

## Tarihi Yapıya Çağdaş Ek Tasarımında Yapay Zeka Kullanım Potansiyelleri

Ayşegül Sarıkaya<sup>1\*</sup>, İlknur ACAR ATA<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Fen Bilimleri Enstitüsü/ Mimarlık Ana Bilim Dalı, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Niğde, Türkiye (aysegul.sarikaya@mail.ohu.edu.tr)

<sup>2</sup>Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Niğde, Türkiye (acarilknur@ohu.edu.tr)

\*Corresponding author

**Özet** – Yapay zeka (YZ), tasarım sürecinden karar destek sistemlerine, maliyet analizinden malzeme tespitine kadar pek çok alanda kullanılmakta; tarihi yapılarda ise malzeme bozulmalarının tespiti, restorasyon süreçlerinin iyileştirilmesi ve kültürel varlıkların belgelenmesi gibi uygulamalarda öne çıkmaktadır. Tarihi yapıların yeniden kullanımı ile koruma odaklı çalışmalarda yeni fonksiyona uygun tarihi yapıya çağdaş ek tasarımlarında yalnızca fiziksel müdahaleyi değil; yapının tarihî kimliğini, çevresiyle kurduğu ilişkiyi, sosyal bağlamını ve yönetsel karar süreçlerini dikkate almak gerekmektedir. Bu anlamda, çağdaş ek tasarımları mimari, kültürel, sosyal ve yönetsel boyutlarıyla çok yönlü ele alınması gereken karmaşık tasarım problemleri sunmaktadır. Bu çalışmada literatürdeki güncel çalışmalar ve uygulamalar incelenerek; çağdaş ek tasarım süreçlerinde YZ kullanım potansiyellerinin ortaya konulması amaçlanmaktadır. Araştırma sonucunda elde edilen verilere bağlı SWOT analizi yapılmaktadır. YZ teknolojileri tasarım sürecinde; veri analizi, kullanıcı ihtiyaçlarının belirlenmesi, duygu ve anlam analizi, restorasyon stratejilerinin geliştirilmesi gibi pek çok noktada yenilikçi çözümler sunabilir. Makine öğrenimi, doğal dil işleme (NLP), görüntü tanıma, metin madenciliği, sanal gerçeklik ve nesnelerin interneti (IoT) gibi teknolojiler aracılığıyla kültürel mirasın korunması, analiz edilmesi ve yeniden yorumlanması sağlanmaktadır. Ancak mimari tasarımda YZ uygulamalarında insan rolü etik tartışmalara yol açmaktadır. Hızla gelişen YZ uygulamalarının uzun vadede ortaya çıkan sosyal etkilerin değerlendirilmesinde yaşanan zorluklar, tasarım- uygulama ilişkisinde öngörülemeyen sonuçlar ortaya koyabilir.

**Anahtar Kelimeler** – Çağdaş Ek, Tarihi Yapı, Tarihi Koruma, Yapay Zeka, Dijital teknolojiler

## Potentials for Using Artificial Intelligence in Designing Contemporary Additions to Historical Buildings

**Abstract** – Artificial intelligence (AI) is used in many areas ranging from design process to decision support systems, from cost analysis to material detection; in historical buildings, it stands out in applications such as detecting material deterioration, improving restoration processes and documenting cultural assets. In the reuse of historic buildings and conservation-oriented studies, it is necessary to consider not only the physical intervention but also the historical identity of the building, its relationship with its environment, its social context and administrative decision-making processes in the design of contemporary additions to the historic building suitable for the new function. In this sense, contemporary annex designs present complex design problems that need to be addressed from multiple perspectives: architectural, cultural, social and managerial. This research aims to reveal the potential for the use of AI in contemporary additional design processes by examining current studies and applications in the literature. SWOT analysis is performed based on the data obtained as a result of the research. Artificial intelligence technologies can offer innovative solutions at many points of the design process, such as data analysis, user needs determination, emotion and meaning analysis, and development of restoration strategies. Cultural heritage is preserved, analyzed, and reinterpreted through technologies such as machine learning, natural language processing (NLP), image recognition, text mining, virtual reality, and the internet of things (IoT). However, the role of humans in artificial intelligence applications in architectural design leads to ethical discussions. The difficulties experienced in evaluating the long-term social impacts of rapidly developing artificial intelligence applications may lead to unpredictable results in the design-implementation relationship.

**Keywords** – Artificial Intelligence, Contemporary Annex, Digital Technologies, Historical Structure, Historical Preservation

### I. GİRİŞ

Kültürel miras varlığı olarak tarihi yapıların korunması yaşatılması amacıyla gerçekleştirilen restorasyon uygulamaları çağın gerekliliklerine uygun şekilde gelişen teknolojiden yararlanılarak sürekli gelişim göstermektedir. Tarihi yapının

korunarak yaşatılmasını sağlayan yeniden işlevlendirme ile yapıya verilen yeni işlevin mekansal gerekliliklerini karşılamak amacıyla çağdaş ek uygulamalarına ihtiyaç duyulmaktadır [1]. Çağdaş ek tasarımlarında yalnızca fiziksel müdahaleyi değil; yapının tarihî kimliğini, çevresiyle kurduğu ilişkiyi, sosyal bağlamını ve yönetsel karar süreçlerini dikkate

almak gerekmektedir. Bu bağlamda, çağdaş ek tasarımları mimari, kültürel, sosyal ve yönetsel boyutlarıyla çok yönlü ele alınması gereken karmaşık tasarım problemleri sunmaktadır. Çağdaş ek uygulamaları biçimsel, kavramsal, mekansal kriterler doğrultusunda gerçekleştirmek olup uygulamada ve karar almada dijital teknolojilerin kullanımı cephe alternatiflerinin oluşturulması, çağdaş eklerin görsel izleme testleriyle analiz edilmesi, malzeme seçimi, belgelenmesi gibi farklı tasarım aşamalarında görülmektedir [2, 3, 4, 5].

Son yıllarda çağdaş ek uygulamalarına yönelik araştırmalarda dijital teknolojilerin nasıl uygulandığına, yapı özelinde aracı teknolojinin kullanım sürecine yoğunlaşmıştır [6]. Bu araştırma ile mevcuttaki güncel araştırmalar incelenerek YZ teknolojinin çağdaş ek tasarımlarında kullanım potansiyellerinin irdelenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaca uygun literatür araştırması son 6 yılda yapılmış olan güncel çalışmalara odaklanarak gerçekleştirilmiş; mimarlık ve koruma alanında kullanılan dijital teknolojiler ve YZ uygulamaları irdelenerek, çağdaş ek tasarımlarında YZ potansiyelleri ortaya koyulmuştur.

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

**Materyal:** Mimari koruma uygulamalarında çağdaş ek konusunda kullanılan dijital teknolojiler ve YZ uygulamaları incelenmiştir. Bu incelemeler son 6 yılda literatürde çalışılmış olan bilimsel çalışmaları ve günümüzde kullanılan YZ araçlarını kapsamaktadır.

**Amaç:** Mimarlık ve koruma alanında yapılan incelenen çalışmalar çağdaş ek tasarımına nasıl uyarlanabilir konusu çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Materyallerin oluşturduğu girdiler SWOT analizi yöntemiyle çağdaş ek tasarımında YZ potansiyelleri analiz edilecektir.

**Yöntem:** Bu çalışmada çağdaş ek konusunda YZ potansiyellerinin analiz edilmesi için SWOT analiz yöntemi tercih edilmiştir. Çağdaş ek tasarımının çok boyutlu gereklilikleri nedeniyle bu alanda YZ kullanımı çok yönden ele alınması gereken bir konu olmuştur. Bu potansiyelleri değerlendirirken farklı açılardan değerlendirmeye olanak sağladığı için SWOT analiz yöntemi seçilmiştir.

