

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**BİLİŞİM ÇAĞINDA MİMARLIK: TASARIM, YAPIM VE PLANLAMA  
ALANLARINDA MAKİNE ÖĞRENİMİ ÇALIŞMALARININ  
BİBLİYOMETRİK ANALİZİ**

**Hatice Hazal EMSEN**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MİMARLIK**

**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HAZİRAN 2022**

**ANTALYA**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**BİLİŞİM ÇAĞINDA MİMARLIK: TASARIM, YAPIM VE PLANLAMA  
ALANLARINDA MAKİNE ÖĞRENİMİ ÇALIŞMALARININ  
BİBLİYOMETRİK ANALİZİ**

**Hatice Hazal EMSEN**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MİMARLIK**

**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HAZİRAN 2022**

**ANTALYA**

**T.C.**  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİLİŞİM ÇAĞINDA MİMARLIK: TASARIM, YAPIM VE PLANLAMA  
ALANLARINDA MAKİNE ÖĞRENİMİ ÇALIŞMALARININ  
BİBLİYOMETRİK ANALİZİ**

**Hatice Hazal EMSEN**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**MİMARLIK**  
**ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Bu tez 16/06/2022 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Hilal Tuğba ÖRMECİOĞLU (Danışman)

Doç. Dr. Fatma Zehra ÇAKICI

Doç. Dr. İkbâl ERBAŞ

## ÖZET

### BİLİŞİM ÇAĞINDA MİMARLIK: TASARIM, YAPIM VE PLANLAMA ALANLARINDA MAKİNE ÖĞRENİMİ ÇALIŞMALARININ BİBLİYOMETRİK ANALİZİ

**Hatice Hazal EMSEN**

**Yüksek Lisans Tezi, Mimarlık Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Hilal Tuğba ÖRMECİOĞLU**

**Haziran 2022; 91 sayfa**

21. yüzyıla geçerken sanayi temelli gelişim modelinden bilişim temelli yeni bir üretim düzenine geçilmiştir. Endüstri 4.0'ın da ortaya çıkması ile birlikte yeni bir devir olarak kabul edilen bilişim çağında, yakın gelecek için çoğu meslekteki fiziksel iş gücünün yerini siber sistemlerin ve robotların alacağı ön görülmektedir. Bu sebeple insanlığın yeni çağa adapte olmak için kendini geliştirmesi, devrin teknolojilerine hâkim olması beklenmektedir. Özellikle bilişim dendiğinde akla ilk gelen alan olan yapay zekâ ve yapay zekânın son aşaması olan makine öğreniminin yakın gelecekte temel bilimler arasında kabul edileceği düşünüldüğünde, bu konularda bilgi sahibi olmak, bu bilgiyi kendi çalışma alanına uyarlamak ve kullanmak kişilere ve firmalara bütün alanlarda büyük avantaj sağlayacaktır. Bu durumun bilincinde olan bazı alanlarda yapay zekâ ve makine öğrenimi ile ilgili çalışmalar hızla yaygınlaşmıştır. Araştırmanın da odağını oluşturan olan tasarım, yapım ve planlama alanlarında ise makine öğrenimi kullanan yazılımlar bir süredir aktif bir şekilde kullanılmaktadır. Öte yandan tasarım alanında ise makine öğrenimi ile alternatif tasarlama yardımcıları oluşturma vb. sistemler üzerinde çalışmalar halen devam etmektedir.

Bir konunun bir alandaki güncel geçerliliğini tespit etmek için literatürdeki akademik çalışmalara bakılması yapılabilecek yöntemlerden biridir. Bibliyometrik analiz adı verilen bu yöntem, elde edilen veriler doğrultusunda bir alanda belli bir konu ile ilgili yapılan çalışmaların eğilimi ile ilgili araştırmacıya kapsamlı bir sonuç vermektedir. Yapay zekâ ve makine öğreniminin farklı alanlardaki güncel durumu için de bu yöntemden yararlanılabilir; tasarım, yapım ve planlama alanı da bunlardan biridir.

Bu çalışmada tasarım, yapım ve planlama alanlarında makine öğreniminin kullanımı ile ilgili alandaki eğilimleri ve güncel yaklaşımları görebilmek, bu konunun söz konusu alandaki potansiyel çalışma konularını tespit edebilmek amacıyla tarayıcılar aracılığı ile elde edilen ve farklı yazılımlar ile hazırlanan veriler doğrultusunda kapsamlı bir bibliyometrik analiz yapılmıştır. Tezde, yakın gelecekte ileri düzey teknolojilerle insan iş gücüne ihtiyacın azalması gibi bir riskin avantaja çevrilmesi için okuyuculara bir kılavuz niteliği taşıması amaçlanmıştır. Yapılan analizin sonuçları incelendiğinde, inşaat ve yapım konularına ait akademik çalışmaların tasarım konularına kıyasla çok daha etkin ve yüksek sayıda olduğu ortaya çıkmış; bu konularda yapılan mühendislik temelli çalışmaların alandaki toplam çalışmaların en büyük yüzdesini oluşturduğu görülmüştür. Öte yandan yapı çevre ile ilgili faaliyet gösteren mimarlık ve şehir planlama gibi tasarım odaklı disiplinlerin ise makine öğrenimi alanına akademik katkılarının yapım ile ilgili disiplinlere kıyasla daha az olduğu tespit edilmiştir. İnşaat ve yapım sektörünün yanı sıra

enerji ve sürdürülebilirlik temalı konuların da etkin bir şekilde çalışıldığı ancak bu alanın diğer konularla güçlü bir akademik ilişkide olmadığı görülmüştür. Analizler sırasında mimarlık disiplini için mimari tasarım kavramının, şehircilik disiplini için akıllı şehir çalışmalarının ön plana çıktığı tespit edilmiştir. Konunun akademide çalışılma yoğunluğuna bakılıp sektörde bu teknolojilerin kullanımına dair iki saha arasında bir paralellik arandığında analiz sonuçları ile benzer bir durum tespit edilmiştir; inşaat sektörüne ait yazılımlar piyasaya sunulmuşken, mimarlık alanı için mimari tasarım bazında deneysel projeler yapılmakta ya da henüz geliştirilmekte olan programlar üzerinde çalışılmaktadır. Binalarda performans optimizasyonu gibi verimliliğe dair temada da sektörün kullanımına arz edilen yazılımlar bulunmaktadır.

