



Artificial intelligence applications in earthquake resistant architectural design: Determination of irregular structural systems with deep learning and ImageAI method

Kaan Bingöl¹, Aslı Er Akan^{2*}, Hilal Tuğba Örmecioglu³, Arzu Er⁴

¹Bilişim Innovation Center, METU Technopolis, Ankara 06510, Turkey

²Çankaya University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, Ankara 06530, Turkey

³Akdeniz University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, Antalya 07070, Turkey

⁴Akdeniz University, Technical Vocational High School, Antalya 07070, Turkey

Highlights:

- Artificial neural networks and deep learning methods
- A new method for estimating structural irregularities
- The use of deep learning and image processing methods in earthquake resistant architectural design

Keywords:

- Earthquake Code
- Deep Learning
- Python
- Image AI
- Artificial Intelligence

Article Info:

Research Article
Received: 18.11.2019
Accepted: 26.05.2020

DOI:

10.17341/gazimmfd.647981

Correspondence:

Author: Aslı Er Akan
e-mail:
aslierakan@cankaya.edu.tr
phone: +90 312 284 4500

Graphical/Tabular Abstract

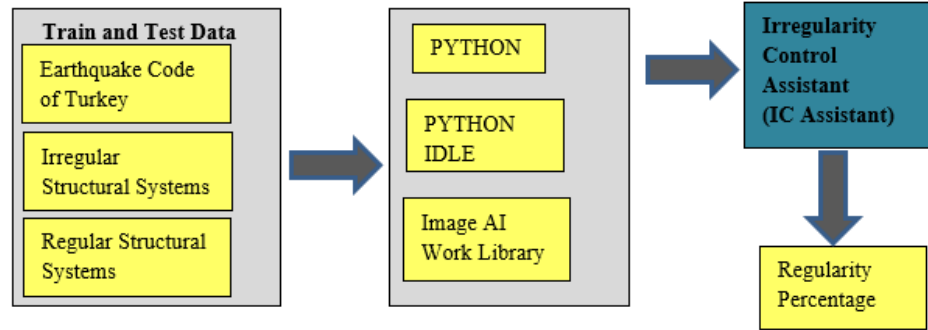


Figure A. Graphical Abstract

Purpose: The aim of this study is to create an Irregularity Control Assistant (IC Assitant) that can provide architects general information about the appropriateness of structural system decisions to earthquake regulations in the early stages of design process by using the deep learning and image processing methods. In this way, correct decisions will be made in the early stages of the design and unexpected revisions that may occur during the implementation project phase will be prevented.

Theory and Methods:

In this study, we present an Irregularity Control Assistant (IC Assitant) that can provide architects general information about the irregularities in structural systems that are defined in earthquake code of Turkey, which is developed by using deep learning and image processing methods. PYTHON which is one of the most used programming languages in academic field and PYTHON IDLE (Integrated Development and Learning Environment) which is presented with this language were used to create the application. Image AI work library was used to make this software product.

Results:

The IC Assistant was presented with new plans that had not been given before to the machine and was asked whether the structural systems in these plans were regular or irregular as defined in the earthquake regulation. The results showed that the DK assistant can successfully provide information on the percentage of regularity of any structural system presented to it.

Conclusion:

The study shows that the deep learning and image processing methods can be used to discover structural irregularities in early stages of architectural design process.



Depreme dayanıklı mimari tasarımda yapay zeka uygulamaları: Derin öğrenme ve görüntü işleme yöntemi ile düzensiz taşıyıcı sistem tespiti

Kaan Bingöl¹, Aslı Er Akan^{2*}, Hilal Tuğba Örmecioglu³, Arzu Er⁴

¹Bilişim İnovasyon Merkezi, ODTÜ, Teknokent, Ankara, 06510, Türkiye

²Çankaya Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, 06530, Türkiye

³Akdeniz Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Antalya, 07070, Türkiye

⁴Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Antalya, 07070, Türkiye

Ö N E Ç İ K A N L A R

- Yapay sinir ağları ve derin öğrenme yöntemleri
- Taşıyıcı sistem düzensizliklerini tahmin etmek için yeni bir yöntem
- Depreme dayanıklı mimari tasarımda derin öğrenme ve görüntü işleme yöntemlerinin kullanılması

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 18.11.2019

Kabul: 26.05.2020

DOI:

10.17341/gazimmfd.647981

Anahtar Kelimeler:

Deprem yönetmeliği,
derin öğrenme,
görüntü işleme,
python,
yapay zeka

ÖZET

Mimari tasarım süreci ana tasarım kararlarının alınmasından detaylandırma aşamasına kadar farklı birçok konuda uzmanlaşmış kişilerin işbirliği ile gerçekleşse de ana kararların alınması, plan organizasyonu, kütle kurgusu vb. temel kararlar mimar tarafından alınmaktadır. Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) programları ise genellikle, tasarımın ana kararları alındıktan sonra etkili olmaktadır. Bu nedenle, süreçte alınan ana kararların taşıyıcı sistem hesabı sırasında değiştirilmesinin gerekmesi ise sıkça rastlanan bir durum haline gelmektedir. Bunun oluşmaması için mimari tasarımın erken evrelerinde deprem mimarlığı bilinciyle taşıyıcı sistem kurgusunun bir tasarım girdisi olarak sürece katılması gerekir; çünkü mimari tasarım aşamasında taşıyıcı sistem kurgusunun iyi düşünülmesi, uygulama projesi aşamasında beklenmedik revizyonlarla karşılaşılmasına ve dolayısıyla hem süreç hem de maliyet olarak ciddi kayıplara sebep olmaktadır. Bu çalışmanın amacı, söz konusu probleme çözüm oluşturacak şekilde, derin öğrenme ve görüntü işleme yöntemleri kullanarak, tasarımın erken evrelerinde, mimarlara taşıyıcı sistem kararlarının deprem yönetmeliğine uygunluğu hakkında genel bilgiler verebilecek bir Düzensizlik Kontrol Asistanı (DK Asistanı) oluşturulmasıdır. Böylelikle, tasarımın erken aşamasında doğru kararlar alınması sağlanacak, uygulama projesi aşamasında gerçekleştirilecek beklenmedik revizyonlar engellenecektir.

Artificial intelligence applications in earthquake resistant architectural design: Determination of irregular structural systems with deep learning and ImageAI method

H I G H L I G H T S

- Artificial neural networks and deep learning methods
- A new method for estimating structural irregularities
- The use of deep learning and image processing methods in earthquake resistant architectural design

Article Info

Research Article

Received: 18.11.2019

Accepted: 26.05.2020

DOI:

10.17341/gazimmfd.647981

Keywords:

Earthquake code,
deep learning,
imageai,
python,
artificial intelligence

ABSTRACT

Although the architectural design process is carried out with the collaboration of experts who are experienced in many different areas from the main preferences to the detailing stage, the major decisions such as plan organization, mass design etc. are taken by the architect. Computer Aided Design (CAD) programs are generally effective after the major decisions of the design are taken. For this reason, it is common for the main decisions, taken during the design process, to be changed during the analysis of the structural system. In order to prevent this, in the early stages of architectural design, earthquake system awareness and structural system design should be included as an design input; as, the failure of the structural system which did not considered well in the architectural design phase leads to unexpected revisions in the implementation project phase and thus leads to serious losses in both time and cost. The aim of this study is to create an Irregularity Control Assistant (IC Assitant) that can provide architects general information about the appropriateness of structural system decisions to earthquake regulations in the early stages of design process by using the deep learning and image processing methods. In this way, correct decisions will be made in the early stages of the design and unexpected revisions that may occur during the implementation project phase will be prevented.