## III. TARİHİ YAPIYA ÇAĞDAŞ EK TASARIMINDA YAPAY ZEKANIN İRDELENEMESİ

Bu bölümde çalışmanın kavramsal çerçevesi ele alınmakta; tarihi yapılarla ilişkili çağdaş ek tasarımı kavramı incelenmektedir. Kültürel mirasın korunması bağlamında çağdaş ek tasarımının rolü değerlendirilmektedir. Ayrıca günümüzde hızla gelişen dijital teknolojiler bağlamında mimarlık ve koruma disiplinlerinde yapay zekâ kullanımının mevcut durumu analiz edilmiştir. Yapay zekânın tasarım süreçlerine entegrasyonu, üretken tasarım yaklaşımları ve büyük veri temelli karar mekanizmaları örneklerle irdelenmiş; bu teknolojilerin koruma alanında taşıdığı potansiyeller değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, çağdaş ek tasarımı sürecine yapay zekâ temelli yöntemlerin nasıl dâhil edilebileceği, ne tür katkılar sunabileceği ve tasarım kararlarını nasıl şekillendirebileceği yorumlanmıştır.

### A. Tarihi Yapıya Çağdaş Ek Tasarımı

Kültürel miras varlığı tarihi yapıların korunması miras bilincinin oluşmasında önemli bir role sahiptir. Bu anlamda

tarihi yapılar, geçmişin kültürü, yaşam tarzı, inanışları, teknolojileri hakkında bilgi verir. Bu yapıların, değerlerin ve kent bileşenlerinin korunmalarını sağlamak amacıyla farklı yöntemler ve müdahaleler kullanılmaktadır [26]. Bu müdahaleler farklı boyutlarda kendini göstermektedir. Tarihi yapıya uygulanan restorasyon tekniğine bağlı müdahale ölçeğinde yoğunluk çoktan aza doğru; taşıma, yeniden yapma, çağdaş ek, yenileme, bütünlüme, sağlamlaştırma şeklindedir. Bu müdahaleler arasında çağdaş ek tasarımı yeniden işlevlendirme durumlarında sıkça uygulanan bir restorasyon tekniğidir [7,8,9].

Yeniden işlevlendirme yapıya yeni bir işlev verilerek korunmasını sağlamaktır. Bu yöntem yapıların kullanılabilirliğini ve deneyimlenmesini arttırmaktadır. Yapının yeniden işlevlendirme sürecinde günümüz koşullarına uyarlanması beklenmektedir. Bu adaptasyon aşamasında yeni işlev ve ihtiyaçlar tarihi yapı içerisinde dönüşüm gerektirmektedir. Yapının yeni işlevinin ihtiyaç duyduğu mekanlar eklemeler ve onarımlarla sağlanmaktadır. Bu ihtiyaç doğrultusunda modern malzeme ve tekniklerle yapıya yapılan eklemeler çağdaş ek olarak tanımlanmaktadır [10]. Ancak çağdaş ek tasarımı sadece yeniden işlevlendirmede değil yapının eksilen bölümlerine dair yeterli bilgi ve belge olmaması durumunda da yapılabilmektedir [8].

Tarihi yapıya entegre yeni bir tasarım olan çağdaş ek, bulunduğu dönemin karakterini yansıtmaması ve çağdaş olması beklenmektedir. Cengiz Bektaş'a (1992) göre de tarihi bir yapının aynısının günümüzde yapılması "geçmiş kavrayamamak ve yüzyıllık geri kalmışlığın göstergesi" dir [11]. Tarihi yapının yanına yapılacak olan yeni yapının çağdaş olması gerektiğini vurgulamıştır. Sedat Hakkı Eldem'e (1992) göre ise tarihi yapıyı korumanın en iyi yolu, yeni yapılacak olan entegre yapının çağdaş yöntemlerle yapılmasıdır [12].

Çağdaş ek tasarımı geçmişin değerlerini günümüz estetik ve mimari anlayışıyla buluşturmayı amaçlamaktadır. Çağdaş ek yeni bir tasarım olmasına karşın çevreye ve eklendikleri tarihi yapıya göre algılanmaktadır. Bu yeni tasarım tarihi yapıyı referans aldığından mevcut yapının tanımlanması tasarım yaklaşımları oluşturulmasını sağlamaktadır [9]. Çağdaş ek tasarımlarında ve uygulanacak tasarımlarda bu referanslar büyük öneme sahiptir. Aksi takdirde sadece gözlem yoluyla belirlenen müdahaleler ve yanlış teşhis yapının sonraki aşamalarda daha hızlı bir şekilde bozulmasının önünü açmaktadır [13].

Farklı bağlamlarda çok fazla çağdaş ek tasarım yaklaşımı belirlenmesine karşın aralarında en önemlisi çağdaş ekin özgün yapıdan ayrışması ve kullanıcılığı yanıltmayacak şekilde yapıya entegre olmasıdır [14].

### B. Çağdaş Ek Yaklaşımları

Tarihi yapılara yapılacak olan müdahale sınırları yasalar ile belirlenmiş olsa da tasarım kriterleri göz önüne alındığında her yapı kendine özgüdür ve özgünlüklüğü ile bütündür. Ancak uluslararası bildirge, tüzükler ve evrensel koruma yöntemlerinden yola çıkarak yapıları gruplandırmak, yapılacak uygulamalara yönelik ortak kararlar belirlemek mümkündür. Bu ortak kararların en önemlisi tarihi yapılara yapılacak olan müdahalelerin tarihi verileri yanıltmayacak şekilde yapılması gerektiğidir [14].

Bu bağlamda çağdaş ek tasarımının doğru yapılabilmesi için; -Özgün dokudan ayrışabilir ve fark edilir olması,

- Özgün ile uyumlu olması,
- Özgünden farklı malzeme kullanılması,
- Etkin ve bakımının sağlanabilir olması,
- Geri dönüştürülebilir olması gereklilikleri vurgulanmaktadır [8].

Tarihi yapılara çağdaş ek tasarımı yapılırken benimsenen yaklaşımlar, yapıların özgün kimliğini koruyarak günümüz ihtiyaçlarına yanıt verecek nitelikte olmalıdır. Bu yaklaşımlar, uluslararası koruma ilkeleri çerçevesinde estetik, işlevsel ve teknik kriterler doğrultusunda çeşitlenmekte ve farklı sınıflandırmalar yapılarak yorumlanmaktadır (Tablo-1).

Tasarım Yaklaşımları	Kavramsal Kriterler	Biçimsel Kriterler	Mekansal Müdahale
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kopyalama</li> <li>• Benzeşen</li> <li>• Nötr</li> <li>• Soyut</li> <li>• Referans</li> <li>• Zıt</li> <li>• Taklit/ Tekrar</li> <li>• Yorum</li> <li>• Gizleme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yakınlık</li> <li>• Benzerlik</li> <li>• Kapalılık</li> <li>• Devamlılık –Süreklilik</li> <li>• Pragmanz (algısal sadelik)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ölçek</li> <li>• Yükseklik</li> <li>• Oran</li> <li>• Ek yeri</li> <li>• Malzeme</li> <li>• Renk</li> <li>• Silüet</li> <li>• Görsel yoğunluk</li> <li>• Bina hattı</li> <li>• Yönlenme</li> <li>• Ritim</li> <li>• Ayrıntı</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Çatı tamamlaması</li> <li>• Cephe tamamlaması</li> <li>• Geçiş elemanı</li> <li>• Sirkülasyon elemanı</li> <li>• Saçak elemanı</li> </ul>

Tablo 1: Çağdaş Ek tasarımında Referans Alınabilecek Kriterler (Kırıcı,2024),(Sağlam&Tavşan,2019),(Erkoç&Payaslı,2024),(Ateşcan&Uyguralp,2022) çalışmalarından faydalanılarak oluşturulmuştur [ 7,8,9,15].

Çağdaş ek tasarımın dikkate alınan bu referanslar dışında yapılan müdahalenin geri döndürülebilir olması da önemli bir kriterdir. Uluslararası yasal çerçevede bu kriter özellikle vurgulanmaktadır [7]. Geri döndürülebilirlik, çağdaş ekin gerektiğinde mevcut tarihi yapıya zarar vermeden bağımsız bir şekilde çalışmasını ya da tarihi yapıya herhangi bir zarar vermeden sökülmesini anlatır [10].