**ANAHTAR KELİMELER:** Bibliyometrik analiz, İnşaat, Yapım sektörü, Makine öğrenimi, Mimarlık

**JÜRİ:** Doç. Dr. Hilal Tuğba ÖRMECİOĞLU

Doç. Dr. Fatma Zehra ÇAKICI

Doç. Dr. İkbâl ERBAŞ

## **ABSTRACT**

### **ARCHITECTURE IN THE INFORMATION AGE: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF MACHINE LEARNING STUDIES IN THE FIELDS OF DESIGN, CONSTRUCTION, AND PLANNING**

**Hatice Hazal EMSEN**  
**MSc Thesis, Architecture**

**Supervisor: Doç. Dr. Hilal Tuğba ÖRMECİOĞLU**

**June 2022; 91 pages**

In the information age, which is acknowledged as a new era with the emergence of Industry 4.0, it has been predicted that cyber systems and robots will replace the physical labour force in many professions for the near future. Because of this, it is expected that humanity will develop itself in order to adapt to the new era and master the technologies of its time. Considering the fact that artificial intelligence and machine learning, which is the last stage of artificial intelligence, are one of the first field that comes to mind when it comes to informatics, will be among the fundamental field in the near future. Either individuals or companies, it will be a great advantage for them in a competitive environment, if they have an idea about these issues. In some fields, which are aware of this situation, studies on artificial intelligence and machine learning have spread rapidly. In the fields of design, construction and planning, which are also the focus of this dissertation, machine learning software have been actively used for a while. Furthermore, in the field of design, working on these systems such as creating alternative design aids with machine learning, etc. is still in progress.

It is one of the methods that can be done by looking at the academic studies in the literature in order to determine the current situation of a subject in a field. This method, called bibliometric analysis, gives a comprehensive result to the researcher about the trend of studies on a certain subject in a field in the direction the obtained data. This method can also be used for the current situation of artificial intelligence and machine learning in different fields; design, construction and planning are one of them.

In this dissertation, a comprehensive bibliometric analysis was conducted in direction of the data which was obtained through browsers and pre-processed with different software in order to see the trends and current approaches in the field of using machine learning in the disciplines of design, construction and planning. In the dissertation, it is aimed to be defined as a guide for readers in order to turn the risk of reducing the need for human labour into an advantage with advanced technologies in the near future. When the results of the analysis are examined, it is clear that academic studies on construction and building fields are much more effective and in higher numbers compared to design subjects. It has been seen that engineering-based studies on these subjects constitute the majority of the total studies in this field. On the other hand, it has been determined that the academic contributions of design-related disciplines such as architecture and city planning, to the field of machine learning are less than the disciplines related to construction. In addition to the construction and building industry, it has been observed that energy and sustainability-themed subjects are also studied effectively, but

they do not have a strong academic relationship with other subjects. During the analysis, it was determined that the theme of architectural design for the discipline of architecture and smart city studies for the discipline of urbanism came to the fore. A similar situation was found with the results of the analysis when a similarity was sought between the two fields regarding the use of these technologies in the sector, considering the density of the subject being studied in academia. While software for the construction industry has been released to the market, experimental projects are being made on the architectural design for the field of architecture or software are still being worked on. In the field of efficiency-related subjects, there are software offered to the use of the sectors such as performance optimization in buildings.

**KEYWORDS:** Architecture, Bibliometric analysis, Building industry, Construction, Machine learning

**COMMITTEE:** Assoc. Prof. Dr. Hilal Tuğba ÖRMECİOĞLU

Assoc. Prof. Dr. Fatma Zehra ÇAKICI

Assoc. Prof. Dr. İkbâl Erbaş

## ÖNSÖZ

Bilişime ve yapay zekâ alanına duyduğum ilgiyi lisans mezuniyetimde fark etmeme rağmen konuya çok yeni olduğum için nasıl başlayacağımı bilememek bu tezi yazma ihtiyacımı ortaya çıkardı. Benim gibi konuya ilgisi olan araştırmacılar için bir başlangıç sayılabilecek bu çalışmanın analiz sonuçları konuya dair geniş çerçevede bir fikir sunmakta. Bu yolda bana en büyük katkıyı sağlayan, bana her konuda yardımcı olan ve tüm okul sürecimde bana ilham veren, değerli hocam Doç. Dr. Hilal Tuğba Ömecioğlu'na minnetlerimi sunar, her zaman destekçim olan aileme ve arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	v
AKADEMİK BEYAN.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1.Amaç.....	2
1.2.Kapsam.....	3
1.2.Yöntem.....	4
2. KAYNAK TARAMASI.....	5
2.1. Makine Öğrenimi Temellerini İşleyen Kaynaklar.....	5
2.2. Makine Öğrenimi Uygulamalarını Tasarım, Yapım ve Planlama Alanlarında Ele Alan Kaynaklar.....	6
2.3. Bibliyometrik Analiz Yöntemlerini Açıklayan Kaynaklar.....	8
3. MATERYAL VE METOD.....	10
3.1. Makine Öğrenimi.....	10
3.1.1. Makine öğrenimi uygulama alanları.....	12
3.1.2. Makine öğrenimi algoritmaları.....	13
3.2. Derin Öğrenme.....	20
3.3. Bibliyometrik Analiz Yöntemi.....	22
3.3.1. Bibliyometrik analiz programları.....	23
3.3.2. Analizi yapılan çalışmaların kapsamı ve kullanılan anahtar kelimeler.....	23
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	26
4.1. Tasarım, Yapım ve Planlama Alanlarında Makine Öğrenimi Çalışmalarına Dair Ana Bilgiler.....	26
4.2. Çalışmalardaki En Etkili Kaynaklar.....	28
4.2.1. Çalışmaların yayınlandığı kaynaklara göre.....	29
4.2.2. Çalışmaların atıf verdiği referansların kaynaklarına göre.....	34
4.3. Çalışmalardaki En Etkili Ülke ve Kurumlar.....	39
4.4. Çalışmaların Önemli Yazarlarının Analizi.....	45

4.5. Çalışmaların Önem ve Etkisinin Analizi.....	49
4.5.1. Çalışmalara göre önem ve etkisinin analizi .....	50
4.5.2. Çalışmaların atıf verdiği referanslara göre önem ve etkisinin analizi .....	53
4.6. Çalışmalarda Kullanılan Anahtar Kelimelerin Analizi .....	56
4.7. Çalışma Verilerinin Arasındaki İlişkiler .....	63
4.8. Makine Öğreniminin Tasarım, Yapım ve Planlama Alanlarındaki Kullanımının Akademik ve İş Hayatındaki Uygulama Karşılığı .....	65
5. SONUÇLAR .....	71
6. KAYNAKLAR .....	76
7. EKLER.....	83
ÖZGEÇMİŞ	

## AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Bilişim ağında Mimarlık: Tasarım, Yapım ve Planlama Alanlarında Makine Öğrenimi alışmalarının Bibliyometrik Analizi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

