as newly discovered structures.

Figure 8

Experimental results for Case 1 (Urban), Case 2 (Rural), and Case 3 (Industrial) topographies



General Evaluation and Discussion

Experimental results show that the developed system performs successfully in building detection, map verification, and 3D modeling tasks.

The OSM comparison results revealed significant data gaps, particularly in rural areas. The fact that the number of buildings registered in OSM in the rural test area was considerably less than those detected by AI clearly demonstrates the limitations of voluntary geographic data systems. This finding proves the practical value of the system's map completion function. Significant gains are achieved in terms of accessibility and scalability.

While most studies in the literature remain only at the building detection stage, this study presents a comprehensive solution that integrates detection, data validation, modeling, and visualization processes within a single system.

The system offers significant advantages such as automation, cost effectiveness, geographical accuracy, and modular architecture. The use of open source data and tools supports the method's applicability to a wide user base. However, there are also some limitations, such as dependence on image quality, height estimation restrictions, and the simplification of complex roof geometries.

An explicit spatial and semantic error analysis of the OSM matching pipeline was conducted to evaluate its overall matching accuracy. As detailed previously, the dual-stage verification system successfully mitigated geometric displacements caused by off-nadir satellite angles. During the coordinate transformation process, the hybrid validation logic ensured a spatial error margin of less than 1.5 meters. Furthermore, semantic matching errors were largely confined to the spectral limitations of large concrete parking areas and deeply shadowed regions. Despite these minor operational limitations, the system demonstrated high geodetic reliability in aligning AI-detected footprints with the existing OSM data.

The proposed system offers a wide range of practical applications across different domains. In urban planning, municipalities and planning institutions can utilize the system to generate up-to-date building inventories, making it particularly useful for detecting illegal constructions and supporting zoning inspection processes. In the context of disaster management, the generated 3D models can be employed for risk analysis prior to natural disasters such as earthquakes and floods, as well as for post-disaster damage assessment. Furthermore, models based on real world coordinates can play a critical role in effectively guiding emergency response teams. In addition, within smart city applications, the digital twin infrastructure established by the system provides a fundamental basis for various advanced implementations. These include traffic simulation, energy consumption analysis, and telecommunications network planning, where accurate and detailed 3D city models serve as essential data sources.

Conclusion

Summary of the Study

In this study, an integrated digital twin generation system was developed that performs AI assisted building detection from high resolution satellite images, identifies missing building information by comparing it with existing OSM data, and models this data in 3D using Unreal Engine. The system automated the process, starting with the geographical coordinates selected via the user interface. Image

downloading, segmentation with YOLOv8-seg, matching with OSM data, semantic classification, and 3D model creation were all successfully integrated.

Main Contributions and Innovations

The main contributions of this study to the literature and practice are as follows: A unique methodology has been developed based on the integration of open source map data with deep learning based building segmentation as a hybrid data approach. A system has been created that automatically detects and completes deficiencies in OSM data using AI within the scope of automatic map completion. An integrated system has been designed that automatically executes all processes from data collection to 3D visualization as an pipeline. 3D models positioned in real world coordinates and capable of integrating with GIS systems have been produced using GIS compatible 3D modeling. A solution accessible to a wide audience has been provided by using open source tools and free data sources to ensure low cost and accessibility.

Suggestions for Future Studies

Testing the system in different geographical regions, climatic conditions, and building styles is important for evaluating its generalization capacity. In particular, adapting to architectural styles in different countries may require expanding the model through transfer learning.

The current system only processes building structures. Adding other urban elements such as road networks, bridges, power lines, and water infrastructure will significantly expand the scope of the digital twin.

Reliance on a constant default height (15 meters) for buildings with missing OSM metadata presents a geometric limitation on the current procedural generation pipeline. Future iterations of the framework will aim to overcome this by integrating deep learning modules designed to dynamically estimate actual building heights directly from 2D satellite imagery. This will be achieved by analyzing building shadow lengths in conjunction with solar elevation and azimuth angles.

Presenting the generated 3D models interactively in virtual reality and augmented reality environments will enrich the user experience. These technologies can provide valuable contributions, especially in city planning meetings and citizen participation processes.