Tarihi yapıya yapılacak olan müdahalelerin anlaşılır ve belirli olması da bu kriterin gerekliliği olarak istenmektedir. Müdahaleler anlaşılır minimum düzeyde ve gelecekte yapılacak olan çalışmaları ve tarihi yapıyı yanılmayacak şekilde yapılmalıdır [9].

### C. Mimarlık ve Koruma Alanında YZ Kullanımı

YZ teknolojisi, belirli bir problemi çözmek amacıyla toplanan verilerin algoritmalar aracılığıyla işlenmesine dayanır. Algoritmalar, bir sorunun çözümüne ulaşmak için izlenmesi gereken adımları tanımlar. Bu süreçte giriş verileri alınır ve tanımlı kurallar çerçevesinde işlenerek istenen çıktılar elde edilir. Başka bir deyişle, YZ bir problemi adım adım çözüme ulaştırmak için verileri kullanır ve hesaplamalar yapar. Bu yapı sayesinde, sistem giriş bilgilerine dayanarak doğru ve anlamlı sonuçlar üretebilir [13].

YZ nin temeli 1950’li yıllara kadar dayansa da gündelik yaşam içerisinde YZ ürünlerine rastlanması 2000’li yıllarda olmuştur. YZ ye ilginin tekrar artması ise 2006 yılında Microsoft, Facebook, Google gibi dünya çapındaki firmaların müşterileri anlamak için YZ algoritmalarına başvurmasıyla gerçekleşmiştir [16].

2017 yılında gerçekleşen CeBIT fuarında dönemin Japonya başbakanı Shinzo Abe Endüstri 5.0 (Toplum 5.0) ‘ı tanıtmıştır. Endüstri 5.0 teknolojinin bir tehdit değil yardımcı unsur olduğu felsefesine dayanmaktadır. Sahip olduğu bilgi birikimi ise günden güne artmaktadır [17].

Endüstri 5.0 teknolojisi sanal ve fiziksel alan arasında gelişen ve merkezinde insan olan bir oluşumdur. Bu oluşumla beraber teknoloji alanında daha önce de kullanılan bazı kavramlar daha sık kullanılmaya başlanmıştır. Bu kavramlar açıklamalarıyla aşağıda sıralanmıştır [18].

**1-Nesnelerin İnterneti:** İot (Internet of Things) kısaltması ile karşımıza çıkan nesnelerin interneti fiziksel nesnelerin büyük bir ağ içerisinde diğer nesnelere ve sistemlerle iletişimde olmasıdır. Sensörler ve yazılımlar ile sistemlere bağlanarak veri alışverişini sağlanmasıyla cihazlar bu ağdan aldıkları komutlara göre hareket ederler [18]. Akıllı şehir, akıllı ev, akıllı çevre gibi verilerin alınmasıyla uzaktan yönetilen sistemler İoT sayesinde çalışan sistemlere örnek olarak verilebilir [19].

**2-Büyük Veri:** Farklı alanlardan toplanan ham bilgi ve verilerin daha anlamlı ve işlenebilir hale gelmesidir [20]. Bu veriler daha büyük ve karmaşık haldedir. Bu verilerin analiz edildikten sonra doğru zamanda ve doğru alanda kullanılması hayatı kolaylaştırıcı bir unsur haline gelmektedir [18]. Büyük veriler web sunucularının logları, İnternet istatistikleri, sosyal medya yayınları, bloglar, mikrobloglar, iklim algılayıcıları ve benzer sensörlerden gelen bilgiler, GSM operatörlerinden elde edilen bilgilerdir [20].

**3-Yapay Zekâ:** Artificial Intelligence (AI), topladığı verileri insan zekasını taklit ederek tanımlanan görevlere göre sunan, bu veriler sayesinde kendini geliştirebilen sistemlerdir [18]. Her alan kullanılmaya başlayan yapay zekâ, süreç anlamında verimliliği arttırmak, hata oranlarını en aza indirmek karmaşık sorunları çözmek gibi avantajlar sağlamaktadır [21].

**4-Kablosuz Sensör Ağı:** Çevresel koşulları izlemek ve kaydetmek için kullanılan sensör gruplarıdır. Toplanan verileri merkezi bir konumda düzenlemektedir. Kablosuz sensör ağları sıcaklık, ses, kirlilik seviyeleri, nem ve rüzgar gibi çevresel koşulları ölçebilir. Kablosuz ağ teknolojisi doğal afetleri izlemek ve önlemek için, endüstri alanında makineleri izlemek için kullanılmaktadır [22].

**4-Makine Öğrenmesi:** Makine öğrenimi, bilgisayar sistemlerinin deneyim yoluyla performanslarını nasıl artırabileceklerini inceleyen YZ alt alanlarından biridir [23]. Başka bir ifadeyle, geçmiş deneyimler ya da örnek veriler kullanılarak, belirli bir performans ölçütüne göre en iyi sonucun elde edilmesini sağlayacak biçimde bilgisayarların programlanması sürecidir [24].

Makine öğrenimi, farklı kaynaklardan elde edilen verileri analiz ederek bu veriler arasında kalıplar kurar, sınıflandırmalar yapar ve verilen göreve yönelik öngörülerde bulunur. Bu süreç, ihtiyaca bağlı olarak insan desteğiyle az ya da çok etkileşimli şekilde çalışabilir. Ayrıca veri işleme, geçmiş bilgilerden yeni çıkarımlar yapma ve belirli örüntüler aracılığıyla analiz gerçekleştirme gibi temel yeteneklere sahiptir [13, 16].

**5-Derin Öğrenme:** İnsan beyninin yapısı ve işleyişinden esinlenerek geliştirilen algoritmalar aracılığıyla öğrenme sağlayan yöntemlerden biri de derin öğrenmedir. Bu yöntem, makine öğrenmesinin bir alt dalı olarak kabul edilir ve özellikle otonom araç teknolojilerinin geliştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır [16]. Derin öğrenme algoritmaları, çok katmanlı bir yapıya sahiptir. Veriler bu katmanlar arasında aşamalı olarak işlenir; her bir katman, veriden belirli özellikleri çıkarır ve bu bilgileri bir sonraki katmana aktarır. Böylece sistem, karmaşık yapıları daha iyi analiz edebilir ve daha doğru sonuçlara ulaşabilir [13,16].

**6-Görüntü İşleme:** Görüntü işleme, bir görsel içerisinde yer alan önemli bilgilerin ortaya çıkarılması ya da görselin kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla uygulanan yöntemler bütünüdür. Bu yöntem, dijital verilerin üzerinde değişiklikler yaparak görüntü netliğini, keskinliğini ve ayrıntı seviyesini artırmayı hedefler. Böylece, görselden elde edilecek bilgilerin daha sağlıklı analiz edilebilmesi ve anlamlandırılması mümkün hale gelir [13].

### 7-Doğal Dil İşleme

Doğal dil işleme, YZnin insanların konuştuğu farklı dilleri algılayabilmesi, öğrenebilmesi, analiz edebilmesi ve bu dillere uygun yanıtlar üretebilmesi amacıyla geliştirilen algoritmalarla oluşan bir alt alandır. Bu teknolojinin temel hedefi, makinelerin dili anlama, konuşma tanıma, varlık ve ilişki tespiti ile anlamlı bağlamlar kurarak veriler arasında bağlantı kurma gibi görevleri yerine getirebilmesini sağlamaktır. Böylece, insan-makine etkileşimi daha doğal ve etkili bir hâle gelir [16,25].