16/06/2022

Hatice Hazal Emsen

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>Şekil 1.1.</b> Geçmişten günümüze endüstriyel devrimler (Anonim 1) .....	1
<b>Şekil 3.1. a)</b> Destek vektör regresyonu algoritmasında doğrusal olan ve olmayan çizgiler (Yıldırım 2018) <b>b)</b> Destek vektör makinesi algoritmasından örnek bir grafik (Mohri vd.) .....	15
<b>Şekil 3.2.</b> Örnek bir karar ağacı grafiği.....	16
<b>Şekil 3.3.</b> Rassal Orman algoritmasının çalışma şekli.....	17
<b>Şekil 3.4. a,b)</b> K-NN algoritması örneği.....	18
<b>Şekil 3.5.</b> Pekiştirmeli öğrenmenin çalışma sistemi .....	20
<b>Şekil 3.6.</b> Yapay sinir ağları temsili gösterimi.....	21
<b>Şekil 3.7.</b> Makine öğrenmesi ve Derin öğrenme farkı.....	21
<b>Şekil 3.8.</b> Rstudio'ya dosyaların birleştirilmesi için girilen kod .....	25
<b>Şekil 4.1.</b> Bradford'un Yasası grafiği .....	33
<b>Şekil 4.2.</b> Kaynakların yıllara göre en etkin 4 derginin toplam yayın sıklığı .....	34
<b>Şekil 4.3.</b> VosViewer'de üretilmiş kaynakların ortak atıf analizi haritası. Yeşil, kırmızı ve sarı kümeler konu içeriklerine oluşmuş ve akademik ilişkilerine göre konumlanmıştır .....	35
<b>Şekil 4.4.</b> VosViewer'de kaynakların ortak atıf analizi haritası .....	36
<b>Şekil 4.5.</b> VosViewer'de kaynakların ortak atıf analizi haritası .....	37
<b>Şekil 4.6.</b> VosViewer'de kaynakların ortak atıf analizi haritası .....	38
<b>Şekil 4.7.</b> VosViewer'de kaynakların ortak atıf analizi haritası .....	39
<b>Şekil 4.8.</b> VosViewer'de ülkeler arasındaki sorumlu yazara göre iş birliği analizi haritası .....	43
<b>Şekil 4.9.</b> VosViewer'de kurumlar arasında sorumlu yazarlara göre iş birliği analizi .....	45
<b>Şekil 4.10.</b> Yazarların yıllara göre olan etkinlikleri.....	47
<b>Şekil 4.11.</b> Bir yılda yayınlanan çalışma sayısı .....	50

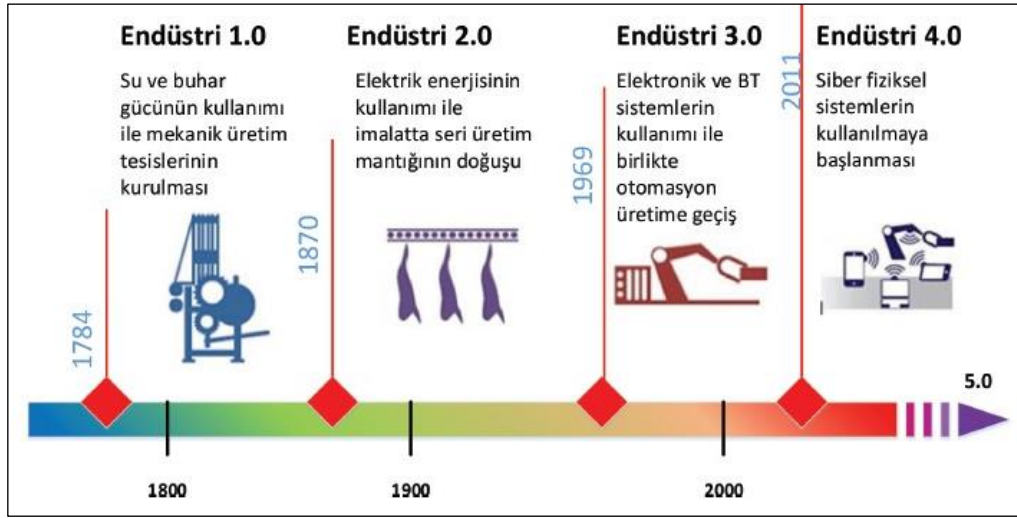
<b>Şekil 4.12.</b> Bir makalenin bir yılda aldığı ortalama atıf.....	50
<b>Şekil 4.13.</b> Analiz dokümanlarının referanslarının VosViewer'daki ortak atıf haritası.....	56
<b>Şekil 4.14.</b> En çok kullanılan beş anahtar kelimenin yıllar içerisindeki kullanım sıklığı grafiği.....	58
<b>Şekil 4.15.</b> Anahtar kelimelerin yıllar içerisindeki kullanım sıklığı grafiği.....	59
<b>Şekil 4.16.</b> Anahtar kelimelerin VosViewer'daki birlikte kullanım haritası.....	60
<b>Şekil 4.17.</b> Tasarım, yapım ve planlama alanlarında makine öğrenimi çalışmaları anahtar kelimelerinin konumları ile eğilimlerin belirlendiği tematik harita.....	62
<b>Şekil 4.18.</b> Kaynak, Artı Anahtar Kelimeler ve Kurumlar arasındaki ilişki.....	64
<b>Şekil 4.19.</b> Kaynak, Anahtar Kelimeler ve Kurumlar arasındaki ilişki.....	65
<b>Şekil 4.20. a,b,c)</b> Foster ve ekibinin cephe deformasyonu projesi.....	66
<b>Şekil 4.21.</b> Bina performansı optimizasyonunda cave.tool yazılımı örneği.....	67
<b>Şekil 4.22.</b> Farklı parametre ayarlarına göre anlık değişen apartman projesi tipleri. Aynı arazi üzerinde ve aynı taban alanında bazı parametrelerin değişmesi sonucu yazılımın ortaya çıkardığı üç farklı kat planı.....	68
<b>Şekil 4.23. a,b)</b> Autodesk ve NVIDIA ortaklığı ile yapılan örnek bir projenin plan oluşumları ve c) iç mekan organizasyonu.....	68
<b>Şekil 4.24.</b> SP3 yazılımından bir sismik tahmin için analiz örneği.....	69

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 3.1.</b> WoS ve Scopus'ta taratılan anahtar kelimeler ve elde edilen yayın sayıları.....	24
<b>Çizelge 4.1.</b> Analizi yapılan yayınlara ait ana bilgiler.....	27
<b>Çizelge 4.2.</b> Yapılan Yayınların Sayısına Göre Kaynaklar .....	29
<b>Çizelge 4.3.</b> Kaynakların atıf ve yayın dönemlerine ait bilgiler .....	31
<b>Çizelge 4.4.</b> Sorumlu yazarın ülkesi ile bağlantılı veriler.....	40
<b>Çizelge 4.5.</b> Kurumların yayınladığı çalışma sayıları.....	44
<b>Çizelge 4.6.</b> En etkili yazarların verileri .....	46
<b>Çizelge 4.7.</b> Global ve Yerel atıflara göre en etkili yayınların yazar, içerik, yayımlandıkları yıl, global atıf sayısı ve doi numaraları.....	51
<b>Çizelge 4.8.</b> Analiz dokümanlarının referanslarının atıf sayıları.....	54
<b>Çizelge 4.9.</b> Anahtar kelimelerin analizi yapılan belgeler içerisinde geçme sıklığı.....	57

## 1. GİRİŞ

İlk defa 2011’de Hannover Ticaret Fuarı’nda kullanılan ve içinde olduğumuz kabul edilen Endüstri 4.0 ya da başka isimle 4. Sanayi Devrimi, Almanya’daki yaşlanan nüfus sonucu iş gücünün azalması ile kaybedilmeye başlanan rekabetin tekrar kazanılması için iş gücünde teknolojiye yönelimi içeren bir çalışma olarak geçmektedir (Şekil 1.1). Fiziksel iş gücünün yerini robotlar, sensörler ve akıllı makineler gibi yazılımların almasıyla, insana olan gereksinimin azalması sebebiyle bu dönemin yeni bir devrim olduğu düşünülmektedir. Teknolojinin hızla geliştiği göz önünde bulundurularak tüm dünya ülkelerinin bu devrimin etkilerine karşı hazırlıklı olmaları, hangi aşamada olduklarını araştırmaları ve devrime uyum sağlayabilmek için çalışmalar yapmaları beklenmektedir (Kaygın vd. 2019).