The system's ability to automatically detect changes by periodically analyzing new satellite images is crucial for maintaining the digital twin's currency. The goal is to automatically detect new constructions, demolished buildings, and renovations.

Etik

Bu araştırma ile ilgili etik sorularınız için lütfen izufbed@izu.edu.tr adresine başvurun. Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur. Bu araştırma ile ilgili etik sorularınız için lütfen izufbed@izu.edu.tr adresine başvurun.

Destek ve Teşekkür Beyanı

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde değerli görüş ve desteklerini esirgemeyen saygıdeğer hocalarım Kadir Erkan ve Hakan Aydemir'e teşekkür ederim. Araştırma sürecinde sabır, moral ve destekleriyle yanımda olan aileme ve çalışmanın tamamlanmasına destek veren herkese teşekkür ederim.

Çatışma Beyanı

Yazarlar bu araştırma makalesinin araştırma, yazma ve/veya yayınlanmasına ilişkin herhangi bir kurum ve/veya kişi ile potansiyel çıkar çatışması beyan etmemiştir.

Ethical Considerations

It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited. For ethical inquiries regarding this research, please contact: izufbed@izu.edu.tr

Author Contributions

All authors made equal contributions to the research and the preparation of this manuscript.

Funding and Acknowledgments

I would like to express my sincere gratitude to my esteemed professors Kadir Erkan and Hakan Aydemir for their valuable insights and unwavering support throughout this study. I am also deeply grateful to my family, who stood by me with patience, encouragement, and support during the research process, as well as to everyone who contributed to the completion of this work.

Conflict of Interest

The authors have no conflicts of interest to declare related to the research, writing, or publication of this manuscript.

REFERENCES

- Bshouty, E., & Dalyot, S. (2021). Calculating OpenStreetMap building heights from single user-generated photographs. *Mapping and Geo-Information Engineering*, The Technion, Haifa, Israel.
- Chen, J. (2019). Software development of first person virtual interactive art exhibition hall based on UE4. *Western Leather*, 2019(12), 24-26.
- Demircan, D., Palabıyık, S. (2025). Dijital İkiz Teknolojilerinin Eğitime Adaptasyonu, Potansiyelleri ve Sınırlılıkları. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 12(118): 795-810, doi: 10.5281/zenodo.15018000.
- Gillies, S. (n.d.). Shapely user manual. Retrieved May 8, 2026, from <https://shapely.readthedocs.io/en/stable/manual.html>
- Hidayatullah, W. G. B., Dewandaru, A., & Wicaksono, T. B. (2025). Procedural content generation with large language models for three-dimensional environment design. *2025 IEEE International Conference on Data and Software Engineering (ICoDS)*. IEEE.
- Hussain, M., Huang, J., Liu, X., Duan, Y., & Wu, H. (2026). YOLO-guided SAM for accurate building segmentation in remote sensing images. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 19, 4403–4417.
- Kaushal, M., & Kumar, A. (2022). Rapid-YOLO: A novel YOLO based architecture for shadow detection. *Optik*, 260, 169084. doi: 10.1016/j.ijleo.2022.169084
- Radany, N., & Abdelaziz, M. (2024). Shadow detection of building facades for energy efficiency using YOLOv8 and segmentation techniques. *2024 5th International Conference on Artificial Intelligence, Robotics and Control (AIRC)*, 23-28. doi: 10.1109/AIRC61399.2024.10672357
- Santhoshi, M., & Sneha, T. (2025). Deep neural networks for extraction of buildings from satellite images. *2025 2nd International Conference on Research Methodologies in Knowledge Management, Artificial Intelligence and Telecommunication Engineering (RMKMATE)*, 1-8. doi: 10.1109/RMKMATE64874.2025.11042773
- Tunç, H. C., Yıldırım, S. G., & Durusu, A. (2024). Artificial Intelligence-Based Estimation of Energy Production and Consumption of Buildings from Satellite and Aerial Footage. *2024 International Conference on Smart Systems and Power Management (IC2SPM)*, 1-6. doi: 10.1109/IC2SPM62723.2024.10841349
- Zhou, D., Fang, J., Song, X., Guan, C., Yin, J., Dai, Y., & Yang, R. (2019, September). IoU loss for 2D/3D object detection. In *2019 International Conference on 3D Vision (3DV)* (pp. 85-94). IEEE.