Endüstri 5.0 ile daha sık duymaya başladığımız bu kavramlar ve uygulamalar sadece endüstri alanında değil her alanda dönüşüm sürecinin başlamasını sağlamıştır. Her alanda çoğalan bilgi birikimi insan yaşamına katkı sağlayacak hale dönüşmüştür [18]. Mimarlık sektörü de her ne kadar diğer sektörlerin gerisinde kaldığı düşünülse de bu dönüşümle beraber gelişmeleri yöntem ve tasarım süreçlerine entegre ederek bu gelişime ayak uydurmuştur [16].

Mimarlık sektörünün güncel durumuna bakıldığında insan merkezli tasarım anlayışı ötesinde bir tasarım anlayışının hakim olduğu görülmektedir. Bu durum tasarım sürecindeki tüm etkenlerin yeniden değerlendirilmesi gerekliliğini doğurmuştur. YZ araçlarının tasarım sürecine dahil edilmesi tasarımcı ve tasarım arasındaki ilişki çok katmanlı bir hale getirmiştir. Bu durumda yapay zekâ üretken bir konumda yer almaktadır [26]. Yapay zekanın tasarımcıyla olan etkileşimi bilgisayar ve tasarımcı etkileşimiyle iç içe geçen bir hale gelmiştir. Bu durum tasarımcılar için yeni fırsatlar sunmaktadır [16].

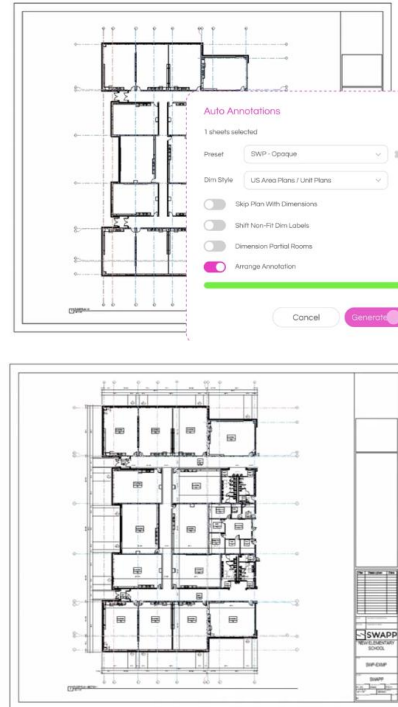
Özdemir ve Selçuk'un 2024 yılında yapmış olduğu bibliyometrik analiz araştırmasında mimarlık alanındaki YZ çalışma ve araştırmaların yeteri kadar olmadığı ancak son yıllarda artış gösterdiği görülmüştür. Bu da YZ ve makine öğrenmesi konusunda mimarlık ve koruma alanında gelişime açık bir alan olduğunu göstermektedir [27].

Yapay zekâ gibi dijital teknolojilerin mimarlık alanında ilerlemesiyle makine zekâsı tasarım süreciyle bütünleşmiş hale

gelmiştir. Mimarlık alanında yapay zekâ kullanımı sayesinde tasarımcılar fikir aşamasından görsel temsil aşamasına daha hızlı şekilde ulaşmaktadır. Bu sadece zaman tasarrufu değil tasarımın çok boyutlu ve disiplinlerarası üretilen temsiller sayesinde gerçekte var olmayan mekanlar kurgulayarak yeni mimari alanlar oluşturulmasını sağlamıştır. Bu nedenle mimarlık fiziksel bir üretim olmaktan çıkmış dijital ve sanal üretimlerin de bir parçası olmuştur. Mimarlık alanında önemli bir diğer YZ uygulaması da üretken tasarım olmuştur. Üretken tasarım nesne üretimini değil, nesne üretme sürecini tasarlamının karşılığıdır. Bu durum geleneksel tasarım süreçlerinden farklı olarak tek bir ürün üretmeyi ve tasarlamayı değil belirlenen özelliklerde birden fazla tasarım alternatifini üretmeyi sağlamıştır. YZ'ye aktarılan veriler sayesinde bilgisayar dili ve insan dilinin ortak çalışması olarak öngörülemez tasarımlar ortaya çıkmaktadır [26]. Üretken zekanın çıkardığı sonuç ürünler aktarılan verilerle doğru orantılıdır. Yani verilerin niceliğinin ve niteliğinin artırılması farklı alternatiflerde istenene yakın ürünler ortaya çıkarılmasını sağlayacaktır.

Mimarlık alanında kullanılan YZ programlar ve uygulamalar üzerinden kendini göstermektedir. Mimari tasarım sürecine katkı sağlayan bazı YZ araçları şu şekildedir [3,4,5]:

**1-Swapp:** Mimari proje süreçlerinizin makine öğrenmesi sonucu analiz ederek dokümantasyon süreçlerini otomatikleştiren bir araçtır. Mimari proje sürecinin hızlanmasına ve standartlaşmasına olanak sağlar. Ayrıca geçmiş projeleri analiz ederek yeni projelerde daha doğru kararlar alınmasını sağlar (Görsel 1), [28].



Görsel 1. Mimari belgeleme aşamasında yapılabilecek otomatik plan düzeltmelerinin örnek gösterimi (Swapp web sitesinden alınmıştır.)

Kaynak: <https://www.swapp.net/product>

**2-Veras:** Görselleştirme aracı olan Veras aktardığımız geometriye sadık kalarak alternatif görselleştirmeler sunar.

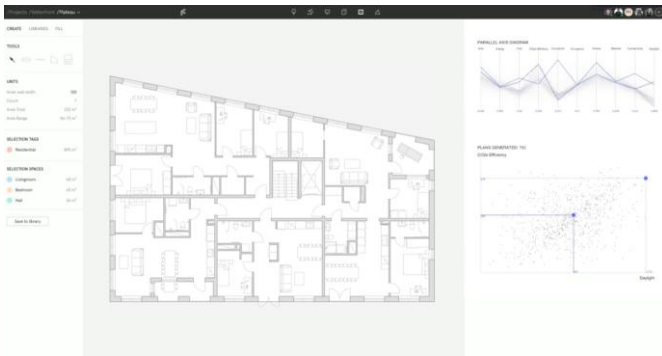
Geometriyi geçersiz kılma gibi ekstra özellikleri ile sunduğunuz geometriden bağımsız görselleştirmeler de sunmaktadır (Görsel 2), [29].



Görsel 2. Görsel üzerinden belirlenen alan için tasarım alternatiflerinin oluşturulması (Veras web sitesinden örnek görsellerden alınmıştır.).

Kaynak: <https://www.evolvefab.io/vera>

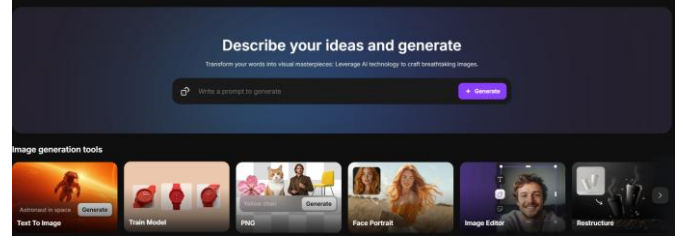
**3- Finch:** Mimari üretimsel araç olan Finch YZ ve kurallarla entegre tasarım alternatifleri sunuyor. Kullanıcının değiştirebileceği algoritmalar sayesinde istenen veriler dışarıdan müdahale ile değiştirilebiliyor. Farklı tasarım alternatiflerin kısa bir süre içerisinde denenmesine olanak sağlıyor (Görsel 3), [30].



Görsel 3. Finch web sitesinden alınan görselde sınırları belirlenmiş bir alan için oluşturulan plan alternatifi. Sağ üstte farklı kriterleri ne derece sağladığının grafiksel ifadesi yer alırken, sağ altta alternatifler arasında hangi alanda yer aldığı gösterilmiştir.

Kaynak: <https://www.finch3d.com/>

**4-ImagineArt:** Metin komutlarıyla görüntü, video, eskiz, ses, müzik oluşturmayı sağlayan bir YZ modelidir. Bu araç sayesinde çok kısa sürede farklı alternatif de renderlar üretilmektedir (Görsel 4, [31]).