Şekil 1.1. Geçmişten günümüze endüstriyel devrimler (Anonim 1)

Endüstri 4.0 ile birlikte de netleşen bilişim çağında bulunduğu gerçeği artık hayatın her anında karşımıza çıkmakta ve kullanılan teknolojiler ile bu durum daha iyi gözlemlenebilmektedir. Özellikle, 1950’li yıllara doğru ortaya çıkan yapay zekâ kavramı ve devamında geliştirilen ve çalışmaları hala süren sinir ağları ve makine öğrenimi kavramları, son 20 yıldaki hızlı gelişimleri ile günümüzü ve geleceğimizi şekillendirmeye devam etmektedir. Kendi görevi harici başka bir misyonu tamamlamayan rijit yazılımlardan farklı olarak, sistemlerin de insan beynindeki nöronlara benzer şekilde mantıkla öğrenip kendini iyileştirmesi ve geliştirmesine dayalı olarak geliştirilen makine öğrenimi ve derin öğrenme bugün artık bütün bilim dallarında kullanılmaya başlamıştır. Yapay zekânın son aşaması olan makine öğrenimi, algoritmalar ile bir alana sayısal veya kategorik tahmin açısından alternatifler sunar; araştırma konusuna bağlı olarak veriyi idealize etme ya da ideal olan sonucu bulma amaçlı sonuçlar üretir. Bu sebeple bu konunun kullanım alanları belirli bilimlerle sınırlı değildir.

Endüstri 4.0’da da öngörüldüğü üzere, yapay zekâ yazılımları ve makine öğrenimi sayesinde yakın gelecekte çoğu meslek grubunda insan gücüne ihtiyaç duyulmayacağı hipotezi günümüzde özellikle bazı alanlarda bir varsayımdan öte bir gerçeklik olmaya

başlamıştır. Örneğin; birçok bankacılık hizmeti yapay zekâ sistemleri ve makine öğrenimi algoritmaları ile birlikte, cep telefonları başta olmak üzere internet ortamı üzerinden çevrimiçi olarak yapılabilmektedir. Akıllı banka hizmetlerinin daha da gelişeceği varsayılırsa yakın gelecekte bankacılık sektöründe artık insana gerek duyulmayacak denilebilir. Bu durum farklı birçok meslek için de bir risk olarak görülmeye başlanmıştır.

Tasarım, yapım ve planlama alanlarındaki sektörlere bakıldığında teknik faaliyetlerin bu riskle ilk yüzleşecek alanlar olacağı öngörülebilir. Çünkü yaratıcılık isteyen disiplinler diğer teknik alanlara nazaran daha zor tanımlanabilen adımlara sahiptir ve daha insan odaklıdır. Bir yazılımda, teknik alanlardaki sabit testlerin sayısal sonuçlarının sisteme girilmesi ile o sistemden yüksek performanslı sonuç almak, insan zihninin karar verme sürecindeki çalışmasına benzer bir sistem geliştirmekten çok daha kolaydır ancak bu durumun da makine öğrenimi sistemleri ile yavaş yavaş değiştiği çeşitli teknolojilerle görülmeye başlanmıştır. Mimarlık disiplini üzerinden örnek verilecek olursa, bir yazılıma girilen yüzlerce ya da binlerce tasarım örnekleri ve geliştiricinin yazılıma tanımladığı problem ile ilgili istenen ve istenmeyen ölçütler sayesinde makinenin eğitilmesi sonucu ürün çıktıkları bir mimarın yaptığı sonuçlara yaklaşabilmektedir. Bu durumun mesleği yaratıcılıkla bağlantılı olan insanları dahi kendilerini geliştirmedikleri süreçte işsiz bırakabileceği manasına yorumlanabilir.

Günümüzde artık makine öğreniminin tüm farklı sektörlerde aktif bir şekilde kullanılacağı dönemin yakın olduğu tahmininden yola çıkarak her bireyin kendini bu yönde geliştirmesi beklenmektedir. Bu durumun farklı yolları olabilir ancak ilk aşaması günü bilmek ve geleceğin getirilerini ön görmekle başlamaktadır. Geçmişten günümüze yapılan akademik çalışmalardan elde edilen veriler doğrultusunda dönemsel eğilimler ve geleceğe dair gerçekçi yorumlar yapabilmek sayısal analizler ile mümkündür. Bu konuda geliştirilmiş farklı analiz yöntemleri bulunmaktadır. Sayısal temelli metrik bilgi ölçme sistemleri bu doğrultuda kullanılabilir analiz yöntemleridir.

Yazılı kaynaklarda ara ara birbirilerinin yerine kullanılsa da ait olduğu bilimlere göre kendilerine özgü farklı özellikler içeren ve amacı bilgi ölçmek olan dört farklı metrik birim şunlardır: bibliyometri, bilimetri, enformetri ve librametri. Bibliyometri, bilimsel konulara dair kitap ve başka kaynakların araştırılmasında sayısal tekniklerin uygulanmasıdır; bilimetri, bilim dallarının arasındaki ilişkiyi sayısal olarak inceler. Enformetri, benzer sayısal analizin kütüphanecilik, enformasyon ve dokümantasyon alanında uygulanmasına denir; son olarak librametri de ise matematiksel ve istatistiksel yaklaşımların kütüphane öğeleri ve işlemlerindeki analizidir. Bu dört metrik analiz yöntemlerinden en spesifik olanı librametridir (Gökkurt 1994). Bazı kaynaklarda bibliyometri, bazılarında ise bilimetri daha kapsamlı olarak geçmektedir ancak analiz metodu seçimi yapılacak araştırmanın içeriği ile bağlantılıdır. Bibliyometrik analiz ile belli bir alana ait yapılmış çalışmalar dönemsel olarak araştırılabilmektedir. Bu ölçüm okuyucuya kapsamlı bir rehber olmaktadır. Gerçek hayatta veya akademide geleceğe dair eğilimler ve öne çıkan konular bu yol sayesinde öğrenilebilir.

## 1.1. Amaç

Bahsedildiği üzere endüstri 4.0 ile birlikte insan gücünün meslekler için olan gereksinimi teknolojinin her yıl artan gelişme hızıyla birlikte azalmaya başlamıştır. Yapay zekâ ve makine öğrenimi yazılımları kullanan çeşitli mesleklerdeki bazı işlerin



yerini akıllı sistemler almaya başlamış, başta birçok farklı sayısal ağırlıklı işlerde istihdam edilen insanlar olmak üzere, yavaş yavaş tüm disiplinlerde çalışan bireylerin kendini teknolojik açıdan geliştirmesi zorunlu bir hale gelmeye başlamıştır.

