

DOI: <https://doi.org/10.38027/ICCAUA2025TR0033>

## Artificial Intelligence in Architectural Education: New Learning and Design Approaches

\* Dr. Fatmanur Atalay

Department of Architecture, Faculty of Fine Arts and Architecture, Necmettin Erbakan University, Turkey

E-mail: [fnuratlay@gmail.com](mailto:fnuratlay@gmail.com)

### Abstract

Received: 23 February 2025

Revised: 2 June 2025

Accepted: 18 June 2025

Available online: 5 July 2025

Copyright © 2025 by the author(s).

All rights reserved.

This article is published under an open-access model and is made available in accordance with the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International Licence (CC BY).



The publisher maintains a neutral stance concerning jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

This article has been selected and peer-reviewed for publication in this journal as part of the 8th International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism, held on 8-9 May 2025 in Alanya, Türkiye.

In recent years, artificial intelligence (AI) technologies have been increasingly incorporated into architectural design and education, offering advanced capabilities in data analytics, machine learning, and visual generation. "Such tools could offer architects and planners both theoretical data bases and practical platform to implement proposed strategies" (Nafa & Husain, 2021). AI-powered tools enable the optimization of design decisions, the provision of personalized solutions based on user needs, and the acceleration of parametric design processes. This study aims to examine the role of AI in architectural education by identifying its benefits and potential limitations. A qualitative research approach based on a comprehensive literature review. It systematically examines how AI tools can be utilized in architectural education to support students in solving design problems, analyzing different scenarios, and developing innovative solutions. Various AI applications are categorized according to their usage in design education, and their effectiveness is assessed through comparative analysis. The findings indicate that AI-assisted design processes offer architecture students new creative opportunities, helping them generate optimized solutions and explore diverse design alternatives.

**Keywords:** Artificial Intelligence in Architecture; AI tools; Data Analysis; Design Education; Learning Methods; Visual Generation.

## Mimarlık Eğitiminde Yapay Zekâ: Yeni Öğrenme ve Tasarım Yaklaşımları

### Özet

Son yıllarda yapay zekâ (YZ) teknolojileri, mimari tasarım ve eğitim alanlarında giderek daha fazla kullanılmaya başlanmış ve veri analitiği, makine öğrenmesi ile görsel üretim gibi ileri düzey yetenekler sunmuştur. YZ destekli araçlar, tasarım kararlarının optimize edilmesini, kullanıcı ihtiyaçlarına göre kişiselleştirilmiş çözümler sunulmasını ve parametrik tasarım süreçlerinin hızlandırılmasını mümkün kılmaktadır. Bu çalışma, yapay zekânın mimarlık eğitimindeki rolünü, faydalarını ve olası sınırlılıklarını belirleyerek incelemeyi amaçlamaktadır. Nitel bir araştırma yaklaşımı benimsenmiş olup, kapsamlı bir literatür taramasına dayanmaktadır. YZ araçlarının, öğrencilerin tasarım problemlerini çözmeleri, farklı senaryoları analiz etmeleri ve yenilikçi çözümler geliştirmeleri sürecinde nasıl kullanılabileceği sistematik bir şekilde ele alınmaktadır. Çeşitli YZ uygulamaları, tasarım eğitimindeki kullanım alanlarına göre kategorize edilmekte ve etkinlikleri karşılaştırmalı analiz yoluyla değerlendirilmektedir. Bulgular, YZ destekli tasarım süreçlerinin mimarlık öğrencilerine yeni yaratıcı fırsatlar sunduğunu; onların optimize edilmiş çözümler üretmelerine ve farklı tasarım alternatiflerini keşfetmelerine yardımcı olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Mimarlıkta Yapay Zeka; Yapay Zeka Araçları; Veri Analizi; Tasarım Eğitimi; Öğrenme Metodları; Görsel Üretim.

### 1. Giriş

Yapay zekâ (YZ) teknolojilerindeki hızlı gelişmeler, mimarlık tasarımı ve eğitimi alanlarında önemli dönüşümlere yol açmıştır. Gelişmiş veri analizi, makine öğrenmesi ve üretken tasarım gibi alanlarda sağlanan ilerlemeler, mimarlık disiplininin eğitim yapısını yeniden şekillendirmektedir (Oxman, 2017; Softaoğlu, 2024a). Bu teknolojiler, öğrencilere yalnızca tasarım süreçlerini hızlandırma imkânı sunmakla kalmayıp, aynı zamanda yaratıcı düşünme becerilerini geliştirme, farklı senaryoları analiz etme ve kullanıcı odaklı çözümler üretme gibi fırsatlar da sağlamaktadır (Braumann ve Cokcan, 2012).

Mimarlık eğitimi, uzun yıllardır stüdyo temelli öğrenme modeli üzerinden yürütülmektedir. Ancak günümüzde bu geleneksel yapıya dijital araçların ve algoritmik düşüncenin entegre edilmesi kaçınılmaz hâle gelmiştir (Salama, 2016). Dijitalleşme süreci, özellikle COVID-19 pandemisiyle hız kazanmış; çevrimiçi stüdyo uygulamaları, üç boyutlu modelleme, simülasyon ve artırılmış gerçeklik gibi teknolojilerin eğitime entegrasyonu yaygınlaşmıştır (Megahad ve Hassan, 2022). Bu dijital dönüşüm, hem öğrencilerin mekânsal farkındalığını artırmakta hem de uzaktan tasarım işbirliklerini mümkün kılmaktadır (Li ve diğ., 2025).

Öte yandan, yapay zekânın mimarlık eğitimine entegrasyonu bazı etik soruları da gündeme getirmektedir. Özellikle tasarım sürecinin yaratıcı ve özgün doğasına karşılık, yapay zekâ destekli çözümlerin hangi ölçüde öğrencinin düşünsel üretimine dayandığı tartışmalıdır (Lupton, 2022). Tasarımın kim tarafından üretildiği, algoritmaların önyargıları, verinin doğruluğu ve kullanıcı mahremiyeti gibi konular, mimarlık eğitiminin etik temelleriyle doğrudan ilişkilidir (Burry, 2013). Ayrıca, yapay zekâ araçlarının kullanımında öğretmenlerin rehberliğinin önemi ve bu araçların öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerini destekleyecek şekilde sunulması gerektiği vurgulanmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, mimarlık eğitiminde yapay zekâ (YZ) destekli araçların rolünü incelenmesi, bu araçların işlevsel özelliklerinin, eğitimsel katkılarının ve kullanım koşullarının sistematik bir biçimde değerlendirmesidir. Çalışmanın hedefleri, mimarlık eğitiminde kullanılan güncel YZ araçlarını tanımlamak ve sınıflandırmak, araçların teknik, eğitimsel ve uygulama odaklı yönlerini karşılaştırmaktır. Ayrıca, YZ araçlarını tasarım sürecinin farklı aşamalarıyla ilişkilendirmek, tasarım sürecinde YZ kullanımının sınırları ve potansiyel risklerini tartışmaktır.

Çalışmada şu araştırma sorularına cevap aranmaktadır:

1. Mimarlık eğitiminde hangi yapay zekâ araçları öne çıkmaktadır ve bu araçlar hangi amaçla kullanılmaktadır?
2. Bu araçlar teknik özellikleri, eğitimsel katkıları ve kullanım koşulları açısından nasıl sınıflandırılabilir?
3. YZ araçları, mimari tasarım sürecinin hangi aşamalarında etkili şekilde kullanılabilir?
4. Öğrenci seviyeleri ve öğrenme hedefleri doğrultusunda YZ araçlarının katkısı nasıl şekillenmektedir?

Bu araştırma soruları bağlamında çalışmanın hipotezi şu şekilde kurulmuştur; Yapay zekâ araçlarının, mimarlık eğitimine entegre edilmesi; öğrencilerin yaratıcı düşünme, karar verme, çevresel analiz ve anlatım becerilerini bütünsel olarak geliştirmekte, aynı zamanda mimari tasarım sürecini daha sistematik ve veri odaklı hâle getirmektedir.

Çalışma, kavramsal bir model önerisi içeren, nitel ve betimleyici bir araştırma olarak tasarlanmıştır. Yöntemsel çerçeve doğrultusunda oluşturulmuş çalışmanın strüktürü şu başlıklarda yapılandırılmıştır:

1. Giriş: Çalışmanın amacı, hedefleri, hipotezi, araştırma soruları, yöntemi, çalışmadan beklenen katkıların sunulması.
2. Literatür taraması: YZ'nin mimarlık eğitimine entegrasyonuna dair kuramsal arka planın aktarılması.
3. Mimarlık eğitiminde kullanılacak yapay zekâ araçları: Literatürde ve dijital ortamda yapılan araştırmalar doğrultusunda öne çıkan YZ araçları araştırılmış ve deneyimlenmiştir. Araçlara ve mimarlık eğitimindeki potansiyel ve sınırlılıklarına ilişkin literatür bilgisi ile dijital ortamda yapılan araştırmalar ve kişisel program deneyimleri doğrultusunda elde edilen veriler aktarılmıştır.
4. Yapay zekâ araçlarının karşılaştırılması: Belirlenen araçlar başlık ve alt başlıklar altında karşılaştırılmıştır.
5. Tartışma ve Sonuç: Çalışmadan elde edilen sonuçlar ve değerlendirmeler sunulmuştur.