Görsel 4. ImagineArt sitesinin ara yüzü. Üstte prompt satırı yer almakta. Altta ise komutlarla beraber üretilebilecek içerik alternatifleri gösterilmekte.

Kaynak: <https://www.imagine.art/dashboard/image>

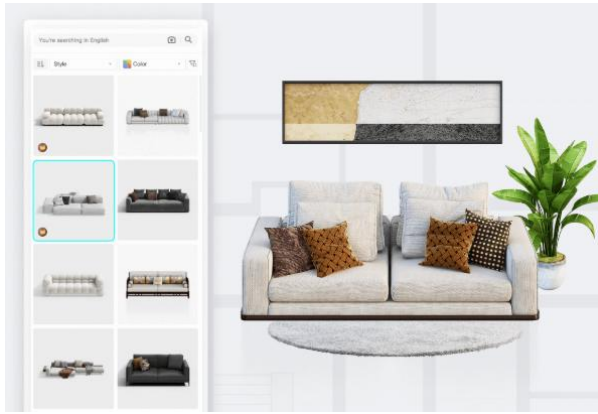
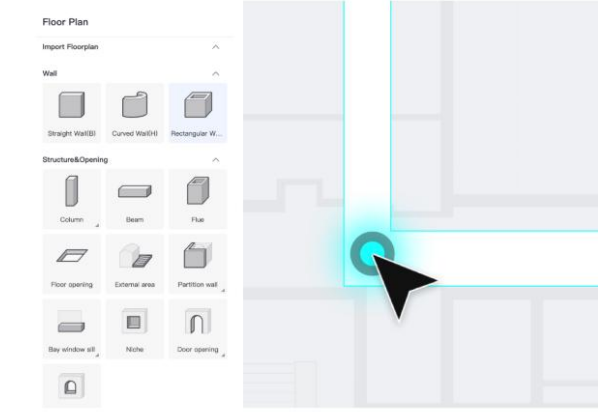
**5-Maket:** Metin komutları aracılığıyla projelerin kat planları ve 3D render süreçlerinin optimize edilmesini sağlıyor. Ayrıca proje tarzının değiştirilmesine de olanak sağlıyor. Sağladığı YZ asistanıyla beraber mimari sorunlara da çözümler üretebiliyor (Görsel 5), [32].



Görsel 5. Maket AI sitesinde örnek olarak gösterilmiş YZ aracı işlevleri. Görsel üzerinden analiz yapıp istenen tarzda yeni görseller üretebiliyor, yönetmelikleri analiz edebiliyor, belirlenmiş özelliklerde plan şemaları oluşturuyor.

Kaynak: <https://www.maket.ai/>

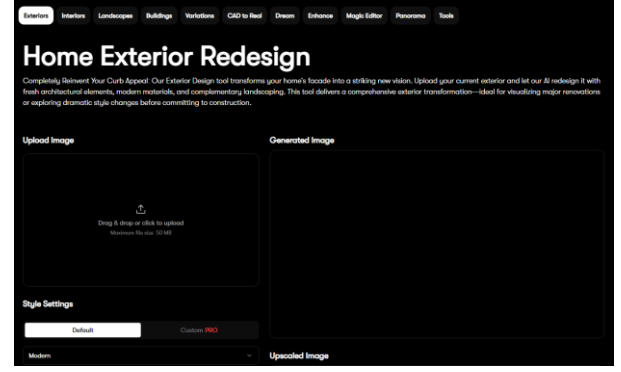
**6-Coom:** Mevcut projelerin 2D kat planları oluşturulmasını, 3D modelinin oluşturulmasını ve model üzerinde mobilya ve tesisat yerleştirilmesine olanak sağlayan bir YZ aracıdır (Görsel 6). Ayrıca pazarlama süreçlerini desteklemek adına projelerin sosyal medya üzerinde paylaşılmasını sağlar. Ücretsiz bir YZ aracı olmasıyla erişilebilir hizmet sunmaktadır [33].



Görsel 6. Coohom web sitesinden alınan görsellerde adım adım nasıl 2D ve 3D görselleştirmeler yapılacağı aktarılmış. YZ aracı kütüphanesinde yer alan yapı elemanları, mobilya, tesisat elemanları gibi ürünlerle hızlı bir şekilde tasarım yapılabilmektedir.

Kaynak: <https://www.coohom.com/>

**6-ArchitectGPT:** Görsellerden mimari konsept oluşturulmasını sağlar. Kullanıcıların önceki projelerini analiz ederek yapılacak yeni tasarımlarda bilinçli kararlar alınmasına yardımcı olur (Görsel 7), [34].



Görsel 7. ArchitectGPT YZ aracı ara yüzü. Sol kısımda referans görsel ekleme alanı ve sonuç görselinde yer alacak malzeme seçim kısmı yer almaktadır. Sağ kısımda ise oluşturulan görsel alternatiflerinin gözükeceği kısım yer almaktadır.

Kaynak : <https://www.architectgpt.io/imagine>

**7- Hypar:** Erken tasarım aşamasında hızlı karar alabilmek adına aynı platform üzerinde 2d ve 3d çizimler yapmaya olanak tanır (Görsel 8). Revit gibi programlarla entegre çalışarak projenin devamlılığını sağlar [35].



Görsel 8. Hypar ara yüzünde oluşturulmuş mekan tasarımı. Sağ üstte yer alan panellerden tasarıma eklenen objeler görüntülenmektedir.

Kaynak : <https://www.youtube.com/watch?v=dKxnoxAG1HI>

**8-Spacio:** Web üzerinden kullanılabilen bu araç kullanıcıların tasarladığı yapılar üzerinden rüzgar, yağmur, güneş vb. gibi hava simülasyonlarının yapılmasını sağlıyor (Görsel 9). Kullanım kolaylığını vurgulayan araç, kat planları ve eskiz gibi proje verilerini de sunuyor [36].



Görsel 9. Spacio web sitesi üzerinden alınan örnek sunum görseli. Binaların farklı yerleşim alternatifleriyle beraber gün ışığı faktörünün bina üzerindeki değişimi simüle edilebilmektedir. Kaynak: <https://spacio.ai/>

Mimarlık alanında bunun gibi daha fazla YZ aracı örnek verilebilir. YZyi farklı şekillerde uygulamalara entegre eden bu araçlar karar süreçlerini hızlandırırken aynı zamanda ulaşılabilir mimarlık hizmeti sunmaktadır.

Mimarlık alanında artan YZ kullanımları ve dijital teknolojiler koruma alanında da kendini göstermektedir. Kültürel mirasın bakımı, izlenmesi, belgelenmesi ve korunması konusunda katkı sağlamaktadır [13].

Kültürel mirasın korunması konusunda sıkça kullanılan dijital teknolojiler şu şekildedir [6];

- GIS (Coğrafi Bilgi Sistemleri)
- GPS (Global Konum Belirleme Sistemleri)
- Fotogrametri
- Total Station
- Lazer Tarama

Bunların yanı sıra kültürel miras alanında sıkça rastlanan sayısal teknolojilerden biri de sanal gerçeklik (VR) dir. Mevcut tarihi yapıların dijital miras şeklinde temsillemeleri VR ve AR teknolojileriyle sağlanmaktadır [6].

Tarihi yapıya ait verilerin bilgisayar ortamında 3D model oluşturulmasından sonra çeşitli aygıtlarla beraber tarihi yapıyı sunma, duyuşsal olarak algılama ve belgelemede kolaylık sağlayan bir yöntemdir (Görsel 10,11). Bu yöntem akademik araştırmalara da katkı sağlayan bir belgeleme yöntemi olmuştur [37].



Görsel 10. 3D modeli oluşturulmuş tarihi doku içerisinde gezen birinin gözünden VR görüntüsü.

Kaynak: <https://www.youtube.com/watch?v=WKkQ-Z4I7v4&t=109s>



Görsel 11. Yasal sınırlamalar nedeniyle gezilemeyen alanları VR teknolojisi ile 3D model içerisinde deneyimleyen kullanıcı.