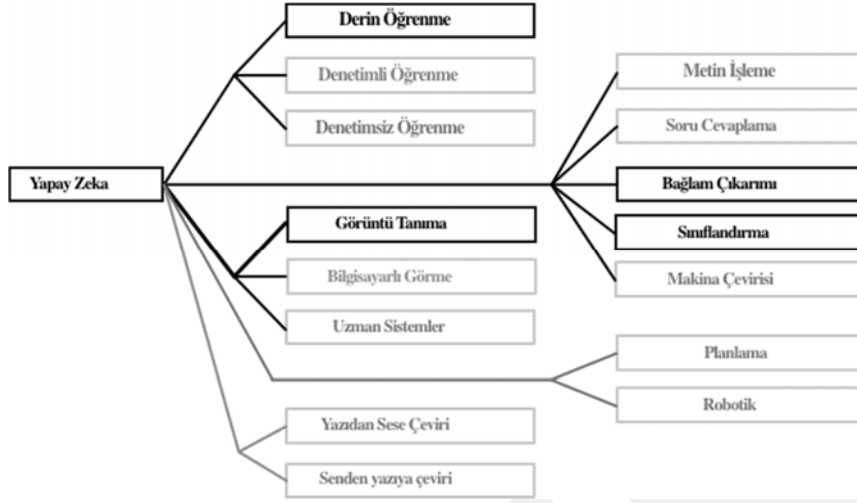
*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: kaanbingoel@gmail.com, *aslierakan@cankaya.edu.tr, ormecioglu@akdeniz.edu.tr, arzuer@akdeniz.edu.tr / Tel: +90 312 284 4500

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde her alanda olduğu gibi mimarlar tarafından kullanılan dijital araçlar da sürekli olarak gelişmekte ve tasarım sürecinin vazgeçilmez birer parçası haline gelmektedir. Artan ihtiyaçlar doğrultusunda, mimarlık alanında kullanılan ilk programlar 2B çizim programları iken zamanla 3B tasarım programları, enerji ve akustik hesaplama programları, maliyet tahmini, strüktürel analiz ve çevresel benzetim programları gibi ürünlerle bu programlar çeşitlenmiş ve yetenekleri artmıştır. Son olarak, proje tasarımını ve yönetimini kolaylaştırmayı, yapı tasarımı aşamasına katılan farklı disiplinlerdeki kişilerin -mimarlar, inşaat mühendisleri, elektrik mühendisleri, mekanik mühendisleri... - iletişim problemlerini tek bir çatı altında toplayarak ortadan kaldırmayı hedefleyen BIM (Bina Bilgi Yönetimi) sistemleri ortaya çıkmıştır. Süreçte kullanılan araçların yeteneklerinin artması, dolaylı olarak mimari tasarım aşamalarının da kısmen dönüşmesine sebep olmuş olsa da, temel olarak tasarım sürecindeki ana kararlar ve organizasyon yine tasarımcı mimara ait olmaya devam etmektedir. Bunun ana nedeni, bahsedilen programların tamamının tasarım sürecinin ana kararları alındıktan sonra devreye girmesidir. Süreçte mimar halen ana kararları verirken kendi bilgi, tecrübe ve yetenekleri doğrultusunda karar vermekte; karar veremediği durumlarda ise uzmanlık sahibi birine danışılmaktadır.

Günümüzde bilgisayar teknolojilerinin ve donanımlarının gelişimiyle yapay zeka uygulamalarının da yetenekleri artmış ve yeni metotlar ortaya çıkmıştır. 21. yüzyılda, hızla gelişen yapay zeka teknolojileri, mimarlara mimari tasarım süreçlerinde problem çözme konusunda yardımcı bir araç olma yolunda ilerlemektedir. Yapay zeka, normalde görsel algılamaya, konuşma tanıma ve diller arası çeviri gibi insan zekası gerektiren işleri yapabilen bir bilgisayar sistemidir. Matematiksel formüller ile doğrudan çözülmesi imkansız olan sorunların çözümünde, bilginin işlenerek karmaşık karar alma ve yorumlama işlerinde kullanılmaktadır. Yapay zeka, derin öğrenme ve görüntü işleme gibi tekniklerinde kullanılmasıyla özellikle uzmanlık ve tecrübe gerektiren alanlarda “erken aşama karar almada... iş akışını kolaylaştırabilmektedir” [2]. Özetle, yapay zeka kullanımındaki temel olgunun, verilerin tecrübe ile elde edilmiş doğru/yanlış yorumlamaları ile en az bir uzman kadar tutarlı ve doğru karar verme sürecini oluşturduğu söylenebilir. Mimari tasarım süreci de yapay zeka sistemlerinde olduğu gibi bir ağaç algoritmasına sahip karar verme süreçlerinden meydana gelir. Analizler, toplanan girdiler, bağlam, kararlar, konsept bu ağaç algoritmasının dallarını oluşturur. Mimar tıpkı yapay zeka algoritmalarında olduğu gibi ağacın dallarını taramaya başlar ve taramanın sonunda en uygun tasarım kararını verir. Ancak mimari tasarımda karakutu fenomeni nedeniyle dalların yönelimi öznel tercihlerle kurulurken yapay zeka ona tanımlanan nesnel doğru yanlış verilerine göre tercihlerini yapar. Mimarlar tasarım sürecinin başlangıcında, bir yandan yapının mimari tasarım kararlarını alırken, bir yandan da

taşıyıcı sistem kurgusunu oluşturmak zorundadır. Bu kurgunun en uygun biçimde yapılabilmesi için taşıyıcı sistem türlerini ve özelliklerini yeterince bilinmesi, bunları doğru seçilmesi ve doğru yerlerde kullanılması gerekmektedir. Mimari tasarımın erken aşamasında taşıyıcı sistem kurgusunun iyi düşünülmemesi, uygulama projesi aşamasında revizyonlarla karşılaşılmasına sebep olmaktadır. Taşıyıcı sistem kurgusunda yapılan büyük revizyonlar çoğu zaman mimari tasarımın da büyük ölçüde değişimine sebep olmaktadır. Bu değişiklikleri en aza indirgeyebilmek için erken aşamada mimarların taşıyıcı sistem kararlarını doğru alması gerekir. Ancak, ülkemiz gibi deprem riski altında karmaşık yönetmeliklerin uygulanmasının zorunlu olduğu bir yerde mimarlar taşıyıcı sistem kararlarını tek başlarına alırken zorlanmakta ve yardıma ihtiyaç duymaktadırlar. Tasarım sırasında doğru kararı verebilmesi için ya ekibinde bir inşaat mühendisinin bulunması strüktürel analiz programlarını çok iyi kullanabilmesi ve yorumlayabilmesi gerekmektedir. Bu aşamada söz konusu unsurların bulunmadığı şartlarda yapay zeka ve yapay zeka uygulamaları kullanılabilir mi sorusu akla gelmektedir. Çalışma kapsamında, yapay zekanın, ve yapay zeka metotlarının kullanıldığı alanlar incelenmiş ve mimarlık alanında kullanılabilecek yöntemler tartışılmıştır. Araştırma sonucunda yapay zekanın karar vermek için verileri kullanma yeteneği ve önerilerinin, özellikle bir mimari projenin ilk aşamasında, tasarım süreci için çok önemli olduğu görülmüştür. Ayrıca, tasarımın ilk evrelerindeki eskiz vb. iki boyutlu çalışma metotları göz önünde bulundurularak, yapay zeka çalışma alanı içerisindeki görüntü tanıma, görüntü işleme ve derin öğrenme metotlarının (Şekil 1) mimarlık ve inşaat alanlarında kullanılmalarını araştırılmış; görüntü işlemenin dijitalleştirilmiş vektörel çizimlerden ziyade fotoğraf üzerinden hızlıca değerlendirme yapma imkanları üzerinde durulmuştur. Farklı disiplinlerdeki derin öğrenme ve görüntü işleme ile çözülen problemleri literatürde incelenerek aynı metotların mimari alanda sağlayacağı faydalar tartışılmıştır. Bunlar ile birlikte tasarımın ana kararları arasında yer alan taşıyıcı sistem kurgusunun derin öğrenme, görüntü işleme ve görüntü sınıflandırma ile düzenlilik/düzensizlik durumunun bir uzman gibi değerlendirilmesinin mümkün olup olmadığı araştırılmıştır. Bu bağlamda, deprem yönetmeliğinde yer alan plan düzlemindeki düzensizlik durumlarını resim üzerinden bir uzman gibi okuyabilen ve projenin taşıyıcı sisteminin düzenli ya da düzensiz olduğuna dair bilgi verebilen bir Düzensizlik kontrol asistanı (DK asistanı) oluşturulması hedeflenmiştir. Bu asistan ile hem mimarların erken aşamada deprem mimarlığı (Deprem mimarlığı kavramı ilk kez Christopher Arnold tarafından depreme dayanıklı bina tasarımı tanımlamak için 1996 yılında kullanılmıştır [1]) bilinciyle doğru kararlar almasının sağlanması hem de proje aşamasında gerçekleştirilecek beklenmedik revizyonların engellenmesi beklenmektedir. Bu amaçla, ilk aşamada deprem yönetmeliğinde yer alan düzensizlik durumlarından burulma düzensizliğini görüntü işleme ile plan üzerinden değerlendiren bir prototip geliştirilmiştir.