Bu çalışmanın mimarlık eğitiminde yapay zekâ teknolojilerinin kullanımına dair kapsamlı ve sistematik bir çerçeve sunması beklenmektedir. Literatüre dayalı olarak yürütülen araç analizi sayesinde, mimarlık eğitimi ile dijital teknolojiler arasında köprü kuran bütüncül bir yaklaşım geliştirilmektedir. Çalışma kapsamında yürütülen karşılaştırmalı analiz, farklı yapay zekâ araçlarının teknik kapasiteleri, kullanım alanları ve eğitimsel katkıların kavramsal düzeyde sınıflandırarak, araçlar arası işlevsel ayrımları netleştirmektedir. Bu durum, özellikle mimarlık stüdyolarında hangi araçların hangi amaçlarla ve hangi aşamalarda kullanılabilmesine dair açık ve yönlendirici bilgiler sunmaktadır. Bu yönüyle çalışma, hem öğretmenler hem de öğrenciler için teknoloji-tasarım eğitimi ekseninde yön gösterici bir kaynak işlevi görecektir. Aynı zamanda yapay zekânın eğitim ortamlarında bilinçli ve eleştirel biçimde değerlendirilmesine katkı sağlayacaktır.

## 2. Literatür Araştırması

1958 yılında Amerikalı psikolog Frank Rosenblatt, çevresini algılayabilen, tanıyabilen ve tanımlayabilen makineleri tanımlamıştır. Bu durum yapay zekânın (YZ) potansiyelini ve insan benzeri yeteneklere sahip sistemler oluşturma olasılığını yansıtan önemli bir kavramdır (Chaillou, 2022). Günümüzde ise YZ, 1950'lerin sınırlı uygulamalarının çok ötesine geçmiş, birçok alanla etkileşime girmiş ve mimarlık gibi disiplinlerde önemli bir rol oynamaya başlamıştır (Ünal ve Başçiftçi, 2022).

Yapay zekâ (YZ) teknolojilerinin mimarlık eğitimine entegrasyonu, dijitalleşen tasarım ortamının doğal bir uzantısı olarak değerlendirilmektedir. Oxman (2017), mimarlıkta dijital paradigmalardan eğitim modellerini yeniden yapılandırdığını belirtirken, YZ'nin hem bilgi üretimini hem de tasarım kararlarını dönüştürme potansiyeline dikkat çeker. Özellikle üretken tasarım, algoritmik düşünce ve veri odaklı modelleme gibi süreçlerde YZ, öğrencilerin hem yaratıcı hem de analitik becerilerini destekleyici bir araç hâline gelmiştir (Braumann ve Çokcan, 2012). Salama (2016), geleneksel stüdyo eğitiminin günümüzde dijital sistemlerle desteklenerek yeniden şekillenmekte olduğunu vurgularken, bu dönüşümün mimarlık öğrencisinin düşünme biçimini de etkilediğini belirtir. Pandemi sonrası dönemde bu dönüşüm hızlanmış, çevrimiçi stüdyo, simülasyon ve yapay zekâ destekli araçlar eğitim sürecinde daha belirgin bir yer edinmiştir (Megahad ve Hassan, 2022).

YZ'nin tasarım sürecine entegre edilmesiyle birlikte, öğrenci yalnızca tasarım üreticisi değil, aynı zamanda veriyi yorumlayan, ilişkileri kuran ve alternatifleri kıyaslayan bir kimliğine bürünmektedir (Almaz ve diğ., 2024). Zeytin, Öztürk Kösençig ve Öner (2024) tarafından yürütülen çalışmada, üretken yapay zekâ asistanlarının mimari tasarım sürecine etkisi, mimarlık öğrencileriyle yapılan ampirik araştırmalar aracılığıyla değerlendirilmiştir. Çalışmada Midjourney ve ChatGPT gibi araçların, öğrencilerin kavramsal üretim ve fikir geliştirme süreçlerini olumlu etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Yapay zekâ destekli öğretim modelinin öğrenci öğrenimi üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği başka bir çalışmada, YZ'nin, kavramsal gelişimden sunum sürecine kadar öğrenme motivasyonunu ve çıktı kalitesini artırdığı gözlemlenmiştir (Jin ve diğ., 2024; Amen 2024). İç mimarlık eğitimine yönelik bir başka çalışmada, proje derslerine yapay zekânın entegrasyonu ele alınmış; araçların kavramsal etüt, renk ve malzeme kararları gibi aşamalarda öğrenciye alternatifler sunduğu, ancak değerlendirme kriterlerinin pedagojik rehberlik olmaksızın zayıfladığı vurgulanmıştır (Ural ve diğ., 2024).

Yukarıda özetlenen literatür, yapay zekâ teknolojilerinin mimarlık eğitiminde farklı düzeylerde ve aşamalarda kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Hem ulusal hem de uluslararası düzeyde yapılan çalışmalar, özellikle üretken yapay zekâ modellerinin (generative AI), öğrencilerin tasarım sürecine dâhil oluş biçimini değiştirdiğini; kavramsal üretimden sunuma kadar çok yönlü katkılar sunduğunu göstermektedir.

### 3. Mimarlık Eğitiminde Kullanılabilecek Yapay Zeka Araçları

Yapılan literatür taraması, dijital ortamda yapılan araştırmalar ve deneyimlenen araçlardan elde edilen kazanımlar sonucunda, mimarlık eğitiminde kullanılmak üzere öne çıkan yapay zekâ araçları bu başlık altında incelenmiştir. Yapay zeka araçlarından bazıları mimari tasarımın erken aşamalarından itibaren, özellikle fikir geliştirme, atmosfer yaratma, görsel anlatım ve hikâye kurma süreçlerinde, öğrencilere destek sağlayan araçlar olarak öne çıkmaktadır. Bazıları ise mimari tasarımın daha ileri aşamalarında, planlama, çevresel analiz, veri temelli karar alma, parametrik modelleme ve optimizasyon gibi süreçlerde devreye giren araçlardır.

#### 3.1. Midjourney

Midjourney, 2022'de beta sürümüyle kamuya sunulmuş, kar amacı gütmeyen bağımsız bir araştırma laboratuvarı olan Midjourney, Inc. tarafından geliştirilmiştir (Jaruga-Rozdolska, 2022). Kurucusu ve CEO'su David Holz ve ekibi, yapay zekâ temelli görsel üretim alanına sanatsal ve deneysel bir perspektifle yaklaşmayı amaçlamış ve Midjourney'i özellikle yaratıcı profesyonellerin görsel hikâye anlatımı yapabileceği bir araç olarak tasarlamıştır (Chiu, 2024). Midjourney, teknik olarak diffusion (yayımlı) modeli adı verilen bir üretken yapay zekâ tekniğini temel almaktadır. Bu model, gürültülü bir görüntüyü adım adım temizleyerek anlamlı ve detaylı görseller oluşturmaktadır (Jaruga-Rozdolska, 2022). Verilen prompt doğrultusunda yapay zeka aracının oluşturduğu görsel örneği Şekil 1'de verilmiştir.

Midjourney, diffusion tabanlı bir yapay zekâ modeli kullanarak metinden görsele dönüşüm sağlayan üretken bir araçtır (Midjourney, 2025) ve mimarlık eğitiminde özellikle tasarım sürecinin erken aşamalarında öğrencilerin yaratıcı düşünme becerilerini geliştirmek amacıyla kullanılabilir. Öğrenciler, soyut kavramları, mekânsal atmosferleri ya da kavram temelli temsilleri yazılı komutlarla tarif ederek, Midjourney üzerinden görseller elde edebilmekte; bu da onların tasarım sürecine daha güçlü ve özgün bir başlangıç yapmalarına olanak tanımaktadır. Bu yönüyle araç, 1. ve 2. sınıf seviyesinden itibaren tüm seviyelerde öğrenciler için çizim becerilerinden bağımsız bir kavramsal üretim ortamı sunar ve görsel düşünme yetisini destekler.



Şekil 1. Midjourney yapay zeka aracına verilen prompt<sup>1</sup> ile oluşturulan görsel (Midjourney, 2025b).

Midjourney'in mimarlık eğitimindeki en önemli katkılarından biri, fikir geliştirme sürecini hızlandırarak öğrencilerin projelerine dair kavramsal yaklaşımlarını daha erken aşamalarda görselleştirmelerine imkân

<sup>1</sup> Midjourney yapay zeka aracına verilen prompt: "An ultra-luxurious lounge on the top of an old train carriage, with a sunset visible through large windows and a beautiful rolling landscape in the Netherlands. The space features elegant train seats arranged in a spacious seating area in neutral colors. The curved ceiling resembles an archway, with golden details, and the floor is made of dark wood paneling"

tanımasıdır. Ayrıca, tasarım stüdyolarında kullanılan konsept paftası uygulamalarına destek sağlayarak, öğrenci ile eğitmen arasında tasarım tartışması kurulmasını kolaylaştırır. Montenegro (2024), Midjourney'in tasarım stüdyolarında öğrenci katılımını ve fikir çeşitliliğini artırdığını vurgularken; Lupton (2022), yapay zekâ ile üretilen görsellerin tasarımcı için bir tür yaratıcı "ayna" görevi gördüğünü ifade eder. Buna karşın, Midjourney gibi görsel üreten araçların ürettiği görsellerin stilistik olarak etkileyici olsa da, kompozisyonel tutarlılık ve mekânsal mantık açısından sınırlı olduğu belirtilmektedir (Lupton, 2022). Bu nedenle, öğrencilerin üretilen görselleri doğrudan tasarım çıktısı olarak değil, bir ön fikir ya da atmosfer önerisi olarak değerlendirmeleri ve eğitmen rehberliğinde eleştirel bir süzgeçten geçirmeleri gereklidir. Sistemin komutlarının yalnızca İngilizce olarak tanımlanmaktadır. Ancak bu sorun da yine yapay zeka destekli araçlarıyla bir problem olmaktan çıkmaktadır. Teknik olarak ise araç, Discord üzerinden çalıştığı için herhangi bir özel yazılım gerektirmez; temel düzeyde internet bağlantısı ve kullanıcı hesabı yeterlidir. Ücretsiz deneme sürümü sunulmakla birlikte, sürekli kullanım için ücretli abonelik gerekmektedir. Midjourney, mimarlık öğrencilerine fikirlerini hızla görselleştirme ve kavramsal tartışmaları zenginleştirme fırsatı sunarken, beraberinde getirdiği özgünlük tartışmaları ve denetim eksikliği nedeniyle dikkatli kullanılmalıdır.