Kaynak: <https://www.youtube.com/watch?v=WKkQ-Z4I7v4&t=109s>

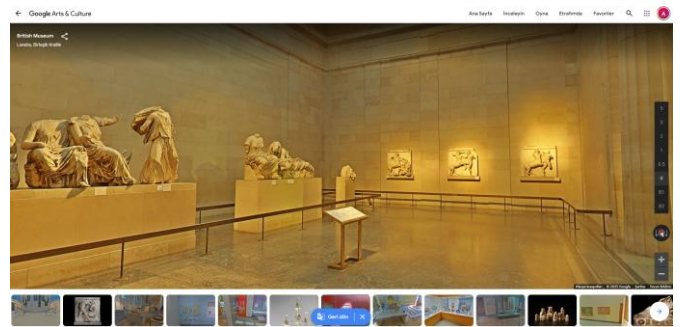
Tarihi yapının dijital ortama aktarılardan önce verilerinin sağlanması için yukarıda bahsedilen çeşitli ölçüm ve modelleme teknolojileri kullanılmaktadır. Sanal gerçeklik alanında kullanılan VR uygulamaları; yerinde deneyim sağlama, bilimsel analiz çalışmaları, sanal rekonstrüksiyon ve restorasyon, sanal müzecilik gibi amaçlara hizmet etmektedir (Görsel 12), [6,38].



Görsel 12. Bilimsel araştırma amacıyla mağara alanında drone ile tarama yapılması. Nokta bulutları sayesinde arkeolojik alanlar kaydediliyor. Sanal müzecilik ya da araştırma yapmak amacıyla alanın 3D modeli oluşturuluyor. Kültürel mirasın herkes tarafından ulaşılabilir olması ana hedef olarak belirlenmiş.

Kaynak: <https://tr.euronews.com/next/2017/05/08/tarihi-yerler-sanal-gerceklikle-evden-ziyaret-edilebilecek>

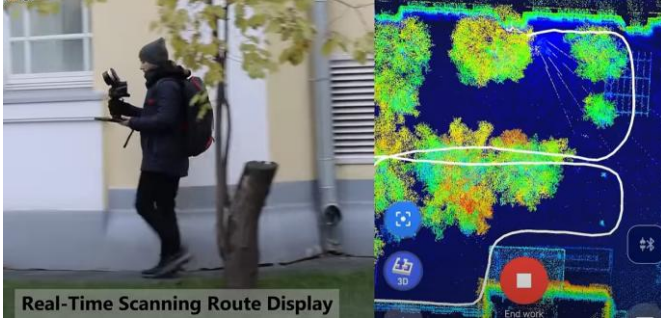
Kültürel miras ve koruma alanının dijital teknolojilerin kullanılmasına bir diğer örnek de dijital arşivlemedir. Arşivleme ve kataloglama müzecilikte kullanılan bir yöntemdir [39]. Dijital belgelenmeler sayesinde sanal müze kavramı hayatımıza girmiştir. Kültürel eserleri korumak ve paylaşmak için dijital belgelendirme yöntemi British Museum örneğinde kullanılmıştır. Bu belgeleme sayesinde eserlerin erişimi artırılırken aynı zamanda korunması da artırılmıştır [39,40].



Görsel 13. British Museum sanal tur gösterimi. Sanal turun ara yüzünde mekanlar arası geçiş yapmayı sağlayan paneller yer almakta.

Kaynak: <https://artsandculture.google.com/partner/the-british-museum>

LİDAR gibi teknolojiler ile miras alanlarının 3D modellemesi yapılmaktadır. Dijital ortama aktarılan bu modeller dijital ikizlerin oluşturulmasında, belgelemede ve akademik çalışmalara referans oluşturmaktadır (Görsel 14). Bu sayede miras alanları kolay bir biçimde, alana zarar vermeden analiz edilmektedir [41].



Real-Time Scanning Route Display



270°x 360° Point Cloud Coverage

Görsel 14. SLAM100 cihazıyla lazer tarama yapılması ve oluşan nokta bulut modeli .

Kaynak:

<https://www.youtube.com/watch?v=MXLrqYCaAC4>

Daha önce yapılan çalışmalarda kültürel mirasın dijital ortama aktarılması, yorumlanması ve fiziksel yeniden üretimi gibi alanlarda yordamsal üretim, parametrik modelleme, 3B modelleme ve hesaplamalı tasarım yöntemlerinin etkin bir şekilde kullanıldığını göstermektedir [41]. Bunun yanı sıra daha önce farklı alanlarda kullanılmış dijital teknolojiler ve YZ teknikleri kültürel miras ve koruma alanına entegre edilerek bu alanda yol katedilmesini sağlayabilir.

Kültürel miras alanında kültür analizi yapılarak toplumların sahip olduğu kültür öğeleri analiz edilebilmektedir. Bunun öncesinde topluma ait veriler toplanarak YZ algoritmaları kullanılabilir. Bu alanda dil işleme, duygu analizi, konsept madenciliği gibi yöntemler kullanılabilir.

Generative art gibi YZ modelleri sanat eserleri üretmede kullanılmaktadır. Tarihi yapı içerisinde yer alan süsleme ve bezemelerinin restorasyonunda bu modeller kullanılabilir (Görsel 15). Görüntü analizi yöntemiyle zarar görmüş kültürel miras öğelerinin dijital ortamda restorasyonu sağlanabilir. Dil işleme yöntemleriyle beraber tarihi belgeler analiz edilip kültürel miras belleğine aktarılabilir. Tarihi yapıların korunması açısından kablosuz sensörler aracılığıyla erken uyarı sistemleri oluşturulabilir. Tarihi yapılara zarar verecek durumlar önceden öğrenilerek önlemleri alınabilir.



Görsel 15. Orjinalinde eksik olan resmin YZ ile tamamlanması.

Kaynak: <https://www.ultralytics.com/tr/blog/ai-in-art-and-cultural-heritage-conservation>

Parametrik mimari yöntemiyle belirlenen çerçevede farklı alternatiflerde restorasyon ve yeniden işlevlendirme projeleri YZ aracılığıyla oluşturulabilir.

Ararat'ın 2023 yılında yaptığı doktora çalışmasında geleneksel konut tiplerindeki bozulmaların veri sistemine girilmesiyle tarihi yapılarda bozulma tespit süreci hızlandırılabilir ve bozulmalara karşı alınabilecek müdahale önemlerinin tespit edilebileceği görülmüştür [13].

Kullanım Alanı	Kullanılan Yöntemler	Açıklama
Restorasyon ve Fiziksel Koruma	Görüntü analizi, Derin Öğrenme	Hasar görmüş eserlerin dijital restorasyonu veya fiziksel onarım sürecinde yapay zekâ kullanılır.
Yapısal Sağlık İzleme ve Tahmin	Makine öğrenmesi, tahminleme algoritmaları, veri analizi	Tarihi yapıların yapısal durumları izlenir ve gelecekteki bozulmalar öngörülür.
Erken Uyarı ve Koruma Stratejileri	Büyük veri analizi, öngörülme, çevresel veri analizi	Doğal afet gibi tehditlere karşı önceden önlem alınmasını sağlayacak stratejiler geliştirilir.
Sanat ve Yaratıcılık (Generative Art)	Yapay sinir ağları, otomatik üretim teknikleri	Sanat eserlerinin dijital üretimi ya da kaybolan sanat formlarının yeniden yaratılmasında kullanılır.
Dijital Dokümantasyon ve Arşivleme	findörsel tanıma, otomatik sınıflandırma, meta veri üretimi	Kültürel miras nesneleri dijital ortama aktarılır, sınıflandırılır ve korunur.
Dil İşleme ve Çeviri	Doğal Dil İşleme (NLP), otomatik çeviri, anlam analizi	Kültürel içeriklerin farklı dillere çevrilmesi, metinlerin analizi ve erişilebilirliği sağlanır.
Metin Madenciliği ve Kültürel Anlam Analizi	Text mining, tema analizi, duygu analizi, içerik sınıflandırma	Kültürel metinlerin anlam yapısı incelenir, tarihsel eğilimler ve temalar belirlenir.
Tablo 2 : Koruma alanında YZ uygulamalarının kullanımı (H.Aş ve N. Orta çalışmalarından yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.) [6,39].		