Tasarım, yapım ve planlama alanlarında şu anda dahi yeni malzeme, bina performansı testleri, strüktürlerin dayanıklılık testi gibi çalışmalar farklı yazılımlar ile yapılmakta; inşaat sahası ve ofislerin, farklı disiplinlerin koordinasyonunu sağlayan akıllı sistemler (yapı bilgi modellemesi) dünyada yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Mimari tasarımlar için makine öğrenimi ile farklı tasarım alternatifleri üretme yıllardan beri tartışılan ve çalışmaları yapılan konulardandır. “Yaratıcılık” kavramının dahi dijitalleşme tehdidinde olduğu bilişim çağında bu olgunun bir tehditten çıkması, mühendis ve mimarlara yardımcı olabilecek, iş hayatında zaman ve maliyet kazancı sağlayabilecek bir duruma dönüşmesi için mimar ve mühendislerin de çağa ayak uydurması beklenmektedir.

Söz edildiği gibi akademik çalışma verilerinin işlenmesi sonucunda yapılacak bibliyometrik analizle dönemin öne çıkan temaları, yıllara göre konu dağılımları, etkili kaynaklar, yazarlar, kurumlar ve çalışma içerikleri ile günümüze ve geleceğe dair konu eğilimleri hakkında yorum yapılabilmektedir. Akademik çalışmaların hangi alanda yoğunlaştığından o alandaki meslek grubunun iş içeriğinin yıllara göre değişimi dahi incelenebilir. Buna göre benzer içerikteki diğer meslek grupları da kendine bir kılavuz edinmiş olur. Bilişim alanında birçok mühendislik disiplininde büyük yollar kat edilmesine rağmen tasarım, yapım ve planlama alanlarının bu alanda geride kaldığı söylenmektedir. Makine öğrenimi çalışmalarının bu alanlardaki bibliyometrik analizi ile bu durumun gerçekliği incelenir; elde edilen sonuçlar mimarlar başta olmak üzere bu disiplinlere ait okuyuculara bir rehber olabilir.

Bu sebeple bu tezin amacı, geleceğin temel disiplinlerinden olacağı ön görülen makine öğreniminin mimarlık başta olmak üzere tasarım, yapım ve planlama alanlarında nasıl bir düzeyde olduğunu anlamak için evrensel bir analiz yöntemi olan bibliyometrik analiz programlarını kullanarak akademik kaynakları detaylıca araştırmak, yapılan yazılı çalışmaların gerçek hayat ile olan paralellliğini tartışmak ve buna göre de ilgili araştırmacılara bir kılavuz oluşturmaktır.

## 1.2. Kapsam

Bu çalışmanın kapsamı yapılan analizin içeriği ile ilişkilidir. Analiz sonuçları tezin içeriğini belirleyeceğinden genelden özele bir kapsam oluşturulmuştur. Öncelikle konu başlığına karar verilmiş daha sonra araştırılacak kelimeler seçilmiş ve temel sınırlandırıcı olan kategorik kapsam belirlenmiştir. Makine öğrenimi, bibliyometrik analiz sınırlarını belirleyen ilk kavramdır. Makine öğrenimine ait anahtar kelimeler “makine öğrenimi” terimi ile birlikte konu, başlık, özet ve anahtar kelimeler kısmında taranmıştır.

Mimarlık disiplinine ait birçok kavram diğer tasarım, yapım ve planlama alanlarında da ortak olarak kullanılmaktadır. Örneğin inşaat temelinde yapılan bir akademik çalışma, araştırmacının çalışma alanı doğrultusunda olduğundan kaynaklı bir mimar ya da inşaat mühendisi tarafından yapılmış olabilir. Akademik çalışmalar yüksek lisans veya doktora okuyan/mezun ya da öğretim üyelerinin yaptığı çalışmalar da olduğu da göz önünde bulundurulursa bir mimarın tasarım, yapım ve planlamadaki farklı

disiplinler üzerine lisansüstü çalışma yapması bu disiplinlere ait kişilerin mimarlık üzerine lisansüstü çalışmasından daha olası denebilir. Bu sebep mimarların bu disiplinlerdeki çalışmalara ortak olarak katılabildiğini açıklayan bir neden olabilir. Ayrıca mimarlık terimlerinin diğer disiplinlerin kavramlarını daha geniş çerçevede kapsamamasından dolayı bu çalışmada mimarlık başta olmak üzere tasarım, yapım ve planlama alanlarındaki yayınlara dair de fikir edinebilmek için yapılan aramaya dahil olan ikinci tema mimarlığa dair temel başlıkların altındaki ana anahtar kelimelerdir.

Anahtar kelimeler belirlendikten sonra analizin temel kapsamını belirleyecek olan kategori seçimi belirtildiği üzere tasarım, yapım ve planlama alanlarından seçilmiştir. Seçilen kategoriler tarayıcıların içindeki filtreleme kısmından yapılmıştır: Bir tarayıcıda inşaat mühendisliği, mimarlık, şehircilik ve inşaat yapım teknolojisi; diğerinde ise mühendislik ve sanat ve beşerî bilimler olarak belirlenmiştir. Analizi yapılmış doküman, 2021 yılının ilk yarısına kadar olan verileri içermektedir.

### 1.3. Yöntem

Bu çalışmanın temel yöntemi bibliyometrik analiz yapmak ve analiz sonuçlarını yorumlamak üzerinedir. Verilere bibliyometrik analiz yapabilmek için farklı aşamalarda farklı programlar kullanılmıştır. İlk aşama bibliyometrik analize girilecek dokümanı oluşturmaktır. Bunun için ilk aşama veri tabanı tarayıcısı seçimi olmuştur; en çok kullanılan iki tarayıcı Web of Science ve Scopus kapsam kısmında neden seçildikleri açıklanan anahtar kelimelerin taratılacağı program olarak seçilmiştir. Elde edilen verilerin ayıklanması sürecinde ise ilk olarak iki tarayıcı verilerinin birleştirilmesi ve aynı olan dosyaların silinmesi işlemi için Rstudio yazılımı kullanılmıştır. Daha sonrasında Excel dosyasında manuel ayıklama yapılmış, son olarak elde edilen “.xlsx” uzantılı dosya Rstudio’nun Biblioshiny paketinde analiz edilmiştir.

Analiz paketinde elde edilen veriler ana bilgiler, en etkili kaynaklar, ülkeler, kurumlar, yazarlar, dokümanlar ve en sık kullanılan anahtar kelimelerdir. Bu analizlerin sayısal verileri çizelge üzerinde açıklanırken görsel harita analizleri VosViewer programı üzerinden yapılmıştır. Sayısal ve görsel verilerin doğru yorumlanabilmesi için önemli platformlar üzerinden yayınlanan birçok farklı akademik çalışma incelenmiş, benzer mantıkta açıklanmıştır. Gerçek hayat ile karşılaştırma yapabilmek için son aşamada, yapılan deneyler ve projelerden örnekler verilmiştir.