### 3.2. Stable Diffusion

Stable Diffusion, 2022'de Stability AI tarafından açık kaynak olarak yayımlanmış olan ve metinden görsel üretim yapan latent diffusion temelli bir yapay zekâ modelidir (Rombach et al., 2022). Bu modelin geliştirilmesinde Stability AI dışında RunwayML, EleutherAI ve LAION gibi açık veri ve açık kaynak toplulukları da önemli rol oynamıştır (Taulli, 2023). Stable Diffusion'un temel amacı, yüksek kaliteli görselleri düşük donanım gereksinimiyle oluşturabilen bir sistem geliştirmek olmuştur. Bu hedef doğrultusunda, model hem bireysel geliştiricilerin hem de akademik kullanıcıların erişimine sunulmuştur (Kwon, 2024). Diffusion modelleri, yapay gürültüyle bozulan bir görüntüyü adım adım işleyerek anlamlı ve detaylı bir görsel dönüşüm prensibine dayanır. Bu yapısı sayesinde Midjourney ve DALL·E gibi tescilli modellere göre daha özelleştirilebilir ve geliştirilebilir bir ortam sunmaktadır (Jääskeläinen ve diğ., 2025). Birçok alternatif platform bu modelin çeşitli sürümlerini temel olarak arayüzler geliştirmiştir. Stable Diffusion 3.5 ile oluşturulmuş görsel örneği Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Stable Diffusion'da oluşturulmuş görsel (Stability, 2025).

Mimarlık eğitiminde Stable Diffusion'un yeri, özellikle kavramsal eskiz, atmosfer yaratımı ve fikir panoları üretiminde ortaya çıkmaktadır (Derevyanko ve Zalevska, 2023). Öğrenciler, belirli bir mekân türünü (örneğin "göl kenarında sürdürülebilir kütüphane") yazılı olarak tanımlayarak, kısa sürede çeşitli stilistik alternatifler oluşturabilirler. Görsel düşüncüyü somutlaştırması ve yaratıcı süreci desteklemesi nedeniyle 3.-4. sınıf öğrencilerinin tasarımına daha erken bağlanmasını kolaylaştırabilir. Ayrıca açık kaynak olması nedeniyle öğrencilerin hem görsel çıktıları hem de model parametrelerini inceleyerek teknolojiyi daha derinlemesine kavramalarına da imkân tanır (Fareed ve diğ., 2024). Ancak, her ne kadar model açık ve erişilebilir olsa da kullanım için grafik işlemci (GPU) gibi yüksek donanımlı sistemler gerekebilir. Ayrıca, üretilen sahnelerin estetik düzeyi genellikle tatmin edici olmakla birlikte, kompozisyonel mantık, ölçek ve mekânsal gerçeklik açısından değerlendirmeye ihtiyaç duyar. Bu nedenle, Stable Diffusion görselleri doğrudan tasarım çıktısı olarak değil, kavramsal ve atmosferik araştırma aracı olarak değerlendirilmeli; öğrenciler bu görselleri eleştirel bakış açısıyla yorumlamalıdır.

Stable Diffusion'un çoklu platform desteği sayesinde hem yerel kurulum hem de tarayıcı tabanlı erişim mümkündür. Kullanıcı arayüzü sağlayan uygulamalarda basit komutlarla çalışabilmekte, dil desteği ise ağırlıklı olarak İngilizce ile sınırlı kalmaktadır. Ancak gelişen açık kaynak eklentileri sayesinde çeviri desteği gibi yardımcı çözümler de mümkündür. Bu bağlamda, araç mimarlık eğitiminde açık kaynak yapısıyla hem içerik üretimi hem de teknoloji eğitimi açısından önemli bir araçtır.

### 3.3. DALL-E

DALL·E, OpenAI tarafından geliştirilen ve metinden görsel dönüşüm sağlayan üretken yapay zekâ modelidir. İlk versiyonu 2021 yılında tanıtılan DALL·E, 2023 yılı itibarıyla DALL·E 3 versiyonu ChatGPT ile entegre biçimde kullanıma sunulmuştur (Temsah et al., 2024). DALL·E modelleri, büyük ölçekli metin-görsel eşleşmeleri üzerinde eğitilmiş olan diffusion temelli üretken mimariler kullanmaktadır (DALL·E 3, 2025a). Bu yapı sayesinde, kullanıcının verdiği kısa ya da detaylı metin girdilerine uygun, özgün ve yüksek çözünürlüklü görseller üretebilmektedir.

DALL·E metindeki nesnelere, kavramları ve ilişkileri görsel kompozisyon hâlinde doğru biçimde bir araya getirmektedir. DALL·E 2'nin eğitiminde kullanılan CLIP (Contrastive Language-Image Pretraining) sistemi

(Zheng ve diğ., 2024), metin ve görselleri ortak bir uzamda, daha anlamlı olarak temsil etmeye başlamıştır. DALL·E 3 ise OpenAI'nin ChatGPT 4 dil modeliyle doğrudan entegre çalışarak, kullanıcının verdiği talimatları çok daha hassas şekilde yorumlayabilmekte ve görselleştirebilmektedir (OpenAI, 2023). DALL·E 3'e verilen prompt doğrultusunda oluşturulmuş görsel Şekil 3'de verilmiştir.

Mimarlık eğitiminde DALL·E'nin kullanım alanı, özellikle kavramsal tasarım sürecinde öğrencilerin hayal ettikleri mekânlara dair ilk fikirlerini görsel olarak dışa vurabilmeleri açısından önemlidir. Öğrenciler, karmaşık kavramları metin olarak tanımlayıp, görsel karşılıklarını kolayca üretebilirler. Bu durum, öğrencilerin kavramsal farkındalıklarını artırmakta ve tasarım sürecine motivasyonlarını güçlendirmektedir (Albaghajati ve diğ., 2023).



Şekil 3. DALL·E 3'e verilen prompt<sup>2</sup> doğrultusunda oluşturulan görsel (DALL·E 3, 2025b).

DALL·E, çizim becerisi gelişmemiş ya da tasarıma henüz yeni başlayan öğrenciler için, fikirlerini başkalarına aktarmada alternatif bir ifade aracı olarak da işlev görür. Özellikle 1. ve 2. sınıf seviyesinde, tasarım ve mimari tasarım derslerinde DALL·E görselleri, proje başında konsept paftası, görsel hikâye üretiminde sıklıkla kullanılabilir. DALL·E'nin sunduğu görseller her zaman mimari ölçü, ölçek ya da mekânsal mantık açısından tutarlılık göstermeyebilir. Öğrencilerin bu görselleri tasarımın bir parçası değil, tasarım sürecine ilham veren araçlar olarak değerlendirmeleri önemlidir. Ayrıca sistemin İngilizce komutlara göre daha verimli çalışmaktadır. Yine de kullanıcı arayüzü yalın olan bu araç, hem tarayıcı hem de entegre ChatGPT üzerinden erişilebilecek biçimde çalışmaktadır. Ücretsiz sürümler sınırlı sayıda kullanım hakkı sunar ve ileri düzey kullanımlar için ücretli API erişimi tercih edilebilir. Mimarlık eğitiminde özellikle fikir geliştirme, kavramsal çözümleme ve görsel ifade becerilerinin desteklenmesinde etkili yardımcı araçtır.

#### 3.4. ImageFX ve Gemini

Google, metinden görsele üreten yapay zekâ alanında ilk olarak 2022 yılında geliştirdiği diffusion tabanlı Imagen modeli ile başlamıştır (Saharia et al., 2022). Ancak Imagen, yalnızca araştırma amaçlı sınırlı erişime açık kalmış, halka açık bir platforma dönüşmemiştir. 2024 yılı itibarıyla Google, bu teknolojiyi daha erişilebilir ve kullanıcı dostu hale getirerek ImageFX ve Gemini olarak iki farklı uygulama aracılığıyla sunmaya başlamıştır (Google DeepMind, 2025). DALL·E 3 için tanımlanan prompt ImageFX'e girildiğinde yapay zeka aracı tarafından sağlanan görsel Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. ImageFX'e verilen prompt<sup>3</sup> doğrultusunda oluşturulan görsel (ImageFX, 2025).

ImageFX, Google'ın Imagen teknolojisi temel alınarak geliştirdiği, metinden görsele üretim yapabilen yapay zekâ platformudur (Combs and Bihl, 2025). Kullanıcıların yazılı komutlarla görsel üretmesine imkân tanıyan bu sistem, oluşturulan görseller üzerinde alternatif öneriler sunan bir yapıya sahiptir. Görsel çeşitliliği, estetik niteliği ve hızlı

<sup>2</sup> DALL·E 3'e verilen prompt: Illustration of a chic chair with a design reminiscent of a pumpkin's form, with deep orange cushioning, in a stylish loft setting.

<sup>3</sup> Image FX'e verilen prompt: Illustration of a chic chair with a design reminiscent of a pumpkin's form, with deep orange cushioning, in a stylish loft setting.