#### IV. SWOT ANALİZ

Yapay zekanın tarihi yapılara çağdaş ek tasarımı sürecinde kullanılması; çeşitli güçlü yönler, zayıflıklar, fırsatlar ve tehditler barındırır. Bu SWOT analizi, sürecin bir bütün halinde değerlendirilmesini sağlayarak, yapay zekanın potansiyellerini ve sınırlılıklarını ortaya koymayı amaçlamaktadır.

##### Güçlü Yönler

- Hızlı ve Doğru Veri Analizi:** YZ, büyük miktarda görsel, sayısal ve mekânsal veriyi kısa sürede işleyerek yapıların mevcut durumu hakkında analizler sunabilir.
- Tasarım Alternatiflerinin Çeşitliliği:** Yapay zekâ destekli parametrik tasarım araçları sayesinde birçok alternatif senaryo oluşturulabilir.
- Risk Azaltımı:** Yapının fiziksel durumu hakkında öngörüler sunarak potansiyel hasarları önceden tespit eder ve müdahale stratejilerinin geliştirir.
- Sürdürülebilirlik ve Enerji Verimliliği:** YZ, yapının enerji performansını analiz ederek sürdürülebilir tasarım kararlarının alınmasını destekler.

##### Zayıf Yönler

- Veri Kalitesine Bağımlılık:** YZ sistemlerinin sağlıklı çalışabilmesi için yüksek kaliteli, kapsamlı ve doğru veri setlerine ihtiyaç vardır. Eksik veya hatalı veri sonuçların güvenilirliğini azaltabilir.
- Kültürel ve Estetik Kararların Algılanamaması:** YZ, kültürel bağlam veya estetik duyarlılıklar gibi insan sezgisine dayalı kararları tam olarak anlayamaz ve bu nedenle tasarım sürecinde sınırlı kalabilir.
- Yüksek Maliyet ve Teknik Gereksinimler:** YZ sistemlerinin entegrasyonu için özel yazılımlar, donanımlar ve uzman ekip gerekir. Bu durum, özellikle küçük ölçekli projelerde maliyeti artırabilir.
- Tasarımcının Rolünde Belirsizlik:** YZ'nin artan rolü, tasarımcının yaratıcı karar alma sürecinde hangi noktada devreye gireceği konusundaki tartışmaları da beraberinde getirmektedir.

##### Fırsatlar

- Yeni Tasarım Paradigmaları:** YZ'nin sunduğu algoritmik tasarım ve simülasyon olanakları, tarihi yapılarda daha önce düşünülmemiş yenilikçi çözümlerin uygulanmasını mümkün kılmaktadır
- Koruma Bilincinin Artması:** YZ ile yapılan detaylı analizler, yapıların hassas noktalarını daha iyi ortaya çıkarmasını sağlar.

-**Evrensel Tasarım:** YZ, engelli kullanıcılar, yaşlılar ve farklı kullanıcı gruplarının ihtiyaçlarını daha hassas biçimde analiz ederek evrensel tasarım ilkelerine katkı sağlayabilir.

##### Tehditler

- Teknolojiye Aşırı Bağımlılık:** YZ'ye aşırı güven, insan sezgisinin ve yaratıcılığının ikinci plana itilmesine neden olabilir. Bu durum, mimarlıkta tekdüze ve yerin ruhuna uygun olmayan tasarımlar doğurabilir.
- Veri Güvenliği ve Mahremiyet:** Özellikle kültürel miraslara dair hassas bilgilerin dijital ortamlarda paylaşımı, veri güvenliği tehditlerini beraberinde getirebilir.
- Algoritmik Yanlılık:** YZ sistemlerinin eğitildiği veri setleri taraflıysa, önerilen tasarım çözümleri de bu yanlılığı yansıtabilir.
- Etik Sorunlar:** YZ'nin önerdiği müdahalelerin tarihi yapıların özgünlüğüne zarar verme riski her zaman mevcuttur. Bu nedenle her çözüm etik ve kültürel bir süzgeçten geçirilmelidir.

#### V. SONUÇ

Bu çalışma, yapay zekâ teknolojilerinin tarihi yapılara çağdaş ek tasarımı süreçlerinde nasıl kullanılabileceğine sorusuna cevap arama amaçlı güncel uygulamalar ve araştırmaların bulunduğu verileredayanarak bir değerlendirme sunmaktadır. Yapay zekâ; veri analizi, kullanıcı ihtiyaçlarının belirlenmesi, alternatif üretimi, restorasyon planlaması ve dijital belgeleme gibi çeşitli aşamalarda tasarım sürecine önemli katkılar sunmaktadır. Mimarlık ve koruma alanında dijitalleşme, çağdaş ek tasarımlarını yalnızca biçimsel olarak değil, kavramsal ve stratejik olarak da dönüştürmektedir.

SWOT analizi sonucunda, yapay zekâ teknolojilerinin güçlü yönlerinin ve potansiyel fırsatlarının, çağdaş ek tasarımında karşılaşılan problemlere çözüm üretmede etkili olabileceği görülmüştür. Özellikle parametrik tasarım ve veriye dayalı karar destek sistemleri sayesinde, hem tasarım süreci hızlanmakta hem de daha sürdürülebilir ve özgün çözümler geliştirilebilmektedir. Bununla birlikte, veri kalitesi, sezgisel değerlendirmedeki eksiklikler ve etik tartışmalar gibi bazı zayıf yönler ve tehditler de tespit edilmiştir.

Bu noktada, tehdit olarak görülen unsurların, teknolojinin gelişmesiyle ve profesyonellerin bu alana daha çok dahil edilmesiyle fırsata dönüştürüleceği düşünülmektedir. Örneğin; algoritmik önyargıların azaltılması, veri güvenliği önlemlerinin artırılması ve yapay zekâ sistemlerinin kültürü tanıyacak şekilde eğitilmesi, veri setleri oluşturulurken uzmanlardan destek alınması teknolojinin daha bilinçli kullanımını mümkün kılacaktır. Ayrıca, insan ve makine etkileşiminin dengeli kurulması, tasarımcının rolünün korunmasına olanak sağlayacaktır.

İncelenen uygulamalar göstermektedir ki, yapay zekâ destekli araçların mimarlık ve koruma pratiğine entegrasyonu hâlâ gelişmekte olan bir alandır. Ancak mevcut araştırmalar ve uygulamalar, bu alanda önemli bir dönüşüm yaşandığını ve önümüzdeki yıllarda daha yaygın, erişilebilir ve etkili uygulamaların geliştirilebileceğini göstermektedir. Bu anlamda çalışma, çağdaş ek tasarımında karşılaşılan güncel problemlere yönelik çözüm üretme potansiyeli taşıyan yapay zekâ teknolojilerinin etkin kullanımına dikkat çekerek, tarihi koruma alanında önemli bir yeri olan çağdaş ek tasarımında YZ'nin etkin kullanılabileceğini sunmaktadır.