## 2. KAYNAK TARAMASI

Çalışmanın konusu gereği analizler öncesinde yapay zekâ, makine öğrenimi, derin öğrenme ve bibliyometrik analiz üzerine, kapsamı, alt dalları ve yöntemleri açısından çevrimiçi kaynaklar ve yazılı yayınlar dahilinde birçok araştırma yapılmıştır. Özellikle yapay zekâ ve makine öğrenimi alanları, artık bir konudan ziyade bilim dalı olduğu için temellerini işleyen çok sayıda akademik kitap, makale vb. yayınlar bulunmaktadır. Bibliyometrik analizin, son dönemlerde sıklıkla kullanılmaya başlanan bir analiz çeşidi olmasından kaynaklı, makine öğrenimi kadar çok sayıda olmasa da güncel kaynaklara sahiptir. Tasarım, yapım ve planlama alanlarında makine öğreniminin yerini ve uygulamalarını işleyen kaynaklar ise, makine öğreniminin diğer bilim dallarındaki kaynaklarına oranla oldukça kısıtlı kalmıştır.

### 2.1. Makine Öğrenimi Temellerini İşleyen Kaynaklar

Hala gelişmekte olan bir alan olduğundan, makine öğreniminde temel konuları ele alan kitaplara, makalelere ve çevrimiçi videolara birçok platformdan erişim sağlanabilmektedir. Temellerine dair kitaplar incelendiğinde birçok kaynağın çok detaylı ve kapsamlı bir şekilde konuyu ele aldığı görülmektedir.

Shai Shalev-Shwartz ve Shai Ben-David'in 2014'te yayınladığı "Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms" (Makine Öğrenimini Anlamak: Teoriden Algoritmaya) isimli kitap konuyu temel istatistikten başlatıp, teoriden algoritmaya ve öğrenim sistemlerine adım adım taşımıştır. 2014'te yayınlanan bir başka çalışma olan, Özyeğin Üniversitesi bilgisayar mühendisliğinde profesör Ethem Alpaydın'ın "Introduction to Machine Learning" (Makine Öğrenimine Giriş) isimli kitabı da temel tüm konuları anlatan kaynaklardandır. Jason Brownlee'nin (2016) "Master Machine Learning Algorithms: Discover How They Work and Implement Them From Scratch" (Makine Öğrenimi Algoritmalarında Ustalaşma: Nasıl Çalıştıklarını Keşfetme ve Sıfırdan Uygulama) kitabında da konunun temelinden giriş yapılarak yazılı formüller doğrultusunda bütün algoritmalar ve yöntemler detayları ile açıklanmıştır.

Aurelien Geron'un ilk kez 2018'de piyasaya sürülen "Hands on Machine Learning With Scikit Learn Keras and Tensorflow" (Scikit-Learn Keras ve Tensorflow ile Uygulamalı Makine Öğrenmesi) kitabı, makine öğrenimi alanının uzmanları tarafından en çok tavsiye edilen kitaplarından biridir ve tüm regresyon ve sınıflandırma algoritmalarına ek sinir ağları ve derin öğrenme konularını da ele almıştır. Yazarları Richard E. Neapolitan ve Xia Jiang olan, ikinci baskısı 2018'de yayınlanmış "Artificial Intelligence With an Introduction to Machine Learning" (Makine Öğrenimine Giriş ile Yapay Zekâ) kitabı yapay zekânın ilk ortaya çıkışından başlamaktadır ve mantığın çalışma yöntemlerine dair açıklamalar ile birlikte makine öğrenimi algoritmalarını da içerikle birleştirerek açıklamıştır. 2018 yılında ikinci baskısı yayınlanan bir başka kitap "Foundations of Machine Learning" (Makine Öğreniminin Temelleri) Mehryar Mohri, Afshin Rostamizadeh ve Ameet Talwalkar tarafından yazılmış olup diğer kitaplara benzer olarak algoritmaları tek tek detaylı olarak açıklamıştır.

Makine öğrenimi alanını içeren binlerce makale bulunmaktadır ancak temelleri ile alakalı yayınlar çoğunlukla kitaplaştırılmıştır. Temellerini işleyen makale, bildiri ve kitap bölümleri bulunmaktadır. 2017 yılında "Data Scientist Innovation Day" (Veri Bilimcisi

İnovasyon Günü) konferansında Hans-Dieter Wehle “Machine Learning, Deep Learning, and AI: What’s the Difference?” (Makine Öğrenimi, Derin Öğrenme ve Yapay Zekâ: Farkı Nedir?) isimli bildirisinde üç bilimin farkını kısaca belirtmiştir. 2019’da “Mobility Patterns, Big Data and Transport Analytics” (Modelleme için Mobilite Modelleri, Büyük Veri ve Ulaşım Analitiği Araçları ve Uygulamaları) kitabının ikinci bölümü olarak yayınlanmış “Machine Learning Fundamentals” (Makine Öğrenimi Temelleri) çalışmasında kısa tarihi ile birlikte, birkaç algoritma açıklanmış, basit sinir ağları ve optimizasyona da giriş yapılmıştır. 2020 yılında Neuroimaging Clinics of North America dergisinde, Farhad Maleki, Katie Ovens, Keyhan Najafian, Behzad Forghani, Caroline Reinhold ve Reza Forghani isimli yazarlar tarafından yayınlanan “Overview of Machine Learning Part 1: Fundamentals and Classic Approaches” (Makine Öğrenimine Genel Bakış Part 1: Temeller ve Klasik Yaklaşımlar) çalışmasında özet bir şekilde algoritmalar ve çalışma mantıkları anlatılmıştır.

Tüm yazılı kaynaklara ek olarak, konuya dair dijital platformlarda da birçok videolu konu anlatımları bulunmaktadır. Türkçe kaynaklardan olan ve Antalya Bilim Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünde profesör unvanıyla eğitim veren Sadi Evren Şeker’in Udey platformundaki “Python ile Makine Öğrenmesi Python ile Makine Öğrenmesi” başlıklı derslerinde konu hem teoride hem de programlama dilinde açıklanmaktadır. Benzer olarak aynı platformdaki veri analisti Kirill Eremenko tarafından yayınlanan “Machine Learning A-Z™: Hands-On Python & R in Data Science” (A’dan Z’ye Makine Öğrenimi: Veri Biliminde Uygulamalı Python ve R) videolarda da teorik ve uygulama dersleri verilmektedir. Udey sitesi ve benzer birçok başka platformda da makine öğrenimi temellerine dair onlarca ders bulunmaktadır.

## **2.2. Makine Öğrenimi Uygulamalarını Tasarım, Yapım ve Planlama Alanlarında Ele Alan Kaynaklar**

Makine öğrenimini, tasarım, yapım ve planlama alanlarında çeşitli algoritmaları ile veya başka yöntemle kullanan yayınlar, analizi yapılan dokümanlar içerisinde ayrıca incelenmiştir. Mimarlık, inşaat mühendisliği ve şehircilik açısından yapılan çalışmalara bakıldığında inşaat mühendisliği bölümünün çalışma sayıları diğer alanlara nazaran daha fazladır.