üretim kabiliyeti ile DALL·E ve Midjourney gibi benzer araçlarla karşılaştırılabilir düzeydedir (Combs and Bihl, 2025). ImageFX, 2024 yılı itibarıyla Google AI Test Kitchen üzerinden sınırlı erişimle kullanıcıya sunulmuştur. Gemini ise Google DeepMind tarafından geliştirilen çok modlu bir yapay zekâ modelidir ve metin, görsel, ses gibi çoklu veri türleriyle çalışabilmektedir (Google DeepMind, 2025). OpenAI'nin ChatGPT sistemine benzer mantıkta çalışan Gemini, metinsel açıklama ve senaryo üretimi gibi süreçlerde mimarlık öğrencilerine destek sunabilirken, Imagen 3 entegrasyonu sayesinde bu metinleri doğrudan görsel de dönüştürebilmektedir. Sonuç olarak, Imagen'in araştırma aşamasındaki teknik altyapısı, günümüzde ImageFX ve Gemini biçiminde yeniden yapılandırılmış ve kullanıcılara sunulmuştur. Mimarlık eğitiminde bu sistemler, özellikle kavramsal tasarım sürecinde görsel üretimi destekleyen araçlar olarak kullanılabilirler.

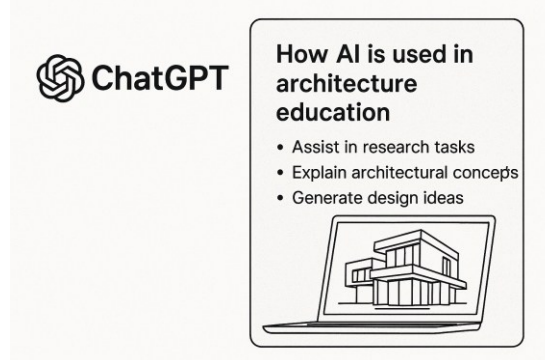
### 3.5. ChatGPT

ChatGPT, OpenAI tarafından geliştirilen büyük dil modeli (LLM) tabanlı bir yapay zekâ sistemidir. 2020 yılında ilk sürümü olan GPT-3 tanıtılmış, 2025 yılı itibarıyla GPT-4o mimarisi ile gelişmiş bir metin anlama, üretme ve bağlamsal ilişki kurma kapasitesine ulaşmıştır (OpenAI, 2025). ChatGPT'nin temelinde, çok büyük hacimli metin verileri üzerinde denetimli ve pekiştirmeli öğrenme teknikleriyle eğitilmiş transformer tabanlı bir yapay sinir ağı mimarisi yer almaktadır (OpenAI, 2025; Zhu and Luo, 2022). Model, kullanıcıdan gelen metin girdilerini anlamlandırarak bağlamsal olarak tutarlı ve mantıklı yanıtlar üretmektedir (ChatGPT, 2025; Nath et al., 2022).

Mimarlık eğitiminde ChatGPT, araştırma, açıklama, problem çözme ve kavramsal üretim alanlarında kullanılmaktadır. Öğrenciler, belirli bir kavram ya da tasarım problemi hakkında metinsel açıklamalar oluşturabilir (Çalışkan, 2023), literatür taraması yapabilir ya da proje raporlarını yapılandırabilirler (Softaoğlu, 2024b, Softaoğlu 2024c). Ayrıca ChatGPT, tasarım senaryoları geliştirme, proje konsepti yazma ya da kullanıcı profili oluşturma gibi yaratıcı yazılı üretim süreçlerinde de destekleyici rol oynayabilmektedir. ChatGPT'nin mimarlık eğitiminde kullanımını açıklayan görselin hazırlanması talebine yanıt olarak üretilen görsel Şekil 5'de verilmiştir.

Tüm seviyelerdeki mimarlık öğrencilerinin, tasarıma dair düşüncelerini ifade etmede zorlandığı erken dönemlerde, ChatGPT ile fikirlerini daha yapılandırılmış biçimde ifade edebilmeleri mümkündür. Bunun yanı sıra, terminoloji konusunda desteğe ihtiyaç duyan öğrenciler, kavramsal çerçeve oluşturma ya da kısa açıklamalar üretme gibi metinsel görevlerde ChatGPT'den yararlanabilirler. Ayrıca eğitmenler, tartışma soruları üretmek, proje tanımı yazmak ya da eleştirel düşünmeye dayalı etkinlikler tasarlamak amacıyla bu aracı etkin biçimde kullanabilirler (Onayato ve diğ., 2024).

ChatGPT'nin sınırlılıkları ise bazı durumlarda güncel bilgiye doğrudan erişememekte; eğitildiği veri seti tarihine kadar olan bilgilerle yanıt üretmektedir (Onayato ve diğ., 2024). Bu durum özellikle kaynak güvenilirliği ve içerik doğruluğu açısından denetim ihtiyacını artırmaktadır. Ayrıca modelin ikna edici ama zaman zaman hatalı ya da uydurma (hallucination) içerik üretme eğilimi, özellikle akademik bağlamda dikkatli kullanılmasını gerektirmektedir (del Campo ve Leach, 2022). Öğrencilerin eleştirel dijital okuryazarlık becerileri gelişmemişse, ChatGPT yanıtlarını doğru kabul etmeleri risk oluşturabilir.



Şekil 5. ChatGPT'nin mimarlık eğitiminde kullanımını açıklayan görselin hazırlanması talebine yanıt olarak üretilen görsel (ChatGPT, 2025).

Teknik olarak ChatGPT, herhangi bir özel yazılım gerektirmeksizin tarayıcı tabanlı ya da mobil uygulama üzerinden erişilebilir bir arayüz sunar. Kullanımı son derece kolay olan sistemin ücretsiz sürümü GPT-4o mini modeliyle çalışırken, GPT-4o plus erişimi abonelik modeli ile sağlanmaktadır (ChatGPT, 2025). Ayrıca çok dilli destek sunması, Türkçe başta olmak üzere farklı dil düzeyindeki kullanıcıların da sistemden faydalanmasına olanak tanımaktadır. ChatGPT mimarlık eğitiminde bilgiye erişimi kolaylaştıran, metinsel üretimi destekleyen ve öğrencilerin düşüncelerini yapılandırmalarına yardımcı olan güçlü bir araçtır. Ancak bilgi doğruluğu, akademik etik ve eleştirel değerlendirme bağlamında dikkatli ve bilinçli bir çerçevede kullanılmalıdır.

### 3.6. RunwayML

RunwayML, özellikle görsel ve video içerik üretimi alanında öne çıkmaktadır. 2018 yılında geliştirilmeye başlanan RunwayML, sanatçılar, tasarımcılar ve kreatif profesyoneller için teknik bilgiye sahip olmayan kullanıcıların da makine öğrenimi modellerini kullanabilmelerine olanak tanıyan bir platform (Tsai et al., 2018) olarak

tasarlanmıştır. Platform, metinden görsel ve metinden videoya üretim sağlayan Stable Diffusion, Gen-1 ve Gen-2 gibi çeşitli modelleri desteklemektedir (RunwayML, 2023). RunwayML, bulut tabanlı bir altyapı üzerinden çalışır ve kullanıcıların herhangi bir derin öğrenme altyapısı kurmasına gerek kalmadan hazır modelleri kullanmasına imkân tanır (RunwayML, 2023). Platformda kullanıcılar, metin girdileriyle video ya da görsel üretebilir, var olan görselleri dönüştürebilir, ya da stil aktarma gibi işlemleri gerçekleştirebilir. Kullanıcı arayüzü sadedir. Runway'de, mimari bir sürece ilişkin olarak yapay zekâ ile oluşturulan videodan alınmış bir görsel Şekil 6'da verilmiştir.



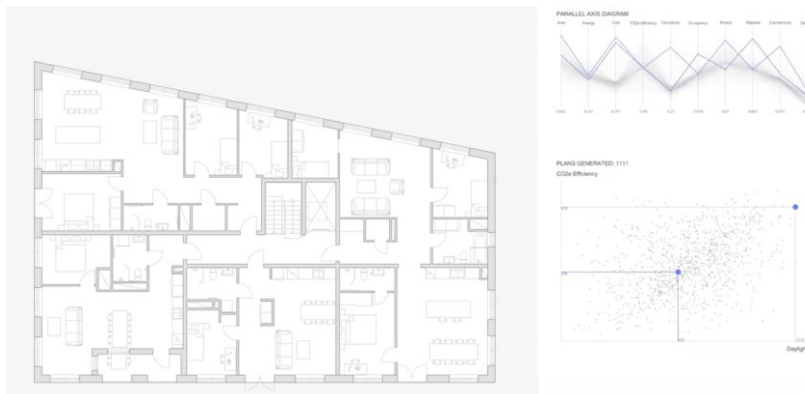
Şekil 6. Runway'de, mimari bir sürece ilişkin olarak yapay zekâ ile oluşturulan videodan alınmış bir görsel (RunwayML, 2025).

RunwayML mimarlık eğitiminde özellikle sunum ve anlatım süreçlerinde öne çıkmaktadır (Çelik, 2024). Öğrenciler, tasarımlarına dair hikâye anlatımı kurgularken ya da projelerinin kavramsal atmosferini ifade ederken, RunwayML ile metinden kısa video sahneleri oluşturabilirler. Bu, özellikle proje jürilerinde veya tasarım fikirlerinin sözlü sunumlarında etkili bir anlatım aracı olarak kullanılabilir (Montenegro, 2024), farklı tasarım atmosferlerini deneyimleyebilirler. RunwayML'nin eğitime entegrasyonundaki sınırlılıklar; platformun ileri düzey modelleri yüksek işlem gücü gerektirdiğinden, özellikle video üretimi sırasında internet bağlantısı ve sistem kaynakları önemlidir. Ayrıca, video üretiminin kontrol düzeyi sınırlı olabilmekte; detaylı senaryo, mekânsal kurgu veya mimari tutarlılık açısından bazı eksiklikler görülebilmektedir.