Şekil 1. Yapay Zekanın Derin Öğrenme Karar Verme Yöntemleri [3]
(Deep Learning Decision Making Methods of Artificial Intelligence)

2. TEORİK METOD (THEORETICAL METHOD)

Taşıyıcı sistemin düzenli ya da düzensiz olduğuna dair bilgiyi verecek olan DK asistanını oluşturmak için makine öğrenimi metodlarından derin öğrenme yöntemleri kullanılmıştır. Bu methoda makineye seçilen doğru ve yanlış örneklerden bir veri seti girilmiş ve örnekleri inceleyerek, verilen yeni proje hakkında doğru ve yanlış şemalara benzerliğini değerlendirebileceği bir mantık kurması istenmiştir. Yani, derin öğrenme metodu ile makineye plan şemaları öğretilmiş, görüntü işleme ile ise önerilen planlar makine tarafından okunmuştur. Böylelikle bir girdi olarak verilen planın taşıyıcı sistemi hakkında uzman gibi yorum yapan ve mimara erken aşamada taşıyıcı sistem kurgusu için yardım eden bir araç oluşturulmuştur.

Çalışma metodu olarak Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğindeki (2018) kriterler esas alınarak başlanmıştır. Bu yönetmelikte taşıyıcı sistem düzensizlikleri temel olarak, plan düzleminde ve kesit düzleminde düzensizlikler olmak üzere iki bölümde incelenmektedir. Plan düzlemindeki düzensizlik durumları “burulma düzensizliği”, “döşeme süreksizliği” ve “planda çıkıntılarının bulunması” olarak belirtilirken, düşeydeki düzensizlik durumları “Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği”, “Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği” ve “Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği” olarak üç aşamada incelenmektedir [4]. Programın ilk aşaması için, yönetmeliğin plan düzlemindeki burulma düzensizliği tanımını kontrol etmek amacıyla, yönetmelikte belirtilen sınırlamalara uygun ve uygun olmayan 80 adet taşıyıcı sistem şeması üretilmiştir. Bu şemalar düzenli ve düzensiz olarak sınıflandırılarak makineye sunulacak veri setinin geliştirilmiştir. Şemalar belli bir ön-işlemden geçirildikten sonra makineye öğretilen imaj sayısı 2048 adede yükselmiştir.

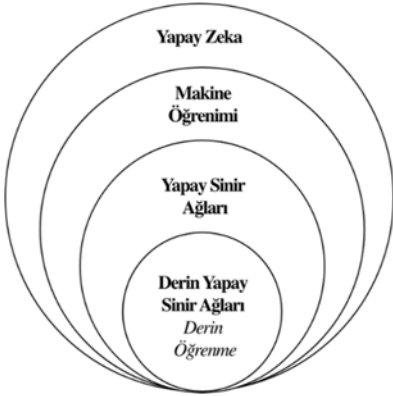
Daha sonra uygulamayı oluşturmak için akademik alanda en çok kullanılan “PYTHON” programlama dili ve yine Python programlama dili ile sunulan “PYTHON IDLE (Integrated 2200

Development and Learning Environment) (Entegre Geliştirme ve Öğrenme Ortamı)” kullanılmıştır [5]. Bu yazılım ürünü yapılırken “Image AI 2.0.2 - Framework” çalışma kütüphanesinden yararlanılmıştır [6]. Image AI, en gelişmiş yapay zeka metodlarını, yeni ve mevcut uygulamalara ve sistemlerine kolayca entegre edilebilen bir Computer Vision Python kütüphanesidir. Geliştiriciler, öğrenciler, araştırmacılar, öğretmenler ve uzmanlar tarafından, hızlı prototipler geliştirmek için kullanılmaktadır [7]. Python ve Image AI ile geliştirilen programa, üretilen şemaların görüntü okuma yöntemi ile aktarılması ve derin öğrenme tekniği ile işlenmesi ile oluşturulan DK asistanından yeni tasarımlar hakkında yorumda bulunması istenmiştir. DK asistanına daha önceden verilmemiş yeni planlar sunulmuş ve bu planlardaki taşıyıcı sistem şemalarının deprem yönetmeliğinde tanımlandığı şekilde plan düzlemine göre düzenli veya düzensiz olup olmadığını sorgulaması istenmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki DK asistanı kendisine sunulan herhangi bir taşıyıcı sistem şemasının yüzde kaç oranda düzenli ya da düzensiz olduğu bilgisini başarıyla verebilmektedir.

3. YAPAY ZEKA NEDİR? (WHAT IS ARTIFIAL INTELLIGENCE?)

Kavram olarak 1950’lerde ortaya atılan yapay zekanın literatürde ortak bir tanımı bulunmamaktadır. Günümüzde yapay zeka, insanlar tarafından zeki davranış olarak nitelendirilen bir takım faaliyetlerin makineler tarafından yapılmasını inceleyen bir bilgisayar bilimleri dalıdır. Yapay zeka hakkında literatürde geçen tanımları incelersek John McCarthy’e göre [7] yapay zekanın hedefi “ insan gibi davranış gösteren makineler geliştirmektir”. Nabiyev [8] ise yapay zekayı “bir bilgisayarın ya da bilgisayar denetimli bir makinenin, genellikle insana özgü nitelikler olduğu varsayılan akıl yürütme, anlam çıkartma, genelleme ve geçmiş deneyimlerden öğrenme gibi yüksek zihinsel süreçlere ilişkin görevleri yerine getirme yeteneği” şeklinde tanımlamaktadır. Bu tanıma göre yapay zekanın kullanım alanını, düşünsel yetenek gerektiren işleri bir takım veriler

ile birlikte makinelerle yaptırması olarak düşünmek mümkündür. Örneğin; 1966 yılında Joseph Weizenbaum tarafından MIT Yapay Zeka laboratuvarında oluşturulmuş bir doğal dil işleme bilgisayar programı olan Eliza Programı kullanıcıların verdiği cevaplara göre yeni sorular sormakta veya cevaplamaktadır [9]. Programın çalışma kurgusu, kullanıcının girdiği cümlelerin içinde bulunan anahtar kelimeleri saptayarak, önceden tanımlanmış olan cümlelerden birini konuşmanın devamına ekler ve kullanıcı ile etkileşime girer. Güncel bir örnek olan Apple'ın ürünlerinde bulunan Siri Asistanı yazılımı, temel olarak Eliza ile aynı mantıkta çalışmaktadır. Kullanıcı tarafından gelen bir takım verileri analiz ederek ortaya insan davranışına benzeyen bir biçimde sonuçları yansıtır.



Şekil 2. Yapay Zeka, Makine Öğrenimi ve Derin Öğrenme İlişkisi[10] (Artificial Intelligence, Machine Learning and Deep Learning Relationship)

Russel ve Norvig' e göre ise yapay zeka, akıllı varlıkları anlamak ve bunları taklit ederek karar verme sürecini basit, hızlı ve verimli hale getirmek için tasarlanmış bir mantık sistemidir [11]. Yapay zeka, insanlar gibi düşünen ve hareket eden aynı zamanda akıllı davranışların otomasyonu ile ilgilenen bir kavramdır. Yapay zeka hakkındaki tanımlamalar dört gruba ayrılmaktadır. Bunlar, insan gibi düşünen makineler (thinking humanly) [12, 13], insan gibi davranan makineler (acting humanly) [14, 15], rasyonel düşünen makineler (thinking rationally) [16, 17], rasyonel davranan makineler (acting rationally) [18, 19] şeklindedir.