Mimarlık alanında yapılan çalışmalarda Paterson, Mumovic, Das ve Kimpian’ın (2017) çalışması olan “Energy Use Predictions With Machine Learning During Architectural Concept Design” (Mimari Tasarım Sürecinde Makine Öğrenimi ile Enerji Kullanım Tahminleri) makine öğreniminin alt dallarından olan yapay sinir ağı sisteminin, bina tasarımında yıllık gaz ve elektrik enerji tüketimini tahmin etmesi açısından eğitilmesini anlatmakta ve analiz sonuçlarını aktarmaktadır. Tamke, Nicolas ve Zwierzycki’nin 2018 yılında yayınladığı “Machine Learning for Architectural Design: Practices and Infrastructure” (Mimari Tasarım için Makine Öğrenimi: Uygulamalar ve Altyapı) isimli çalışmada yayın dönemine göre güncel çalışmalara atıfta bulunarak makine öğreniminin mimari tasarım ve uygulama sürecine olumlu etkilerini açıklamıştır.

2018 yılında yayınlanan başka bir çalışma olan Bonci, Clini, Martin, Pirani, Quattrini ve Raikov’un yazdığı “Collaborative Intelligence Cyber-Physical System for The Valorization and Re-Use of Cultural Heritage” (Kültürel Mirasın Değerlendirilmesi ve Yeniden Kullanımı İçin İşbirlikçi Zekâ Siber-Fiziksel Sistem) kültürel mirasın yeniden

kullanımı ve yönetimindeki karar verme süreçlerinde ileri teknoloji yaklaşımlar sunmaktadır. Ahuja ve Chopson'ın 2020 yılındaki "Automation and Machine Learning in Architecture: A New Agenda for Performance-Driven Design" (Mimaride Otomasyon ve Makine Öğrenimi: Performans Bazlı Tasarım için Yeni Bir Gündem) yayınında bina enerji tüketiminin erken tasarım aşamasında yapılacak optimizasyonu için geliştirdikleri yazılımı detaylıca anlatmaktadır. Geliştirdikleri algoritma yapılarında kullanılmış ve hala kullanılan bir yazılımdır.

İnşaat/yapım alanına dayalı yayınlar, bu konu ile ilgili çalışmaların büyük bir parçasını oluşturmaktadır. 2016 yılında Omran, Chen ve Jin tarafından yayınlanan "Comparison of Data Mining Techniques for Predicting Compressive Strength of Environmentally Friendly Concrete" (Çevre Dostu Betonun Basınç Dayanımının Tahmininde Veri Madenciliği Tekniklerinin Karşılaştırılması) isimli yayın üretilen betona dair en doğru tahminin tespiti için farklı tahmin, regresyon ve torbalama modellerini karşılaştırmaktadır. Choi, Gub, Chinc ve Lee (2019), "Machine Learning Predictive Model Based on National Data for Fatal Accidents of Construction Workers" (İnşaat İşçilerinin Ölümcül Kazaları İçin Ulusal Verilere Dayalı Makine Öğrenimi Tahmin Modeli) isimli çalışmada geliştirilen tahmin modeli sayesinde inşaattaki hangi faktörlerin ölümcül sonuçlar doğurabileceğine dair çıkarımlar yapmaktadır.

İnşaat mühendisi ve akademisyen, Gültekin ve Doğan'ın 2021 yayınladığı "İnşaat Mühendisliğinde Yapay Zekâ Çalışmaları" makine öğreniminin inşaat mühendislerince nasıl uygulamada kullanıldığına dair birçok akademik çalışma sunmaktadır. Yapı mühendisliği dalında makine öğrenimine dair yazılmış olan en kapsamlı çalışmalardan biri olan "Machine Learning for Structural Engineering: A State-Of-The-Art Review" (Yapı Mühendisliği İçin Makine Öğrenimi: Gelişmiş Bir İnceleme) 2022 Nisan ayında Structures dergisinde doçent ve yapı mühendisi Hui-Tai Thai tarafından yayınlanmıştır. Çalışmada makine öğreniminin tanımı, algoritmaları, alt başlıkları açıklanmış, birçok açık kaynaktaki Python kodları uygulama alanının tanımı ile birlikte verilmiş, yapısal mühendislik veri setleri paylaşılmış ve araştırmacılar bu alandaki literatür analizi doğrultusunda kapsamlı bir şekilde bilgilendirilmiştir.

Şehircilik kategorisinde de makine öğrenimine dair birçok yüksek atf almış yayın bulunmaktadır. Kwak, Park ve Deal'in Sustainable Cities and Society dergisinde 2020 yılında yayınlanan "Discerning the Success of Sustainable Planning: A Comparative Analysis of Urban Heat Island Dynamics in Korean New Towns" (Sürdürülebilir Planlamanın Başarısını Anlamak: Kore'nin Yeni Kasabalarındaki Kentsel Isı Adası Dinamiklerinin Karşılaştırmalı Analizi) isimli çalışmada makine öğrenimi ve istatistik yöntemleri ile eski ve yeni kasabaları karşılaştırarak kentsel ısı adalarındaki sürdürülebilir planlamanın başarısı ölçmek istenmiştir. Ye ve diğer altı yazarın 2018'de yazdığı "Measuring Daily Accessed Street Greenery: A Human-Scale Approach for Informing Better Urban Planning Practices" (Günlük Kullanılan Sokağın Yeşillik Ölçümü: Daha İyi Kentsel Planlama Uygulamalarını Bildirmek İçin İnsan Ölçeğinde Bir Yaklaşım) çalışmada, makine öğrenimi aracılığı ile toplanan ve ayıklanan sokak görselleri şehir planlamacılara yardımcı olacak şekilde analiz edilmiştir.

### 2.3. Bibliyometrik Analiz Yöntemlerini Açıklayan Kaynaklar

Bibliyometrinin literatüre ilk girişi 1969 yılında Alan Pritchard'ın "Statistical Bibliography or Bibliometrics?" (İstatiksel Bibliyografya mı ya da Bibliyometri mi?) yayını ile olmuştur. Türkiye'deki bibliyometrik çalışmalara dair ilk yayın Özino'nun 1970'deki "Growth in Turkish Positive Basic Sciences, 1933-1966" (Türk Pozitif Temel Bilimlerde Büyüme, 1933-1966) kitabıdır (Korkmaz ve Tektaş 2019). Bibliyometrik analizin kullanıldığı makale, bildiri ve kitap bölümü gibi yayınlara bakıldığında çoğunlukla 21. yy'deki çalışmalar olduğu, son on yıl içerisinde de daha sıklaştığı görülmektedir. En büyük akademik yayın portalı olan ScienceDirect sitesinde "bibliometric analysis" anahtar kelimesi aratıldığında 2000'den 2004'e kadar yılda ortalama 50, 2005-2010 arası 150, 2010 sonrasında ise her yıl, yılda ortalama 150'şer çalışma artarak yapılan yayınlar devam etmiştir. 2021 yılında 1939 yayın yapılmıştır.