Kullanım açısından RunwayML, hem ücretsiz hem de abonelik tabanlı sürümler sunar. Görsel üretim için sınırlı sayıda kredi ile erişim sağlanabilirken, ileri seviye video üretimi için ücretli planlara geçiş gerekebilir. İngilizce komutlarla çalışmaktadır. Buna rağmen, platformun video temelli anlatımı kolaylaştırması ve sunum kalitesini artırması, mimarlık öğrencilerinin kendilerini daha etkili biçimde ifade etmelerine katkı sağlamaktadır. RunwayML, mimarlık eğitiminde sunum odaklı iletişim becerilerini geliştiren, kavramsal anlatımı görsel-işitsel araçlarla zenginleştiren ve özellikle tasarım fikirlerinin aktarımında yenilikçi imkânlar sunan bir yapay zekâ platformu olarak değerlendirilebilir.

### 3.7. Finch3D

Finch3D, mimari yerleşim kararlarını hızlı ve algoritmik biçimde üretebilen, veri odaklı bir tasarım destek aracıdır (Fiamma et al., 2024). 2021 yılında geliştirilmiş olan platform, özellikle erken aşama planlama süreçlerine yönelik olarak tasarlanmış olup, mimarların temel mekânsal kararları çok sayıda parametreye göre eşzamanlı olarak değerlendirebilmesine olanak tanımaktadır (Weber, 2022). Finch3D'nin çalışma prensibi, kullanıcı tarafından belirlenen ihtiyaç programına, arsa geometrisine ve bağlamsal girdilere göre farklı yerleşim senaryoları üreterek, tasarım sürecini hızlandırmak ve optimize etmek üzerine kuruludur (Finch3D, 2025). Daya iyi binalar için üretken yapay zeka aracı olarak tanımlanan Finch 3D ile plan düzleminde oluşturulan kurgusal görsel Şekil 7'de verilmiştir. Teknik olarak Finch3D, bulut tabanlı bir yazılım olup, web tarayıcısı üzerinden çalışmaktadır. Yapay zekâ modeli doğrudan görüntü üretimine dayalı değil, kural tabanlı sistemler ile desteklenen yerleşim algoritmaları kullanılmaktadır (Finch3D, 2025). Sistem; alan, yükseklik, yönlenme, gün ışığı gibi parametrelerini bir arada ele alarak, kullanıcıya farklı tasarım seçenekleri sunar. Kullanıcılar bu öneriler üzerinden düzenleme yaparak, hem zamandan tasarruf edebilir hem de tasarım kararlarını veriyle destekleyebilirler.



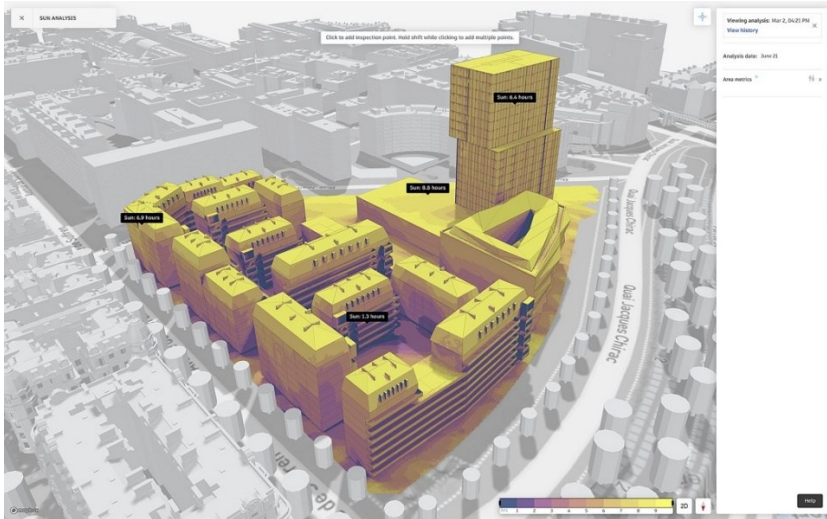
Şekil 7. Üretken yapay zeka aracı Finch 3D ile plan düzleminde oluşturulan kurgusal görsel (Finch 3D, 2025).

Mimarlık eğitiminde Finch3D, özellikle fonksiyonel yerleşim, plan kurgusu ve alan organizasyonu gibi konularda öğrencilere hızlı bir kavramsal başlangıç zemini sunmaktadır. 2. ve 3. sınıf düzeyindeki öğrenciler, mezun ve lisansüstü öğrencileri tasarım problemlerine daha sistematik olarak yaklaşmayı öğrenirken, bu tür algoritmik araçlar sayesinde çok sayıda alternatif arasında karşılaştırma yapma becerisi de kazanırlar. Finch3D aynı zamanda tasarıma veriyle yaklaşmayı öğretirken, öğrencilerin karar alma süreçlerinde performans kriterlerini dikkate almalarını teşvik etmektedir (Cao ve diğ., 2024). Ancak Finch3D daha çok plan düzlemi üzerinden çalışmakta ve üç boyutlu tasarım detayları konusunda sınırlı kalmaktadır. Ayrıca, sistemin sunduğu öneriler genellikle standart yerleşim şablonları üzerinden üretildiği için, yaratıcı ya da sıra dışı çözümler üretmek isteyen kullanıcılar açısından kısıtlayıcı olabilir. Bu nedenle Finch3D'nin eğitim bağlamında kullanımında mekânsal verimlilik ve çözüm çeşitliliği üzerine odaklanılmalıdır.

Kullanım açısından Finch3D tarayıcı tabanlı yapısı ile kolay erişilebilir ve yazılım kurulumu gerektirmez. Temel sürüm kullanıcıya ücretsiz olarak sunulmakta; ileri seviye kullanım için ise lisans gerekmektedir. Revit, Rhino, Grasshopper gibi yazılımlarla entegre çalışabilmektedir. Dil desteği günümüzde yalnızca İngilizce ile sınırlıdır. Finch3D, mimarlık eğitiminde özellikle programatik düşünceyi, fonksiyonel planlamayı ve veri destekli karar alma yetilerini geliştirmeyi hedefleyen bir araç olarak değerlendirilebilir.

### 3.8. Autodesk Forma

Autodesk Forma, özellikle kentsel ölçekte erken tasarım kararlarını desteklemek amacıyla geliştirilmiş, bulut tabanlı bir yapay zekâ destekli analiz ve planlama platformudur (Autodesk Forma, 2025a). 2023 yılında Autodesk tarafından tanıtılan Forma, eski adıyla Spacemaker AI olarak bilinen Norveç merkezli platformun satın alınarak yeniden markalaştırılmasıyla hayata geçirilmiştir (Schlickman ve Magana-Leon, 2024). Sistem, arazi kullanımı, gün ışığı, rüzgâr yönü, ses etkisi ve yapı yoğunluğu gibi çevresel ve yapısal parametreleri bir arada değerlendirerek, tasarım kararlarını hızlıca analiz edebilen çok yönlü bir altyapı sunmaktadır. (Autodesk Forma, 2025a). Autocad Forma'da oluşturulmuş güneş saati analizi görseli Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Autocad Forma'da oluşturulmuş güneş saati analizi görseli (Autodesk, 2025b).

Forma, bulut tabanlı simülasyon motorları ve çevresel analiz araçları ile donatılmıştır. Kullanıcılar, platforma arsa geometrisini, yapı yüksekliği, fonksiyon programı gibi verileri girerek farklı senaryolar arasında karşılaştırmalı analizler gerçekleştirebilir. Yapay zekâ desteği, önerilen yapılaşma biçimlerini optimize etmek, tasarımın çevresel etkilerini azaltmak ve daha sürdürülebilir yerleşim kararları almak adına kullanılmaktadır. Ayrıca Revit gibi BIM araçlarıyla entegrasyonu sayesinde, tasarım süreci içinde ileri aşamalara kolayca aktarım yapılabilir platformudur (Autodesk Forma, 2025a).

Mimarlık eğitiminde Forma, özellikle sürdürülebilirlik ve veri okuryazarlığı gibi konuların işlenmesinde etkili bir araçtır. Öğrenciler, tasarım kararlarının yalnızca estetik değil, aynı zamanda fiziksel çevreyle olan ilişkisini analiz etme fırsatı bulurlar. Örneğin, bir yapı bloğunun yönlenmesine göre gün ışığı alma süresi, rüzgâr etkisine açıklığı veya çevresindeki gürültü düzeyi gibi etkenler simülasyon yoluyla değerlendirilebilir. Bu tür analizler, öğrencilerin karar verme süreçlerine rasyonel veri katmasını sağlar (Stojanovski ve diğ., 2021).

Forma, gerçek dünya verilerini tasarıma entegre ederek, öğrencilerin tasarıma yalnızca kâğıt üzerinde değil, performansa dayalı biçimde yaklaşmalarını sağlamasıdır. 3. ve 4. sınıf düzeyindeki öğrenciler, mezun ve lisansüstü düzeyinde öğrenciler bu aracı kullanarak çevresel analiz temelli çözümler geliştirebilirler. Ancak Forma'da sistem yüksek miktarda veri talep ettiğinden, basit ölçekli veya soyut kavramlara dayalı projeler için fazla teknik olabilir. Ayrıca, eğitim sürecinin başındaki öğrenciler için arayüz karmaşık gelebilir ve analizlerin yorumlanması rehberlik gerektirebilir. Platform şu an için yalnızca İngilizce çalışmaktadır ve ticari kullanım lisansı ücretlidir; ancak eğitim kurumlarına yönelik ücretsiz sürümler sunulmaktadır. Autodesk Forma, mimarlık eğitiminde özellikle çevresel tasarım, sürdürülebilirlik ve veri temelli karar alma konularını güçlendiren, gerçek dünya ile entegre çalışma olanağı sunan bir araçtır.