4. MAKİNE ÖĞRENMESİ NEDİR? (WHAT IS MACHINE LEARNING?)

Makine öğrenimi (machine learning), bilgisayar sistemlerinin kullanıcı tarafından açık bir emir veya talimat belirtmeksizin önceden tanımlanmış belli bir görevi yerine getirmek için istatistiksel modellerin bilimsel bir çalışmasıdır [20]. 1980'lerde ilk kez ortaya çıkan bu tanım belli veri kalıplarına ve istatistiki çıkarımlara dayanarak çalışan bir yapay zeka sistemini anlatır. Örneğin, bir e-posta sürekli olarak kullanıcı tarafından istenmeyen posta olarak işaretlenir ise makine belli bir veri bütününe eriştiğinde aynı adresten gelen e-postalar kullanıcıya danışmadan otomatik olarak istenmeyen kutusuna ayrılacaktır [21]. Makine öğrenimi yapay zeka araştırma alanının bir alt dalı olarak

görülmür. Makine öğrenim algoritmaları, verilen bir görevi gerçekleştirmek üzere açıkça programlanmamış olsa da karar vermek için öngörülere dayanarak istatistik temelli bir mantık oluşturur. Bu mantığı kurabilmek için "Eğitim Verisi" olarak bilinen kullanıcı tarafından oluşturulmuş örnek veri yığınına dayanan matematiksel bir modeli oluşturmak gerekir [20]. Büyük bir veri yığınından yararlı bilgiyi çekip çıkarabilmek için ihtiyacı karşılayacak değerli verilerin elde edilmesi işlemine "Veri Madenciliği" denilmektedir. Veri madenciliği, makine öğrenmesi içindeki bir çalışma alanıdır ve denetimsiz öğrenme yolu ile keşifsel veri analizine odaklanmaktadır [22].

Makine öğreniminin en bilindik ve kullanılan uygulamalarından birisi resim tanımadır. Resim tanımadada, söz konusu resmi makinenin öğrenmesi için makineye binlerce benzer resmin tanıtılması gerekmektedir. Bu şekilde makine benzer resimleri, motifleri ve pikselleri öğrenerek o resimlerin ne olduğunu tanımlayabilir hale gelmektedir. Bu öğrenme sonucunda farklı resimleri birbirinden ayırt edebilmektedir. Sunulan veriler ve parametreler ile benzerlik kurup kendi kendini eğitmektedir. Makine öğrenimini bulanık mantık, yapay sinir ağları, derin öğrenme gibi üç alt başlık altında incelemek mümkündür.

4.1. Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)

1965 yılında Zadeh tarafından ortaya atılan bulanık mantık, %100 doğru veya %100 yanlış gibi kesin sonuç çıkartmak yerine biraz doğru biraz yanlış şeklinde gruplar arası benzerlikleri ifade eden bir sistemdir. Bulanık mantık küme teorisinde üyelik derecesi kavramını işler. Örneğin; gençler kümesine 25 yaşındaki bir insan %100 üye iken, 60 yaşındaki bir insan %30 üyedir şeklinde ifadeleri vardır. Bulanık mantığın gerçek hayat olaylarına daha iyi çözüm önerilerinde bulunabileceği düşünülmektedir [23].

4.2. Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Network)

Yapay sinir ağları, yapısal ve kavramsal olarak insan biyolojik sinir hücresinden ilham alarak birbirlerine bağlı yapay sinirlerden oluşmaktadır. Doğrusal olmayan bir modeldir ve bir girdi seti ve tek bir çıktı içermektedir [24]. Beynimizde yer alan sinir ağları karmaşık öğrenme ve yorumlama yeteneğine sahiptir. 1943'te McCulloch ve Pitts bu karmaşık sistemi matematiksel olarak taklit ederek yapay zekanın ve makine öğreniminin temelini oluşturmuşlardır [25]. Yapay sinir ağları, kontrol ve sistem tanımlama, görüntü ve ses tanıma, tahmin ve kestirim, arıza tespiti gibi alanlarda kullanılmaktadır [23].

4.3. Derin Öğrenme (Deep Learning)

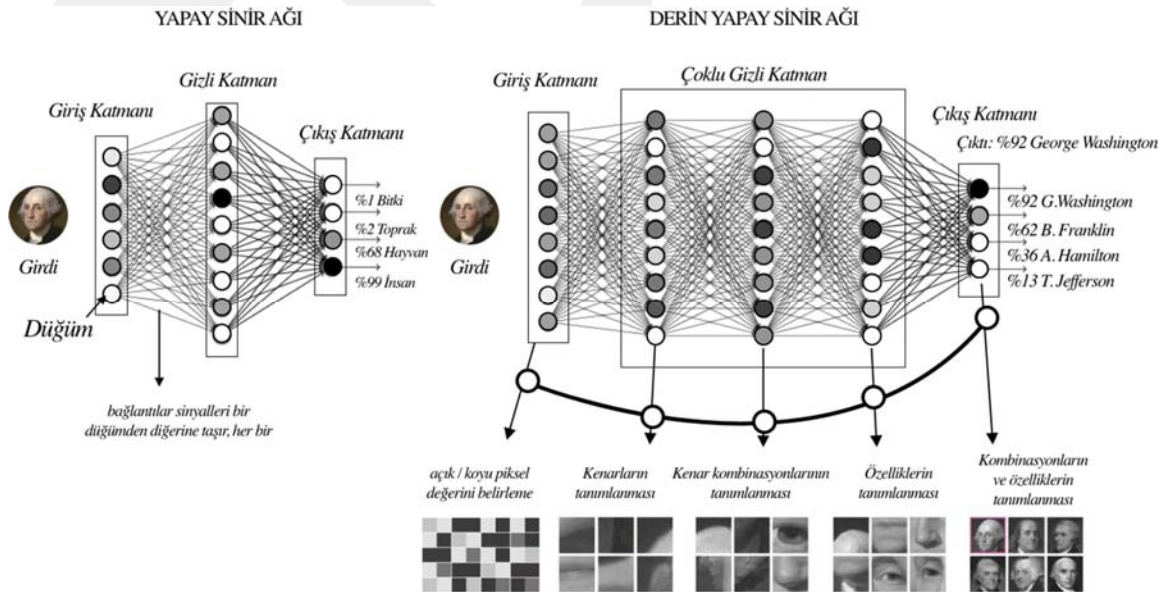
Yapay sinir ağlarına dayanan 2010'lu yıllarda kullanılmaya başlayan derin öğrenme veya hiyerarşik sıralı öğrenme kavramı bir makine öğrenme metodudur [26]. Temelde derin öğrenme makine öğreniminin bir alt kümesidir. Ancak makine öğrenimine göre yetenekleri farklılaşmaktadır. İnsan

düzeyine yakın görüntü sınıflandırması (insan kadar hassas görüntü tanıma ve sınıflandırma), insan düzeyinde konuşma tanıma, insan düzeyinde metin okuma ve seslendirme gibi konularını kapsamaktadır [27]. Makine algısı ve biçimsel akıl yürütme gibi doğal dil anlayışı dışında çok çeşitli sorunlarda uygulanmaya başlanmıştır. Hakkında hala araştırmaların yapıldığı deneysel bir alan olan derin öğrenmenin birçok bilim alanında ve yazılım geliştirmede etkili olması beklenmektedir. Şekil 3'te yapay zeka konusu içerisinde yer alan makine öğrenmesi metodlarından yapay sinir ağları ve derin öğrenmenin farkı görülmektedir. Özetle yapay sinir ağlarının çok katmanlı olanı literatürde derin öğrenme olarak geçmektedir.

5. MİMARLIKTAKİ YAPAY ZEKA KULLANIMI (THE USAGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ARCHITECTURE)

Mimarlıkta yapay zeka kavramı uzman sistemler, genetik programlama ve bulanık sistemler olarak kullanılmaktadır. Literatür incelendiğinde, mimarlık alanındaki yapay zeka çalışmaları bina tasarım sürecinin erken aşamalarında fiyatlandırma tahmini, şema tasarımı, plan tasarım optimizasyonu ve projenin denetlenmesi gibi konularda yapılmıştır. Bu alanda yapılan çalışmaları listelemek gerekirse; İdemem tezinde [29], Deprem Yönetiminde belirtilen AI düzensizliği olarak tanımlanan burulma düzensizliğini temel alarak, yapay zeka uygulamalarından yararlanarak binaların rijitlik ve ağırlık merkezlerinin kontrolünü yapmaktadır. Autocad programı ortamında LISP kullanılarak oluşturulan program başka programlar altında çalışmaktadır. Tuzcuoğlu [30] ise makalesinde, kullanımı artan yapay zeka yöntemlerinin varlığından ve yapay sinir ağlarının katkılarında bahsederken, bunları çalışma prensiplerine göre yapay sinir ağları; uzman sistemler; olguya dayalı açıklama ve küme teorisi olmak üzere üç