#### KAYNAKÇA

- [1] Z. Ahunbay, *Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon*, 5. baskı, İstanbul: Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları, 2009.
- [2] N. ÖZKARACA ÖZALP and H. H. HALAÇ, "Analysis of Additional Building Effects in Historic Buildings with Visual Attention Software: The Case of Dresden Military History Museum", ICCAUA, Jun. 2024, vol. 7, no. 1, pp. 1210–1222.
- [3] T. İçözü.(2024) "Mimari projelerde kullanabileceğiniz 6 yapay zekâ aracı" Webrazzi. [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: <https://webrazzi.com/2024/02/15/mimari-projelerde-kullanabileceginiz-6-yapay-zeka-araci/>
- [4] (2023) "Mimarların ve tasarımcıların bilmesi gereken 10 yapay zeka uygulaması" XXI web sitesi. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://xxi.com.tr/index.php/guncel/haber/mimarların-ve-tasarımcıların-bilmesi-gereken-10-yapay-zeka-uygulaması>
- [5] "Mimarlıkta yapay zeka programları " Çuhadaroğlu web sitesi. . [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.cuhadaroglu.com/mimarlıkta-yapay-zeka-programları>
- [6] H. Aş, "Saran mimari yazılım ve teknolojilerinin kültürel mirası koruma çalışmalarında kullanımı," *Tasarım Enformatiği*, cilt 1, sayı 2, ss. 92, ISSN: 2687-4652.
- [7] O. Kırıcı, "Koruma bağlamında çağdaş ek," Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Trabzon, Türkiye, Ekim 2023.
- [8] B. Erkoç ve G. Payaşı Oğuz, "Tarihi yapıların restorasyon çalışmalarında çağdaş eklerin mekân organizasyon türleri bakımından değerlendirilmesi," *Online Journal of Art and Design*, cilt 12, sayı 3, ss. 118-139, Temmuz 2024.
- [9] K. Sağlam ve C. Tavşan, "Tarihi çevrede çağdaş eklerin biçimsel ve kavramsal kriterlere bağlı karşılaştırılması," *Yakın Mimarlık Dergisi (Journal of Near Architecture)*, cilt 3, sayı 1, ss. 48-65, Ekim 2019.
- [10] M. T. Zeren, *Tarihi çevrede yeni ek ve yeni yapı olgusu: Çağdaş yaklaşım örnekleri*. İstanbul, Türkiye: Yalın Yayıncılık, 2010.
- [11] C. Bektaş, *Koruma anarım*. İstanbul, Türkiye: Literatür Yayınları, 1992.
- [12] N. Eldem, "Tarih bilinci ve çağdaş kişilik," *Arredamento Dekorasyon*, cilt 92, sayı 5, ss. 100–101, 1992.
- [13] M. Ararat, "Tarihi yapılarla yapay zeka destekli hasar tespiti için bir model önerisi," Doktora tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Gaziantep, 2023.
- [14] M. Yapan ve G. Büyükmüçü, "Tarihi dokuda çağdaş ek tasarımı: Kemaliye örneği," *Journal of Palmette\**, sayı 3, ss. 67–90, 2023.
- [15] S. Ateş Can ve Ö. Uyguralp, "Tarihi çevrede yeni yapı/ek ve bağlam ilişkisi," *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi\**, cilt 13, sayı 1, ss. 27–39, 2022. [Çevrimiçi]. DOI:10.29048/makufebd.1031315
- [16] A. Sanalan, "Yapay zeka ve büyük veri teknolojilerinin mimari tasarım sürecindeki rolü," Yüksek lisans tezi, Maltepe Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, 2022.
- [17] G. Özkan (2021) "Kozasında dönuşen Toplum 5.0 ve heybesindekiler," *Harvard Business Review Türkiye*. [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: <https://hbrturkiye.com/blog/kozasında-donusen-toplum-5-0-ve-heybesindekiler>
- [18] E. G. Yetkin ve K. Coşkun, "Endüstri 5.0 (Toplum 5.0) ve mimarlık," *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi\**, sayı 27, ss. 347–353, 2021.
- [19] "Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)," Oracle Web Sitesi.[Çevrimiçi]. Erişim Adresi: : <https://www.oracle.com/tr/internet-of-things/>
- [20] (2021) "Big Data (Büyük Veri) nedir," Boer Elektronik Web Sitesi. [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: <https://www.boer.com.tr/tr/blog-60-0-big-data-b%C3%BCy%C3%BCK-veri-nedir.asp>
- [21] (2024) "Benefits and risks of AI." Consilium Web Sitesi.[Çevrimiçi]. Erişim Adresi: <https://www.consilium.europa.eu/mt/policies/benefits-and-risks-of-ai/> [Erişim: 13 Haz 2025].
- [22] (2021) "Kablosuz sensör teknolojisi 101: Bilmeniz gereken her şey," Wipelot web sitesi. .[Çevrimiçi]. Erişim Adresi:<https://wipelot.com/kablosuz-sensor-teknolojisi-101-bilmeniz-gereken-her-sey>
- [23] T. M. Mitchell, *Machine Learning*. USA: McGraw-Hill, 1997.
- [24] E. Elpalydın, *Introduction to Machine Learning*, 3rd ed. Cambridge: MIT Press, 2014.
- [25] J. Brownlee. (2017) "What is natural language processing?," *Machine Learning Mastery Web sitesi*. [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: <https://machinelearningmastery.com/natural-language-processing/>
- [26] A. D. Kabakoğlu ve B. Akgün, "Üreten yapay zeka ve mimari obje üretimi," *Uluslararası Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırma Dergisi*, cilt 11, sayı 114, ss. 2680–2693, Aralık 2024.
- [27] M. Özdemir ve S. A. Selçuk, "Mimarlıkta makine öğrenmesi: Bibliyometrik bir analiz," *Online Journal of Art and Design*, cilt 9, sayı 4, ss. 194–207, Ekim 2021.
- [28] (2024) Swapp web sitesi.[Çevrimiçi]. Erişim Adresi: <https://www.swapp.net/product>
- [29] EvolveLab web sitesi. [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: <https://www.evolveLab.io/vera>
- [30] Finch web sitesi. [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: <https://www.finch3d.com/>
- [31] ImagineArt web sitesi. [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: <https://www.imagine.art/dashboard/image>
- [32] Maket web sitesi .[Çevrimiçi]. Erişim Adresi:<https://www.maket.ai/>
- [33] Coohom web sitesi.[Çevrimiçi]. Erişim Adresi: <https://www.coohom.com/>
- [34] ArchitectGPT web sitesi. [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: <https://www.architectgpt.io/imagine>
- [35] Hypar web sitesi.[Çevrimiçi]. Erişim Adresi: <https://docs.hypar.io/d6f714da482c4eecca02e9e40aa479596>
- [36] Spacio web sitesi [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: <https://spacio.ai/>
- [37] (2017) "Turitler için Sanal Gerçeklik Turu "Youtube.[Çevrimiçi]. Erişim Adresi: <https://www.youtube.com/watch?v=WKkQ-Z4I7v4&t=109s>
- [38] A. Altundaş.(2017) "Tarihi yerler sanal gerçeklikle evden ziyaret edilebilecek" Euronews web sitesi. [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: <https://tr.euronews.com/next/2017/05/08/tarihi-yerler-sanal-gerçeklikle-evden-ziyaret-edilebilecek>
- [39] N. Orta, "Somut olmayan kültürel mirasın korunmasında yapay zekâ, veri bilimi ve makine öğrenmesinden yararlanma," *RumeliDE Dil ve Edebiyat Araştırmaları Dergisi\**, sayı 38, ss. 748–777, 2024.
- [40] British Museum Sanal Tur Google Arts & Cultures Web sitesi .[Çevrimiçi]. Erişim Adresi:<https://artsandculture.google.com/partner/the-british-museum>
- [41] (2024). "Stunning 3D Building Facade Scanning with SLAM100 LİDARScanner: Colorized&Accurate" YouTube.[Çevrimiçi]. Erişim Adresi: <https://www.youtube.com/watch?v=MXLrQYCaAC4>
- [42] H.Şenkal, S. Alaçam, "Derin öğrenmeye dayalı nesne tanıma modeli: Antik Yunan sütunları," *MSTAS2022 - XVI. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu*, Eskişehir Teknik Üniversitesi (ESTÜ), Eskişehir, Türkiye, Haz. 2022.
- [43] M.İbrahim.(2024) "Sanat ve kültürel mirasın korunmasında yapay zeka" Ultralytics web sitesi. . [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: <https://www.ultralytics.com/tr/blog/ai-in-art-and-cultural-heritage-conservation>