#### 4. Yapay Zeka Araçlarının Karşılaştırılması

Ayrıntılı biçimde tanıtilan yapay zekâ araçları, mimarlık eğitiminde hem yaratıcı sürecin desteklenmesinde hem de teknik kararların temellendirilmesinde kullanılabilecek geniş bir potansiyel yelpazesine sahiptir. Bu çalışmada, seçilen araçlar teknik özellikleri, eğitimsel katkıları ve kullanım koşulları bakımından çok boyutlu bir analizle değerlendirilmiştir. Araçların mimarlık eğitimine entegrasyon potansiyelini bütüncül biçimde analiz etmek amacıyla; yapay zekâ modeli, veri girişi tipi, teknik gereksinim, entegrasyon imkânı, dil desteği, eğitim potansiyeli, kategori, hedef öğrenci seviyesi, uygulama senaryosu, öğrenme eğrisi, kullanım alanı, sınırlılıkları ve lisans/ücret durumu ölçütlerinde değerlendirmelere Tablo 1’de yer verilmiştir.

**Tablo 1.** Mimarlık eğitiminde kullanılabilecek yapay zeka araçlarının farklı ölçütlerde karşılaştırılması.

	Özellik	Midjourney	Stable Diffusion	DALL·E	ImageFX	Gemini	ChatGPT	RunwayML	Finch3D	Autodesk Forma
Teknik özellikler	<b>Yapay Zekâ Modeli</b>	Diffusion model (V5+)	Latent Diffusion Model (LDM)	OpenAI DALL·E 3	Google Imagen tabanlı diffusion model	Google Gemini (çok modlu LLM)	OpenAI GPT-4	Stable Diffusion / Gen-2	Kural tabanlı + YZ öneri motoru	Veri tabanlı analiz (AI destekli)
	<b>Veri Girişi Tipi</b>	Metin + görsel	Metin	Metin	Metin	Metin + görsel + diğer	Metin + görsel	Metin + görsel	Plan parametrel eri	Mekânsal veri
	<b>Teknik Gereksinim</b>	Web erişimi, basit arayüz	Yerel GPU kurulumu / Web arayüz	OpenAI erişimi gerekli	Web erişimi (AI Test Kitchen)	Tarayıcı tabanlı, Google hesabı gerekli	Metin arayüzü, tarayıcı yeterli	Yüksek donanım / online servis	Tarayıcı üzerinden erişilebilir	Tarayıcı ve veri girişi gerekli
	<b>Entegrasyon İmkânı</b>	Yok	HuggingFace / Web arayüzleri	Yok	Gemini ile bütünleşik çalışır	ImageFX ile entegre çalışır	Her platformda kullanılabilir	Adobe / Web	Tarayıcı tabanlı	Revit / BIM entegrasyonu
	<b>Dil Desteği</b>	İngilizce (sınırlı çok dillilik desteği)	İngilizce	İngilizce / Türkçe sınırlı	İngilizce (gelişmekte olan çok dilli destek)	İngilizce + bazı dillerde destek	Çok dilli (Türkçe dahil)	İngilizce	İngilizce / bazı tarayıcılar çevirebilir	İngilizce
Eğitimsel katkı	<b>Eğitim potansiyeli</b>	Yaratıcılığı tetikler, ilham verir	Yaratıcı görsel üretim pratiğini destekler	Görsel hazırlama yetisi zayıf öğrencilere destek	Görsel çeşitlilik ve hızlı kavramsal üretim sağlar	Metinsel açıklama, senaryo ve fikir geliştirme sürecine destek	Araştırma ve açıklama süreçlerini hızlandırır	Sunum materyali üretimini kolaylaştırır	Plan kararlarını algoritmikleştirir	Analitik düşünme ve veri okuryazarlığı kazandırır
	<b>Kategori</b>	Kavramsal + görsel üretim	Kavramsal + görsel üretim	Kavramsal + görsel üretim	Kavramsal + görsel üretim	Metinsel üretim / senaryo / araştırma	Metinsel üretim / senaryo / araştırma	Sunum + video+ görsel üretim	Teknik çizim + mekânsal alternatif	Çevre analizi + mekânsal alternatif
	<b>Hedef Öğrenci Seviyesi</b>	Tüm seviyeler	3. – 4. sınıf	1.-2. sınıf	1.-3. sınıf	Tüm seviyeler	Tüm seviyeler	3.-4. Sınıf	2.-4. Sınıf + mezun + lisansüstü	3.-4. Sınıf + mezun + lisansüstü
	<b>Uygulama Senaryosu</b>	Konsept üretimi	Konsept üretimi	Tasarım deresinde yaratıcı sahne üretimi	Kavram görselleştirme, alternatif tasarım önerileri oluşturma	Proje metinleri, tasarım hikâyeleri, araştırma soruları üretimi	Proje tanıtımı, açıklama metinleri ve araştırma yazımı	Sunumlarda video/animasyon oluşturma	Fonksiyon dağılımı ve yerleşim varyantları üretme	Tasarım dersinde fiziksel çevre (rüzgar/gün ışığı vb.) analizi
	<b>Öğrenme Eğrisi</b>	Düşük	Orta	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Orta	Orta	Orta
Kullanım koşulları	<b>Kullanım Alanı</b>	Görsel konsept geliştirme	Yaratıcı konsept eskizleri	İllüstratif taslak üretimi	Metinden görsel üretim	Metin üretimi, açıklama, senaryo	Proje tanıtımı, senaryo yazımı	Görsel üretim ve video oluşturma	Plan optimizasyonu	Kentsel veri analizi (rüzgar, güneş vb.)
	<b>Sınırlılıkları</b>	Kontrolsüz üretim, özgünlük problemi	Yüksek GPU ihtiyacı, stil eğitimi gerekebilir	Stil tutarsızlığı, sınırlı kompozisyon kontrolü	Erişim sınırlı (Test Kitchen) ve stil kontrolü sınırlı	Genel kullanımda bilgi sınırları ve veri doğruluğu sınırlı	Bilgi doğruluğu sınırlı olabilir	Yüksek işlem gücü gerektirir	Çıktıların esnekliği düşük olabilir	Ticari lisans ve veri sınırları
	<b>Lisans / Ücret Durumu</b>	Ücretli (deneme var)	Açık kaynak (yerel kurulum / web)	Ücretsiz / OpenAI API	Ücretsiz (şu anda sınırlı erişim)	Ücretsiz (Gemini 1.5 Pro)	Ücretsiz (sınırlı)	Ücretli	Ücretsiz	Ücretli

Yapılan karşılaştırmalar sonucunda şu bulgular elde edilmiştir:

- Yapay Zeka Modeli: Kavramsal araçlar çoğunlukla diffusion tabanlı modeller (Midjourney, DALL·E, ImageFX, Stable Diffusion) kullanırken; metinsel destek sunan araçlar LLM (GPT-4, Gemini gibi) üzerine kuruludur. Teknik araçlar ise daha çok kural temelli veya veri analizi temelli sistemlerdir (Finch3D, Forma). Bu farklılık, araçların çıktılarının niteliğini ve kullanılabilirliği tasarımı aşamalarını belirler.
- Veri Girişi: Diffusion tabanlı araçlar genellikle metin girdisiyle çalışır, bazıları görsel ya da parametrik veriyle desteklenebilir. Analitik araçlar ise genellikle mekânsal veri ya da plan parametreleri ile işlem yapar. Bu, kullanıcıdan beklenen teknik donanım seviyesini doğrudan etkiler.
- Teknik Gereksinim: ChatGPT, Gemini gibi metin tabanlı araçlar düşük teknik gereksinime sahipken; Stable Diffusion veya RunwayML gibi araçlar yüksek GPU veya gelişmiş işlem gücü ister. Analitik araçlar (Forma, Finch3D) ise genellikle internet tarayıcısından erişilse de veri girişi, hesaplama ve entegrasyon için daha fazla teknik yeterlilik gerektirir.
- Entegrasyon imkanı: Metin ve görsel üretim araçları (örneğin Midjourney, DALL·E) bağımsız çalışırken; ChatGPT gibi LLM'ler çok sayıda platformla kolayca entegre olabilir. Autodesk Forma ve Hypar gibi araçlar ise BIM sistemlerine entegrasyon açısından öne çıkar. Bu, kurumsal ya da ileri seviye projelerle uyumluluğu artırır.
- Dil desteği: ChatGPT ve Gemini, Türkçe dahil olmak üzere çok sayıda dili desteklemeleriyle erişilebilirliği artırırken; diğer araçlar çoğunlukla yalnızca İngilizce desteklidir. Türkçe komutlarla üretim imkânı, özellikle lisans düzeyinde öğrenim gören öğrenciler için kritik önem taşır.
- Eğitim potansiyeli: Diffusion modelleri öğrencilerin yaratıcı görsel üretimini desteklerken; metinsel modeller bilgiye erişim, açıklama üretimi, senaryo yazımı gibi kavramsal yönleri güçlendirir. Teknik analiz araçları ise karar verme, çevresel veriyi okuma ve optimizasyon yapma becerilerini geliştirir.
- Kategori olarak araçlar kavramsal ve görsel üretim, metinsel üretim, analitik/teknik üretim olarak 3 gruba ayrılabilir. Bu sınıflandırma, öğrencinin hangi aşamada hangi araca başvurabileceğini açıkça tanımlar.
- Hedef öğrenci seviyesi: Kavramsal araçlar erken sınıflarda (1.-2. sınıf) daha rahat kullanılırken; teknik analiz araçları daha çok ileri düzey öğrenciler (3.-4. sınıf, mezuniyet, lisansüstü) için uygundur. Metinsel üretim araçları ise tüm seviyelerde kullanılabilir, çünkü hem kavramsal hem açıklayıcı metinlerde destek sağlar.
- Uygulama senaryosu: Araçların mimarlık eğitimi içindeki doğrudan uygulama alanları belirtilmiştir. Bu senaryolar, her bir aracın tasarım sürecinin hangi aşamasına entegre edilebileceğini belirler.
- Öğrenme eğrisi, metin tabanlı ve diffusion araçları düşük öğrenme eğrisine sahipken; parametrik ve analitik araçlar (Forma, Finch3D) daha karmaşık yapıda olup rehberlik gerektirir. Bu ölçüt, araçların hangi öğrenciyi ne kadar sürede adapte olabileceğini tahmin etmek için önemlidir.
- Kullanım alanı: Kavramsal araçlar çoğunlukla görsel üretim, atmosfer oluşturma, konsept paftası üretimi gibi alanlarda öne çıkar. Teknik araçlar plan optimizasyonu, çevre analizi, işlevsel yerleşim önerileri gibi daha rasyonel süreçlere hizmet eder.
- Her aracın sınırlılıkları eğitimsel bağlamda kritiktir. Bu noktalarda, öğretmenlerin rehberlik rolü oldukça önemlidir.
- Araçlara erişim biçimi, öğrencilerin aracı ne ölçüde kullanabileceğini doğrudan etkilemektedir.