grupta incelemiştir ve türlere göre güçlü ve zayıf yönlerini araştırmıştır. Ayrıca küme mimarisinden de söz eden çalışma bulanık küme kuramının, İnşaat Mühendisliğinde kullanılabileceğini de anlatmaktadır. Günaydın ve Doğan ise çalışmalarında bina tasarım süreçlerinin erken aşamalarında maliyet tahmin problemlerini çözmek için yapay sinir ağı metodunun kullanımını araştırmışlardır. Çalışmada örnek olarak Türkiye'deki 4-8 katlı konut yapılarının betonarme yapı sistemlerinde metrekare maliyetini tahmin etmektedir. Maliyetleri belirlemek için sekiz farklı tasarım parametresi kullanılmıştır. Modeli eğitmek ve sınamak için otuz farklı projeden maliyet ve tasarım verileri alınmıştır. Kurulan model, %93 lük bir tutarlılıkla başarılı olmuştur [31]. Yine yapı alanında Lu ve arkadaşları çalışmalarında evrimsel hesaplama, yapay sinir ağları, bulanık sistemler, uzman sistemler ve öğrenme ile kaos teorisi gibi yapay zeka uygulamalarını ve son zamanlarda geliştirilen yöntem ve teorileri özetlemektedir. Lu makalesinde matematiksel veya fizik formülleri ile çözülemeyecek problemleri karmaşık problemler olarak tanımlamıştır. Yapay zeka başlığı altında yer alan genetik programlama, sürü teoremi, yapay sinir ağları, bulanık sistemler gibi uzman sistemler olarak belirlendiği sınıfların, erken aşamada, inşaat yönetiminde ve süre tahminlerindeki kullanımını incelemiştir. Sonuç olarak Lu ve arkadaşları, bu yöntemlerin tecrübesi olmayan kullanıcılar için tecrübe gerektiren problemlerin çözümünde yardımcı olduğunu ve aynı zamanda tecrübeli kullanıcıların da iş akışlarını daha verimli hale getirmesi gibi faydalarının bulunduğunu vurgulamaktadır [2]. Patil ve arkadaşları ise inşaat mühendisliğinde, karmaşık ve iyi anlaşılmayan problemlerin çözümünde geleneksel mühendislik programlarının yetersiz kaldığından bahsetmektedir. Yapay zekadan yardım alarak tahmin, risk analizi, karar verme, kaynak yönetim optimizasyonu ve benzeri bir çok konuda problemlerin çözüldüğünü örnekler ile anlatmaktadır [32]. Birbirine çok yakın iki disiplin olan inşaat mühendisliği



Şekil 3. Yapay Sinir Ağları ve Derin Öğrenmenin Farkı [28]
(Artificial Neural Networks and the Difference of Deep Learning)

ve mimarlık alanlarının herhangi birinde kullanılan yapay zeka uygulamalarının her iki disipline de faydalı olduğu bir gerçektir. Örneğin; Baydoğan tarafından, her iki disiplinin de yararına olan bir uygulama olarak yapay zeka ve arı algoritması kullanarak tip imar yönetmeliklerine göre arsa için en uygun tasarımı ve vaziyet planı üreten bir program yazılmıştır [33]. Waziri vd. ise çalışmalarında yapay sinir ağları ile yapım süreci maliyet tahmini, optimizasyon, zaman yönetimi, risk değerlendirmesi gibi matematiksel ve istatistiksel yöntemlerle çözülmesi zor olan problemleri incelemekte ve yapay sinir ağlarının, geleneksel programlara göre daha doğru ve güvenilir tahminler verdiğini savunmaktadırlar [34]. Wei ise yapay zeka ile mimari tasarımın bir arada kullanılmasına ilişkin mimari akıllı tasarım (MAT) modeli önermekte ve MAT modeline göre, mimari tasarım, analiz ve imalat üzerine uygulanan bir dizi yapay zeka yöntemini tartışmaktadır [35]. Bir diğer çalışmada ise Cudzik ve Radziszewski, mimarlar tarafından kullanılan yardımcı araçların her zaman yapım sürecini ve tasarım sürecini etkilediğini vurgulamaktadır. Çalışma, yapay zekanın hesaplama ve simülasyon uygulamalarında kullanıldığını ve yeni hesaplama algoritmaları ile geometrik formların karmaşık yapısını ortaya çıkartıp bunları detaylandırabildiğinden bahsetmekte; küme zekası algoritması, evrimsel algoritmaları, yapay sinir ağı algoritmaları ve bunların mimarideki kullanımlarını örneklemektedir [36].

Yukarıda özetlenen literatüre bakıldığında yapay zekanın mimarlıktaki kullanımı için araştırmaların son yıllarda arttığı görülmektedir. Buna karşın; taşıyıcı sistem tasarımı aşamasında yapay zeka kullanımı ile ilgili çalışmaların azlığı da dikkat çekmektedir. Bu nedenle bu çalışmada yapay zeka yöntemlerinden derin öğrenme metodu ile makineye düzenli taşıyıcı sistemler öğretilmiştir. Bu öğrenme ile makineye bir planı yüklediğimizde düzenli veya düzensiz bir taşıyıcı sisteminin olup olmadığını dair yorum yapabilmektedir. Bu nedenle bu çalışmanın da mimarlık alanında yapay zeka kullanımına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

6. DEPREM VE TAŞIYICI SİSTEM ESASLARI (EARTHQUAKE AND PRINCIPLES OF STRUCTURAL SYSTEMS)

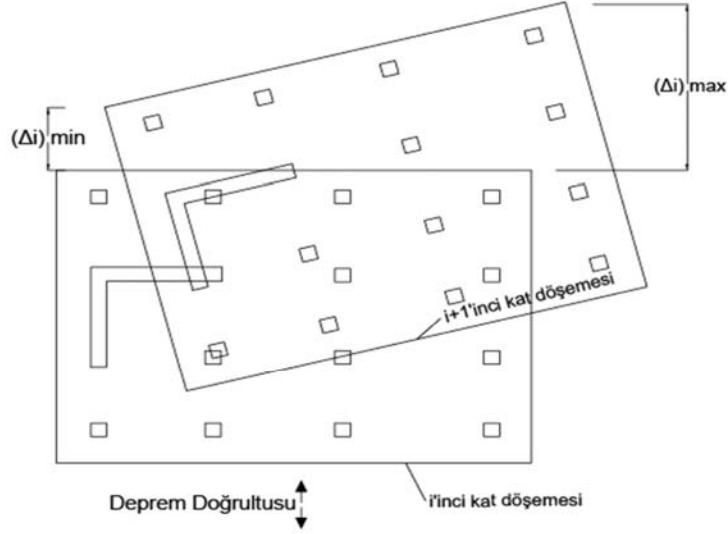
Deprem, yerküre içinde ani enerji değişimlerinin oluşması, dünya yüzeyine titreşim dalgaları olarak ulaşması ve dağılması sonucu ile meydana gelir. Bu titreşimlere sismik dalga adı verilir. Sismik dalgalar enerjinin değiştiği noktadan dünyanın kütlesi içinde yayılarak yeryüzüne kadar gelir. Bu durum yeryüzünde harmonik titreşimler oluşturur. Ne zaman gerçekleşeceği tahmin edilemeyen yeryüzünün bu sismik hareketleri, yapılara, insanların canına ve malına zarar vermektedir. Sismik hareket yani deprem insanları sürekli olarak tehdit eden ancak ne yazık ki büyük depremler olduğunda ciddiyeti hatırlanan bir doğal afettir.