## 5. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, mimarlık eğitiminde kullanılabilecek yapay zekâ (YZ) araçları teknik özellikleri, pedagojik katkıları ve kullanım koşulları açısından sistematik biçimde incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Araştırmanın temel sorusu olan “YZ araçları mimarlık eğitiminde farklı tasarım aşamalarında nasıl ve ne ölçüde katkı sunmaktadır?” sorusu doğrultusunda elde edilen bulgular, araçların sahip olduğu teknik altyapı, erişim kolaylığı, kullanım bağlamı ve pedagojik potansiyelin belirleyici unsurlar olduğunu ortaya koymuştur. Çalışma boyunca geliştirilen hipotez “YZ araçlarının mimarlık eğitimine çok boyutlu katkı sunduğu ve bu katkının araç türüne, kullanım düzeyine ve öğrenci seviyesine göre farklılaştığı” büyük ölçüde desteklenmiştir.

Bulgular, özellikle kavramsal/görsel üretim araçlarının (Midjourney, DALL·E, ImageFX gibi) öğrencilerin soyut düşünme ve fikir üretme becerilerini geliştirmede etkili olduğunu; bu araçların düşük öğrenme eğrisi sayesinde özellikle erken sınıf öğrencileri tarafından kolaylıkla kullanılabildiğini göstermektedir. Benzer şekilde, ChatGPT ve Gemini gibi çok modlu metin tabanlı modellerin mimari anlatım, proje açıklama metni ve senaryo üretimi gibi alanlarda öğrencilere destek sunduğu gözlemlenmiştir. Bu bulgular, Zeytin et al. (2024) ve Lupton (2022) gibi güncel literatür ile tutarlıdır. Teknik analiz ve performans odaklı araçlar (Finch3D, Autodesk Forma gibi) daha yüksek öğrenme eğrisi ve teknik ön bilgi gerektirmektedir. Bu durum, özellikle lisansüstü veya mezuniyet düzeyindeki öğrenciler için ileri düzey veri temelli analiz yetkinliklerinin geliştirilmesine olanak sunarken, erken dönem öğrenciler için kullanımda sınırlılık yaratabilir.

Çalışmanın sınırlılıkları arasında, araçların doğrudan kullanıcı deneyimleri yerine literatür, dijital kaynaklar ve çevrimiçi uygulama senaryoları üzerinden değerlendirilmiş olması yer almaktadır. Öğrenci temelli uygulamalı araştırmaların yapılmaması, araçların mimarlık eğitimindeki etkisini doğrudan gözlemlenebilirliği kısıtlamıştır.

Sonuç olarak bu çalışma, mimarlık eğitiminde YZ araçlarının kullanımı konusunda sistematik bir çerçeve sunmuş; araçları yalnızca teknik değil, aynı zamanda eğitim ve erişilebilirlik temelli ölçütlerle değerlendirmiştir. Araçların mimari tasarım sürecine entegrasyonu, öğrencilerin yaratıcı üretim, analitik değerlendirme ve anlatı becerilerini

bütünsel olarak geliştirme potansiyeli taşımaktadır. Ancak bu potansiyelin etkin biçimde ortaya çıkarılabilmesi için, araçların kullanımının pedagojik hedeflerle uyumlu şekilde yapılandırılması önemlidir.

Gelecekte yapılacak çalışmaların, bu çerçeveyi uygulamalı atölye senaryoları ile desteklemesi; nitel ve nicel veri toplama yöntemleriyle öğrenci deneyimlerini, öğrenme çıktıları üzerindeki etkilerini ve uzun vadeli kazanımları değerlendirmesi önerilmektedir. Böylelikle yapay zekâ destekli mimarlık eğitimi, yalnızca bir teknolojik adaptasyon süreci değil, aynı zamanda eğitimsel bir dönüşüm aracı hâline gelebilecektir.

### Teşekkür

Bu araştırma, kamu, ticari veya kar amacı gütmeyen sektörlerdeki fon sağlayıcı kurumlardan herhangi bir özel hibe almamıştır.

### Çıkar Çatışması

Yazar, herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

### 6. Kaynakça

- Albaghajati, Z. M., Bettaieb, D. M., & Malek, R. B. (2023). Exploring text-to-image application in architectural design: Insights and implications. *Architecture, Structures and Construction*, 3(4), 475-497. <https://doi.org/10.1007/s44150-023-00103-x>
- Almaz, A. F., El-Agouz, E. A., Abdelfatah, M. T., & Mohamed, I. R. (2024). The Future Role of Artificial Intelligence (AI) Design's Integration into Architectural and Interior Design Education is to Improve Efficiency, Sustainability, and Creativity. *Civil Engineering and Architecture*, 3(12), 1749-72. <https://doi.org/10.13189/cea.2024.120336>
- Amen, Mustafa Aziz. 2024. "AI-Driven Sustainable Habitat Design: Key Policy Frameworks and Ethical Safeguards." *Smart Design Policies* 1(1):23–32. [doi:10.38027/SMART-V1N1-4](https://doi.org/10.38027/SMART-V1N1-4)
- Autodesk Forma, (2025a). Yapay zeka destekli platform. Erişim tarihi: 10.04.2025 <https://www.autodesk.com/tr/products/forma/overview>
- Autodesk Forma, (2025b). Güneş saatleri analizi görseli. Erişim tarihi: 10.04.2025
- Braumann, J., & Cokcan, S. B. (2012). Digital and physical tools for industrial robots in architecture: robotic interaction and interfaces. *International Journal of Architectural Computing*, 10(4), 541-554. <https://doi.org/10.1260/1478-0771.10.4.541>
- Burry, M. (2013). *Scripting cultures: Architectural design and programming*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118670538.ch1>
- Cao, Y., Gao, X., Yin, H., Yu, K., & Zhou, D. (2024). Reimagining Tradition: A Comparative Study of Artificial Intelligence and Virtual Reality in Sustainable Architecture Education. *Sustainability*, 16(24), 11135. <https://doi.org/10.3390/su162411135>
- Chaillou, S. (2020). *Archigan: Artificial intelligence x architecture*. In *Architectural intelligence: Selected papers from the 1st international conference on computational design and robotic fabrication (CDRF 2019)* (pp. 117-127). Singapore: Springer Nature Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-6568-7\\_8](https://doi.org/10.1007/978-981-15-6568-7_8)
- ChatGPT, (2025). Yapay zeka aracı GPT-4o pro model, Erişim tarihi: 09.04.2025. <https://chatgpt.com/>
- Chiu, T. K. (2024). The impact of Generative AI (GenAI) on practices, policies and research direction in education: A case of ChatGPT and Midjourney. *Interactive Learning Environments*, 32(10), 6187-6203. <https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2253861>
- Combs, K., & Bihl, T. (2025). The Visual Analogs of Linguistic Concepts and Their Implications on Generative AI. <https://doi.org/10.24251/hicss.2025.085>
- Çalışkan, E. B. (2023). Interview with chat GPT 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, T. (2024). AI-Driven Production in Modular Architecture: An Examination of Design Processes and Methods. *Computer and Decision Making: An International Journal*, 1, 320-339. <https://doi.org/10.59543/comdem.v1i.10825>
- DALL·E 3 (2025b), Kullanıcılar tarafından prompt ile oluşturulan görsel, Erişim tarihi: 09.04.2025 <https://labs.google/fx/tr/tools/image-fx>
- DALL·E 3, (2025a), Üretken yapay zeka aracı, Erişim tarihi: 10.04.2025 <https://openai.com/index/dall-e-3/>
- del Campo, M., & Leach, N. (2022). *Machine hallucinations: architecture and artificial intelligence*. John Wiley & Sons.
- Derevyanko, N., & Zalevska, O. (2023). Comparative analysis of neural networks Midjourney, Stable Diffusion, and DALL-E and ways of their implementation in the educational process of students of design specialities. *Scientific Bulletin of Mukachevo State University. Series "Pedagogy and Psychology"*, 9(3), 36-44. <https://doi.org/10.52534/msu-pp3.2023.36>
- Fareed, M. W., Bou Nassif, A., & Nofal, E. (2024). Exploring the potentials of artificial intelligence image generators for educating the history of architecture. *Heritage*, 7(3), 1727-1753. <https://doi.org/10.3390/heritage7030081>
- Fiamma, P., Biagi, S., & Trento, A. (2024, June). Beyond Generative AI to Reduce the Gap Between Architecture and Its Techniques. In *International Conference of Ar. Tec.(Scientific Society of Architectural Engineering)* (pp. 353-366). Cham: Springer Nature Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-71867-0\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-031-71867-0_24)

- Finch3D. (2025). *Smart Spatial Planning with AI-Driven Design Tools*. <https://www.finch3d.com>
- Google DeepMind, (2025). ImageFX ve Gemini yapay zeka araçları, Erişim tarihi: 09.04.2025  
<https://deepmind.google/technologies/imagen-3/>  
<https://www.autodesk.com/tr/products/forma/environmental-impact-analysis>
- ImageFX, (2025). Prompt doğrultusunda görsel üretimi, Erişim tarihi: 09.04.2025,  
<https://labs.google/fx/tr/tools/image-fx>
- Jääskeläinen, P., Sharma, N. K., Pallett, H., & Åsberg, C. (2025). Intersectional analysis of visual generative AI: the case of stable diffusion. *AI & SOCIETY*, 1-22. <https://doi.org/10.1007/s00146-025-02207-y>
- 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. <https://doi.org/10.37190/arc220310>
- Jin, S., Tu, H., Li, J., Fang, Y., Qu, Z., Xu, F., ... & Lin, Y. (2024). Enhancing architectural education through artificial intelligence: a case study of an AI-assisted architectural programming and design course. *Buildings*, 14(6), 1613. <https://doi.org/10.3390/buildings14061613>
- Kwon, D. H. (2024). Analysis of prompt elements and use cases in image-generating AI: Focusing on Midjourney, Stable Diffusion, Firefly, DALL·E. *Journal of Digital Contents Society*, 25(2), 341-354. <https://doi.org/10.9728/dcs.2024.25.2.341>
- Li, Y., Chen, H., Yu, P., & Yang, L. (2025). A review of artificial intelligence in enhancing architectural design efficiency. *Applied Sciences*, 15(3), 1476. <https://doi.org/10.3390/app15031476>
- Lupton, E. (2022). *Design is storytelling*. Cooper Hewitt, Smithsonian Design Museum. <https://repository.museumsiam.org/handle/6622252777/737>
- Megahed, N., & Hassan, A. (2022). A blended learning strategy: reimagining the post-Covid-19 architectural education. *Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research*, 16(1), 184-202. <https://doi.org/10.1108/arch-04-2021-0081>
- Midjourney (2025a), Üretken yapay zeka aracı, Erişim tarihi: 10.04.2025. <https://www.midjourney.com/home>
- Midjourney, (2025b), Kullanıcılar tarafından prompt ile oluşturulan görsel, Erişim tarihi: 10.04.2025. <https://www.midjourney.com/jobs/38298f90-00c4-4b84-878a-bc0800e6e73e?index=0>
- Montenegro, N. (2024). Integrative analysis of Text-to-Image AI systems in architectural design education: pedagogical innovations and creative design implications. *Journal of Architecture and Urbanism*, 48(2), 109-124. <https://doi.org/10.3846/jau.2024.20870>
- Nafa, H., & Husain, H. R. (2021). Modelling Macro Scale Spatial Analysis: Location Intelligence Application. *Civil Engineering and Architecture*, 2556-2569. doi:DOI: 10.13189/cea.2021.090738
- Nath, S., Marie, A., Ellershaw, S., Korot, E., & Keane, P. A. (2022). New meaning for NLP: the trials and tribulations of natural language processing with GPT-3 in ophthalmology. *British Journal of Ophthalmology*, 106(7), 889-892. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2022-321141>
- Onatayo, D., Onososen, A., Oyediran, A. O., Oyediran, H., Arowoija, V., & Onatayo, E. (2024). Generative AI applications in architecture, engineering, and construction: Trends, implications for practice, education & imperatives for upskilling—a review. *Architecture*, 4(4), 877-902. <https://doi.org/10.3390/architecture4040046>
- OpenAI (2025), GPT-4o mimarisi, Erişim tarihi: 09.04.2025. <https://openai.com/>
- OpenAI. (2023). DALL·E 3 System Card. Erişim tarihi: 10.04.2025. <https://openai.com/dall-e-3>
- Oxman, R. (2017). Thinking difference: Theories and models of parametric design thinking. *Design studies*, 52, 4-39. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2017.06.001>
- Rombach, R., Blattmann, A., Lorenz, D., Esser, P., & Ommer, B. (2022). High-resolution image synthesis with latent diffusion models. In *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 10684-10695). <https://doi.org/10.1109/cvpr52688.2022.01042>
- RunwayML, (2025), Yapay zeka ile video üretimi, Erişim tarihi: 10.04.2025. <https://runwayml.com/>
- RunwayML. (2023). *Introducing Gen-2: The Next Step in AI Video Generation*. Erişim tarihi: 09.04.2025. <https://research.runwayml.com/gen2>
- Saharia, C., Chan, W., Saxena, S., Li, L., Whang, J., Denton, E. L., ... & Norouzi, M. (2022). Photorealistic text-to-image diffusion models with deep language understanding. *Advances in neural information processing systems*, 35, 36479-36494. <https://doi.org/10.18653/v1/2020.emnlp-main.83>
- Salama, A. M. (2016). *Spatial design education: New directions for pedagogy in architecture and beyond*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315610276>
- Schlickman, E., & Magana-Leon, A. (2024). Employing generative technology in urban design: an aid or a threat. *J Digit Landsc Arch*, 772-779. <https://doi.org/10.15302/j-laf-1-050059>
- Softaoğlu, H. (2024a). The impact of artificial intelligence on architectural representation, with a focus on cultural and semantic aspects. *New Design Ideas*, 8(Special Issue), 59-75 <https://doi.org/10.62476/ndisi.59>
- Softaoğlu, H. (2024b). *Exploring the concept of infinity in architectural and urban design through Kiesler, Archigram, and AI innovations*. In H. R. Husain (Ed.), *AI-driven architecture: Pioneering the digital frontier* (Chapter 4). <https://doi.org/10.38027/AI-Driven-4>
- Softaoğlu, H. (2024c). Revitalising Architectural Design Through Ai: Integrating Historical Insights and Theoretical Frameworks As A Creative Catalyst, *International Journal of Education Technology and Scientific Researches*, 9(26), 154-166. <http://dx.doi.org/10.35826/ijetsar.726>

- Stability, (2025), Kullanıcılar tarafından prompt ile oluşturulan görsel, Erişim tarihi: 10.04.2025. <https://stability.ai/stable-image>
- Stojanovski, T., Zhang, H., Frid, E., Chhatre, K., Peters, C., Samuels, I., ... & Lefosse, D. (2021). Rethinking computer-aided architectural design (CAAD)–from generative algorithms and architectural intelligence to environmental design and ambient intelligence. In *International Conference on Computer-Aided Architectural Design Futures* (pp. 62-83). Singapore: Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-1280-1\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-19-1280-1_5)
- Taulli, T. (2023). Core Generative AI Technology: A Look at Key Algorithms. In *Generative AI: How ChatGPT and Other AI Tools Will Revolutionize Business* (pp. 77-91). Berkeley, CA: Apress. [https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9367-6\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9367-6_4)
- Temsah, M. H., Alhuzaimi, A. N., Almansour, M., Aljamaan, F., Alhasan, K., Batarfi, M. A., ... & Nazer, R. (2024). Art or artifact: evaluating the accuracy, appeal, and educational value of AI-generated imagery in DALL·E 3 for illustrating congenital heart diseases. *Journal of Medical Systems*, 48(1), 54. <https://doi.org/10.1007/s10916-024-02072-0>
- Tsay, J., Mummert, T., Bobroff, N., Braz, A., Westerink, P., & Hirzel, M. (2018). Runway: machine learning model experiment management tool. In *Conference on systems and machine learning (sysML)*.
- Ural, A. G., Kariptaş, F. S., Yüksel, F. C. G., Yılmaz, S., Taşdelen, D. Ç., Aydın, S. B., & Uzun, M. (2024). İç Mimarlık Eğitiminde Yapay Zekanın Proje Derslerine Entegrasyonu. *Journal of Interior Design and Academy*, 4(2), 192-211. <https://doi.org/10.53463/inda.20240293>
- Ünal, H. T., & Başçiftçi, F. (2022). Evolutionary design of neural network architectures: a review of three decades of research. *Artificial Intelligence Review*, 55(3), 1723-1802. <https://doi.org/10.1007/s10462-021-10049-5>
- Weber, R. E., Mueller, C., & Reinhart, C. (2022). Automated floorplan generation in architectural design: A review of methods and applications. *Automation in Construction*, 140, 104385. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104385>
- Zeytin, E., Kösençig, K. Ö., & Öner, D. (2024). The role of AI design assistance on the architectural design process: An empirical research with novice designers. *Journal of Computational Design*, 5(1), 1-30. <https://doi.org/10.53710/jcode.1421039>
- Zheng, K., Zhang, Y., Wu, W., Lu, F., Ma, S., Jin, X., ... & Shen, Y. (2024). Dreamlip: Language-image pre-training with long captions. In *European Conference on Computer Vision* (pp. 73-90). Cham: Springer Nature Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-72649-1\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-031-72649-1_5)
- Zhu, Q., & Luo, J. (2022). Generative pre-trained transformer for design concept generation: an exploration. *Proceedings of the design society*, 2, 1825-1834. <https://doi.org/10.1017/pds.2022.185>