Depremden yapıları korumak için, yer hareketlerinin neden olduğu titreşime karşı koyabilecek şekilde yapıların tasarlanması gerekir. Yapı güvenliğini doğru bir şekilde tanımlamak tecrübeye, rasyonel düşünceye ve karar verme

ile ilgili deneyime doğrudan bağlıdır [37]. Taşıyıcı sistem sadece taşıyıcıların boyutları ya da sıklıklarıyla ilgili değildir. Mimarların tasarımının ilk evrelerinde aldığı temel kararlar olan çekirdek yerleşimi, planda ve kesitteki dolu ve boş alanlar, kütlelerin biçimlenişi yapının rijitliğini ve güvenliğini önemli ölçüde etkiler. Mimarın yapı güvenliğini riske atmayacak tasarımlar üretmesi için yapı ile ilgili esaslara ve yönetmeliklere uygun tasarımı ortaya koyması gerekmektedir. Deprem yönetmeliği bina taşıyıcı sistemlerinin düzenlenmesinde dikkat edilecek üç ilkinden bahseder. Bu ilkeler; “Taşıyıcı Sistemin Sadeliği ve Basitliği”, “Taşıyıcı Sistemin Düzenli ve Simetrik Olarak Düzenlenmesi”, “Taşıyıcı Sistemde Yeterli Dayanım ve Rijitlik” ilkeleridir. Bu ilkelere uymayan binalar düzensiz binalar olarak adlandırılır. Düzensiz binalar depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken yapılardır. Kaçınılması gereken bu düzensiz durumlar deprem yönetmeliğinde “Planda Düzensizlik Durumları” ve “Düşeyde Düzensizlik Durumları” olmak üzere iki gruba ayrılmıştır [4]. Prototip aşamasındaki bu çalışmada, görüntü işleme yöntemi ile makineye öncelikle plan düzlemindeki düzensizlikler öğretilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında ise düşeydeki düzensizlikler öğretilecek ve yapının kesit düzlemindeki düzensizliklerine dair de makinenin yorum yapması sağlanacaktır.

6.1. Planda Düzensizlik Durumları (Irregularities in Plan)

Plan düzleminde yapının deprem davranışını etkileyen iki temel sorun rijitlik merkezinin yerinin değişmesi ve serbest salınım yapabilecek kadar uçların uzatılmasıdır. Bunlar Deprem Yönetmeliği’nde A grubu düzensizlikler olarak tanımlanır. A1 ve A2 tipi düzensizlikleri oluşturan burulma ve döşeme süreksizliği düzensizlikleri ağırlık merkezi ve geometrik merkezin üst üste düşmesini engelleyecek plan düzenlemeleri, yapının rijitlik merkezini değiştirdiği ve dayanımda ani azalmalara neden olduğu için düzensizlikler meydana getirmektedir. A1 tipi düzensizlik durumu deprem yönetmeliğinde burulma düzensizliği olarak ifade edilir ve şu şekilde tanımlanır; “Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî öteleme oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} ’nin 1,2’den büyük olması durumudur.” (Şekil 4) [4]. A2 tipi düzensizlik durumu ise döşeme süreksizliği olarak tanımlanır ve Deprem Yönetmeliği’ne göre; “Herhangi bir kattaki döşemede (Şekil 5); I - Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3’ünden fazla olması durumu, II - Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu, III - Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması” [4] durumunda gerçekleşir. A3 tipi düzensizlikte ise plandaki çıkıntuların uzaması ile yapının kollarının deprem anında kontrolsüz salınarak hasar oluşturması problemi oluşmaktadır. Deprem Yönetmeliği’nde A3 düzensizliği “Bina kat planlarındaki çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki



Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda

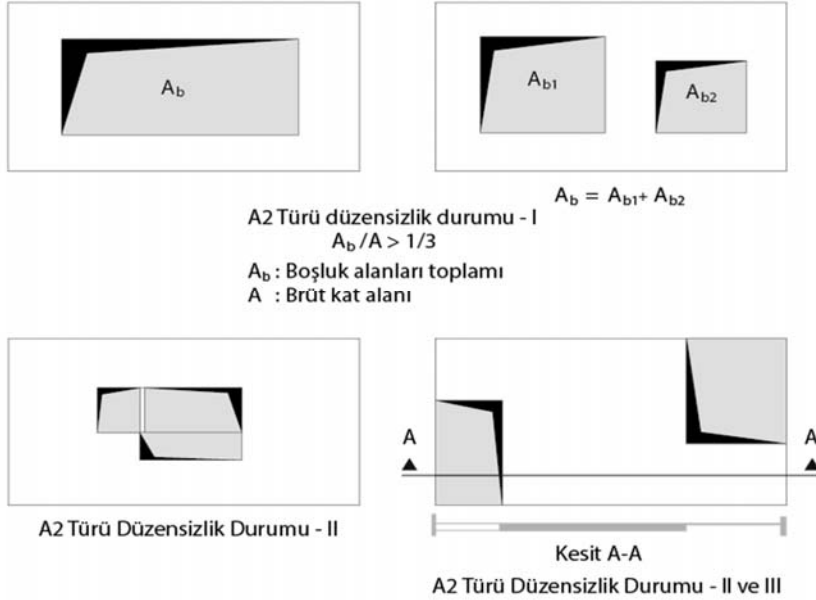
$$(\Delta i)_{ort} = 1/2[(\Delta i)_{max} + (\Delta i)_{min}]$$

Burulma düzensizliği katsayısı:

$$\eta_{bi} = (\Delta i)_{max} / (\Delta i)_{min}$$

Burulma düzensizliği Durumu: $\eta_{bi} > 1.2$

Şekil 4. Burulma Düzensizliği (Torsional Irregularity) [4]



Şekil 5. Döşeme Düzensizliği (Floor Discontinuity) [4]

boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu" olarak tanımlanmaktadır (Şekil 6) [4]. DK Asistanının kontrol etmek için eğitildiği A1 tipi düzensizlik problemi yapının ilk tasarım aşamasında yapı çekirdeğinin konumlandırılması sırasında düşünülmesi gereken temel bir durumdur. A1 tipi düzensizlik olan

burkulmaya karşı daha tasarım aşamasında taşıyıcıların birbirine göre konumu ve aralıkları, boyutları vb. durumların kontrol edilmesi gerekir. Taşıyıcı elemanların plan düzleminde bir bölgede yoğunlaşması ve sıklaşması yapıyı daha rijit hale getirmez. Tam tersine yapısal dengeyi bozarak rijitlik merkezinin yerini değiştirir. Bu nedenle plan düzleminde özellikle yapı çekirdeğinin konumuna göre

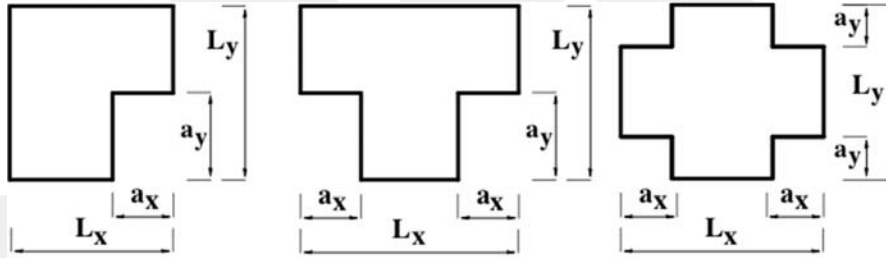
kolonlar ve perdelerin çekirdeği dengeleyecek şekilde sade, düzenli ve eşit boyut ve aralıklı tasarlanması gerekir. Bu kurallar dışında tasarlanan taşıyıcı sistemler deprem yükleri altında sakıncalıdır. Taşıyıcı sistem tasarımı her ne kadar inşaat mühendislerin sorumluluk alanı gibi görünse de mimarların erken tasarım aşamasında taşıyıcı sisteme dair aldıkları kararlar çok önemlidir. İnsanlara zarar veren depremden çok depremde yıkılan binaların olduğu gerçeği düşünüldüğünde taşıyıcı sistem tasarımının mimarların ve mühendislerin ortak sorumluluğunda olduğu açıktır. Hesaplamalar doğru yapılsa bile taşıyıcı sistem kurgusunda yapılan hatalar nedeniyle yapılar depremlerden olumsuz yönde etkilenirler. Bu hataları en aza indirgeyebilmek için derin öğrenme ve görüntü işleme metotları kullanılarak taşıyıcı sistem kurgusunun düzenli veya düzensiz olduğuna dair DK asistanından yorum almak mimarlara ilk tasarım aşamasında yardımcı olacaktır.

7. DERİN ÖĞRENME VE GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİNİ KULLANAN DK ASİSTANININ SINANMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ (TESTING AND EVALUATING OF IC ASSISTANT WHICH USES DEEP LEARNING AND IMAGE AI METHODS)

Bir mimari projenin taşıyıcı sistem kurgusunda düzensizlik olup olmadığını derin öğrenme ve görüntü işleme yöntemi ile tespit edebilen DK asistanı hazırlanırken deprem yönetmeliğinde planda taşıyıcı sistem düzensizliklerinin ilki

olan burulma düzensizliği kuralına göre düzenli ve düzensiz olmak üzere iki farklı veri seti oluşturulmuştur. Veri setleri hazırlanırken derin öğrenme algoritmalarının bulunduğu ve görüntü işleme kütüphanelerinin hazır olarak bulunduğu IMAGE AI [6] kütüphanesinden yararlanılmış, program ise PYTHON IDE [5] ortamında geliştirilmiştir. Veri setleri planda düzensizlik durumları başlığı altında yer alan "A1 Tipi Düzensizlik: Burulma Düzensizliği" içeren ve içermeyen şemalardan oluşturulmuştur. Bu şemalar yönetmelikte yer alan rijitlik ve ağırlık merkezinin tanımları ve formüllerine göre düzenli ve düzensiz olarak sınıflandırılmıştır. Veri setleri betonarme kolon, perde ve düşey sirkülasyon elemanları düzenini gösteren ve rijitlik merkezleri birbirinden farklı olan şemalardan oluşmaktadır. Hazırlanan bu setler derin öğrenme yöntemi ile makineye öğretilmiştir. Bilindiği gibi derin öğrenme yönteminde, makineye ne kadar çok şema ve varyasyon tanıtılır ve öğretilirse o kadar doğru sonuç elde edilmektedir. Öğretilen plan şemalarının derin öğrenmede bulunan çoklu yapay sinir ağı katmanları için ham imaj, rotasyon ve negatifleri alınarak makinenin pixeller arasındaki farkları anlaması sağlanmıştır. Ön-ışlem Şekil 7.'de görülmektedir.

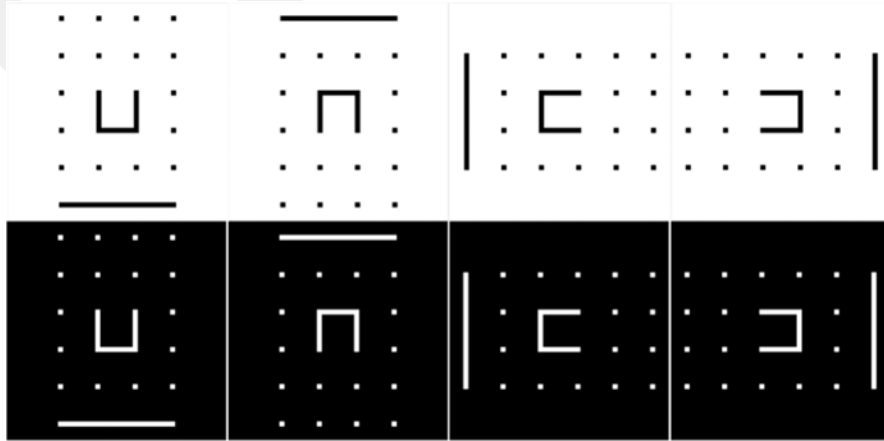
Bu çalışma kapsamında toplam 80 adet yalın şema üretilmiştir. Şemalar belli bir ön-ışlemden geçirildikten sonra makineye öğretilen imaj sayısı 2048 adede yükselmiştir. Bunların yarısı düzenli (Şekil 8), yarısı ise



A3 türü düzensizlik durumu:

$$a_x > 0.2 L_x \text{ Ve aynı zamanda } a_y > 0.2 L_y$$

Şekil 6. Planda Çıkıntılar Bulunması (Projections in Plan) [4]



Şekil 7. Ön-İşlem (Pre Process)

düzensiz (Şekil 9) taşıyıcı sistem şemalarıdır. İlerleyen çalışmalarda hem varyasyon sayısı arttırılacak hem de deprem yönetmeliğinde yer alan diğer düzensizlik tanımları makinaya öğretilerek test edilecektir. İlk aşamada hedeflenen programın teorik olarak çalıştığını kanıtlamak için veriler 80 adet şema ve sadece A1 tipi düzensizlik tanımı ile kısıtlı tutularak burulma düzensizliği kuralları test edilmiştir. Makinanın öğrenmesi sürecinin tamamlanmasından sonra DK asistanı uygulaması 3 adet gerçek plan örneği ile test edilmiştir. Bu örneklerin ikisinde burulma düzensizliği olup (Şekil 10- Şekil 11) birinde burulma düzensizliği bulunmamaktadır (Şekil 12).

Şekil 10 ve Şekil 11’de plan şemaları DK asistanı tarafından test edildiğinde, öğretilen şemalara göre birinci yapıda %99,9 oranında, ikinci yapıda ise %98,7 oranında burulma düzensizliğinin mevcut olduğu sonucu çıkmıştır. Buradaki oran, öğretilen düzensiz taşıyıcı şemalarına benzerlik oranını temsil etmektedir. Programın yorumu planların altında ekran görüntüsü şeklinde verilmiştir. Bir mimarın ilk bakışta düzensizliği fark etmesi gibi DK Asistanı da öğretilen düzensiz şemalara benzerliği işaret ederek söz konusu planların taşıyıcı sistem kurgusunun yeniden gözden geçirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Şekil 11’de düzenli taşıyıcı sisteme sahip plan şeması DK Asistanı tarafından

	1	2	3	4	5	6	7	8
A								
B								
C								
D								
E								

Şekil 8. Düzenli Plan Şemaları (Regular Plan Schemas)

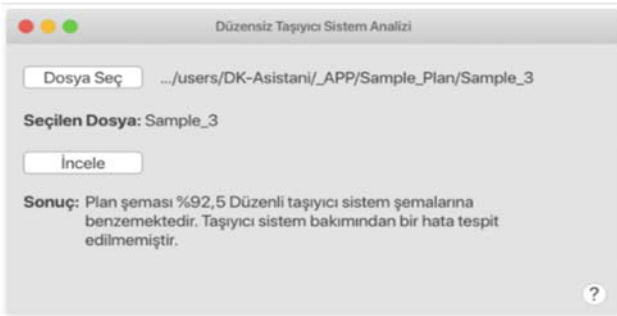
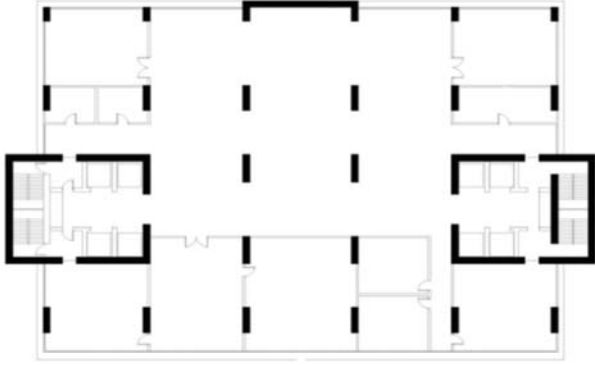
	1	2	3	4	5	6	7	8
A								
B								
C								
D								
E								

Şekil 9. Düzensiz Plan Şemaları (Irregular Plan Schemas)



Şekil 10 Düzensiz Taşıyıcı Sistemlere Sahip Planlar için Programın Verdiği Yanıt
(Response of the Program for Irregular Structural Systems)

test edildiğinde ise, program öğretilen şemalara göre yapıda %92,5 oranında düzenli taşıyıcı sistem şemalarına benzerlik tespit etmiştir. Yapı taşıyıcı sistemi bakımından düzenlidir ve burulma düzensizliği kabul edilebilir aralıklardadır.



Şekil 11. Düzenli Taşıyıcı Sistemlere sahip Plan için Programın Verdiği Yanıt
(Response of the Program for Regular Structural System)

Sonuç olarak derin öğrenme metodu ile makineye öğretilen şemalar sayesinde, DK Asistanı daha önce görmediği üç farklı planın A1 düzensizliğine göre durumu hakkında teste tabi tutulmuş ve üç planın taşıyıcı sistemi hakkında ne

oranda düzenli ne oranda düzensiz olduğuna dair yorum yapmıştır. Makinenin statik hesap yapmadan, vektörel bir çizime ihtiyaç duymadan, planda veya çizim ortamında herhangi bir teknik işaretlemeye bulunmadan doğrudan fotoğraf üzerinden plan hakkında bir uzman gibi yorum yapabildiği görülmüştür.

8. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Ülkemizin içinde bulunduğu coğrafya ve sahip olduğu deprem riski düşünüldüğünde deprem mimarlığı büyük önem kazanmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi depreme dayanıklı yapı tasarımı sadece inşaat mühendislerinin değil mimarların da sorumluluk alanına girmektedir. Bir yapının taşıyıcı sisteminin deprem yönetmeliğine uygunluğunu değerlendiren bir sistemin olması, mimari projelerin statik projeleri aşamasında yaşanabilecek revizyonlarını en aza indirecektir.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde yapay zekanın her alanda kullanımının yaygınlaştığı görülmektedir [38-40]. Biyolojik sinir sisteminde bulunan nöronların birbirleri ile ilişki kurması gibi insandaki öğrenme işleyişinden hareketle geliştirilen yapay sinir ağlarındaki nöron şeklinde tanımlanan yapılar birbirleri ile bağlantılı olacak şekilde modellenmişlerdir. Algoritma bu sayede öğrenme, hafızaya alma ve veriler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarma kapasitesine sahip olmuştur. Buradan yola çıkarak bu çalışmada da derin öğrenme ve görüntü işleme yöntemleri kullanılarak makineye taşıyıcı sistemler hakkında yorum yaptırmak hedeflenmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında önerilen DK asistanı ile burulma düzensizliği testi yapılarak önerilen yöntem sınanmış ve değerlendirilmiştir. Sonuçta insandaki öğrenme işleyişini taklit eden bu asistanla taşıyıcı sistemin düzenli mi yoksa düzensiz mi olduğuna dair yorum alınabilmiştir. Çalışmanın ilerleyen aşamalarında Deprem Yönetmeliği'nde yer alan diğer düzensiz bina tanımları göz

önünde bulundurulacak veri setleri geliştirilip sayısı arttırılacak ve aynı çalışma mantığı ile makineye öğretilerek gerçek planlar üzerinden test edilecektir. Fotoğraf üzerinden kısa sürede yorum yapabilen DK asistanının hem deprem mimarlığı adına hem de inşaat mühendisliği adına faydalı bir sistem olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Arnold, C., Architectural Aspects of Seismic Resistant Design, Paper 2003, Eleventh World Conference on Earthquake Engineering, Elsevier Science Ltd., 1996.
2. Lu, P., Chen, S., Zheng, Y., Artificial Intelligence in Civil Engineering, Mathematical Problems in Engineering, 1-22, 2012.
3. The Artificial Use of the Term "Intelligence", <https://becominghuman.ai/the-artificial-use-of-the-term-intelligence-c82878447dfd>, Yayın tarihi Temmuz 31, 2017. Erişim Tarihi: Nisan 14, 2019.
4. Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 19-30, 2018.
5. Python for Education: Permutations Andrzej Kapanowski Marian Smoluchowski Institute of Physics Jagiellonian University, Cracow, Poland, Python Papers, 9, 1-17, 2014.
6. Olafenwa, J., Image AI - "Train Image Recognition AI with 5 Lines of Code" Deequest AI., 2019.
7. McCarthy J., What is Artificial Intelligence?, Stanford University, Yayın tarihi 2007, <http://www-formal.stanford.edu/jmc/whatsai/> Erişim Tarihi: Nisan 14, 2019.
8. Nabiyev, V.V., Yapay Zeka: İnsan-Bilgisayar Etkileşimi (3ed), Seçkin Yayıncılık, Sözkese Matbaacılık: Ankara, 2-55, 2016.
9. Weizenbaum, J., ELIZA--A Computer Program For the Study of Natural Language Communication Between Man and Machine, Communications of the ACM, 9, 1, 36-45, 1966.
10. Yapay Zeka, Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme İlişkisi, <https://becominghuman.ai/the-artificial-use-of-the-term-intelligence-c82878447dfd>, Yayın tarihi Temmuz 2017, Erişim Tarihi: Kasım 2019.
11. Russell, S. and Norvig, P. Artificial Intelligence: A Modern Approach (3rd ed.). Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 2-8, 2010.
12. Haugeland, J., Artificial Intelligence: The Very Idea. MIT Press, 1985.
13. Bellman, R., An Introduction to Artificial Intelligence: Can Computers Think?, Boyd&Fraser Publishing Company, San Fransisco, 1978.
14. Kurzweil, R., The Age of Intelligent Machines, MIT Press, 1990.
15. Rich, E. and Knight, K., Artificial Intelligence (second edition). McGraw Hill, 1991.
16. Charniak, E. and McDermott, D., Introduction to Artificial Intelligence, Addison-Wesley, 1995.
17. Winston, P. H., Artificial Intelligence (third edition), Addison-Wesley, 1992.
18. Poole, D., Mackworth, A. K., Goebel, R., Computational intelligence: A logical approach, Oxford University Press, 1998.
19. Nilsson, N. J., Artificial Intelligence: A New Synthesis, Morgan Kaufmann, 1998.
20. Koza, J. R., Bennett, F. H., Andre, D., Keane, M. A., Automated Design of Both the Topology and Sizing of Analog Electrical Circuits Using Genetic Programming, Artificial Intelligence in Design '96. Springer, Dordrecht, 151-170, 1996.
21. Bishop, C. M., Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 2006.
22. Friedman, J.H., Data Mining and Statistics: What's the connection?, Computing Science and Statistics. 29, 3-9, 1998.
23. Pirim, H., Yapay Zeka, Journal of Yaşar University, 81-93, 2011.
24. Yurtcu Ş., Özocak A., Prediction of compression index of fine-grained soils using statistical and artificial intelligence methods, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 31 (3), 597-608, 2016.
25. Ertel, W., Under Graduate Topics Computer Science: Introduction to Artificial Intelligence, Springer London Dordrecht Heidelberg New York, 221, 2009.
26. Bengio, Y.; Courville, A.; Vincent, P., Representation Learning: A Review and New Perspectives, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 35 (8), 1798-1828, 2013.
27. Chollet, F., Deep Learning with Python 1 ed. Manning Publications Co. 20 Baldwin Road PO Box 761 Shelter Island, NY 11964, 10-12, 2018.
28. Yapay Sinir Ağları ve Derin Öğrenmenin Farkı, Yayın Tarihi Eylül 10, 2019, <https://www.endustri40.com/yapay-zeka-makine-ogrenimi-ve-derin-ogrenme-arasindaki-farklar/> Erişim Tarihi Nisan 14, 2019.
29. İdemen, A. E., Bina Ağırlık Merkezi- Rijitlik Merkezi İlişkisini Mimari Tasarım Aşamasında Kuran Bir Uzman Sistem", İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2003.
30. Tuzcuoğlu, H., Yapay Zeka Teknikleri, Depremde Kullanılması ve Küme Kuramı, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 5 (1), 73-88, 2003.
31. Günaydın, H. M. ve Doğan, S. Z., A Neural Network Approach for Early Cost Estimation of Structural Systems of Buildings, International Journal of Project Management 22, 595-602, 2004.
32. Patil, A., Patted, L., Tengai, M., Jahagirdar, V., Artificial Intelligence as a Tool in Civil Engineering - A Review, IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE), National Conference on Advances in Computational Biology, Communication, and Data Analytics, 36-39, 2017
33. Baydoğan, B. Ç., Tip İmar Yönetmeliğine Uygun Vaziyet Planı Üreten Bir Yapay Zeka Destek Sistemi,

- İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2013.
34. Waziri, S. B., Bala, K., Bustani, A.S., Artificial Neural Networks in Construction Engineering and Management, International Journal of Architecture, Engineering and Construction, 6 (1), 50-60, 2017.
 35. Wei, L., AI Concepts in Architectural Design, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 392, 1-4, 2018.
 36. Cudzik, J., Radziszewski, K., Artificial Intelligence Aided Architectural Design, Gdansk University of Technology, AI for Design and Built Environment, 1, 77-84, 2018.
 37. Ünay, İ.A., Tarihi Yapıların Depreme Dayanımı, ODTÜ Mimarlık Fakültesi Basım İşbirliği, 6-8, 2002.
 38. Reşat H.G., Design and development of hybrid forecasting model using artificial neural networks and ARIMA methods for sustainable energy management systems: A case study in tobacco industry, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 35 (3), 1129 - 1140, 2020.
 39. Küçük H., Eminoğlu İ., Balcı K., Classification of neuromuscular diseases with artificial intelligence methods, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 34 (4), 1725 - 1742, 2019.
 40. Baba A.F., İnan T., Building a hybrid algorithm based decision support system to prevent ship collisions, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 35 (3), 1213 - 1230, 2020.