Cobo ve diğer dört yazarın 2018'de yayınladığı "Industry 4.0: A Perspective Based on Bibliometric Analysis" (Endüstri 4.0: Bibliyometrik Analize Dayalı Bir Perspektif) 2013 ve 2017 arasındaki Endüstri 4.0'a ait temel temaları bibliyometrik analizle belirlemeye çalışmıştır. 2019'da Automation in Construction dergisinde Wang, Pan ve Luo'nun yayınladığı "Integration of BIM and GIS in Sustainable Built Environment: A Review and Bibliometric Analysis" (Sürdürülebilir Yapılı Çevrede BIM ve GIS Birleşimi: İnceleme ve Bibliyometrik Analiz) okuyucularına konuya dair bir yol haritası sunmaktadır. Yine 2019'da Fernandes, Fitzgerald, Brown ve Borsato tarafından yayınlanmış "Machine Learning and Process Mining applied to Process Optimization: Bibliometric and Systemic Analysis" (Makine Öğrenimi ve Süreç Madenciliğinin Süreç Optimizasyonuna Uygulanması: Bibliyometrik ve Sistemik Analiz) çalışmasında da bibliyometrik analiz aracılığı ile konu içindeki boşlukları bulunmaya çalışılmıştır. Hu ve Milner (2020) "Visualizing The Research of Embodied Energy and Environmental Impact Research in The Building and Construction Field: A Bibliometric Analysis" (Yapı ve İnşaat Alanında Somutlaştırılmış Enerji ve Çevre Etkisi Araştırmasının Görselleştirilmesi: Bibliyometrik Bir Analiz) çalışmasında konuya dair yön ve eğilimlerin belirlenmesi için 1996-2019 yılları arasındaki çalışmalar Web of Science'tan elde edilen veriler doğrultusunda analiz edilmiştir.

Yayınlanan çalışmaların bibliyometrik analiz temelindeki en kapsamlılarından biri olan 2021'de yayınlanmış ve Naveen Donthu ve diğer yazarlar tarafından yazılan "How To Conduct A Bibliometric Analysis: An Overview and Guidelines" (Bir Bibliyometrik Analiz Nasıl Yürütülür: Genel Bakış ve Kılavuz) makalesi bibliyometrik analizlerin tüm alt başlıklarını detaylı bir şekilde açıklamıştır. Biswas ve diğerleri tarafından 2021 yılında yayınlanan "The Emergence of Residential Satisfaction Studies in Social Research: A Bibliometric Analysis" (Sosyal Araştırmalarda Konut Memnuniyeti Çalışmalarının Doğuşu: Bibliyometrik Bir Analiz) çalışması da bibliyometrik analizleri ele alma ve kullanma yöntemiyle yol gösterici bir çalışmadır. "Engineering applications of artificial intelligence: A bibliometric analysis of 30 years (1988–2018)" (Mühendislik Uygulamalarında Yapay Zekâ: 30 Yıllık Bir Bibliyometrik Analiz (1988–2018)) çalışması Web of Science ve Scopus'tan alınan veriler ile kapsamlı bir analiz yapmaktadır.

Mayıs 2022'de Energy and Building dergisinde Omrany, Chang, Soebarto ve Zhang tarafından yazılan "A Bibliometric Review of Net Zero Energy Building Research

1995–2022” (Net-Sıfır Enerji Bina Araştırmasının Bibliyometrik İncelemesi 1995–2022) isimli yayın net-sıfır enerji binalar hakkındaki yayınların 30 yıllık süreçteki gelişimlerini incelemektedir. Çevrimiçi ders platformlarında araştırma yöntemleri başlığının altında dersleri olmakla birlikte, bibliyometrik analiz için kullanılan yazılımlardan biri olan Biblioshiny paketindeki analizlerin anlamları, geliştiricilerinin web sitelerinde bulunan kullanım kılavuzunda Aria ve Cuccurullo (2017) tarafından açıklanmıştır.

Makine öğrenimi ve bibliyometrik analiz yöntemlerini birlikte çalışan araştırmacılar olmakla birlikte, tasarım, yapım ve planlama alanlarında bu iki konuya dair ayrı ayrı çalışmalar da bulunduğu görülmektedir. Yapay zekâ için bibliyometrik analiz, makine öğrenimi algoritmasını çalışmalarında kullanan inşaat, mimarlık ve şehircilik disiplinleri ve bu disiplinler içerisindeki konulara dair yapılmış bibliyometrik analizler kaynak taramasındaki örneklerde ve daha fazlasında görülebilmektedir. Sadece mimarlık disiplini için makine öğrenimi literatür analizi yapan bir makale de bulunmasına karşın (Özdemir ve Selçuk (2021) “Mimarlıkta Makine Öğrenmesi: Bibliyometrik Bir Analiz”) bu tez çalışmasında tarayıcılar arttırılmış, anahtar kelimeler tamamen farklı seçilip, kapsamı ve sayısı genişletilmiş, kategori seçimi tasarım, yapım ve planlama alanları kapsamında yapılmıştır. Özellikle anahtar kelimelerin farklı olması ve bahsedilen diğer sebeplerden ötürü iki çalışmanın sonuçları birbirinden bütünüyle farklı çıkmıştır.

### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1. Makine Öğrenimi

Makine öğrenimini tanımlamadan önce yapay zekânın tanımını ve kapsamını bilmek gerekir. Disiplinler arası bir kavram olan yapay zekâ, canlıların yapabildiği tüm bilişsel davranışların, yapay sistemlere daha yüksek başarı oranında yaptırılması üzerine çalışmaların yapıldığı bir bilim dalıdır (Erdoğan 2021). Fikir olarak ilk kez McCulloch ve Pitts tarafından 1943 yılında ileri sürülen yapay zekâyâ dair ilk çalışmalar beyindeki nöronların modellenmesini içermektedir. 1949 yılında Donald Hebb'in sinir ağları için Hebb öğrenimini geliştirmesi ile bu konu daha da ilerlemiştir. 1951'de Minsky ve Edmonds tarafından bir yapay sinir ağı bilgisayarının yapılmasının ardından konuya olan ilgi çok artmış ve 1956'da McCarthy'nin iki ay boyunca düzenlediği bir atölye çalışmasında yapay zekâ kavramı ilk kez ortaya atılmıştır (Neapolitan ve Jiang 2018). 1980'lere kadar bu konuya dair eleştiriler çoğalmış, çalışmalar azalmış, gelişmeler yavaşlamıştır. 1980'lerde devletlerin bir yarış haline girmesi ve bu konuya dair fonların artırılmasıyla konu tekrar canlanmıştır. '*Girişimcilik Dönemi*' olarak adlandırılan, 80'lerden günümüze kadar olan zamanı kapsayan dönem, yoğun çalışmalarla hala devam etmektedir (Öztürk ve Şahin 2018).

Yapay zekâ aslında, bir sorunun çözümü için tasarlanan yol olarak tanımlanan algoritmadır (Erdoğan 2021). Yapay zekânın temel amacı, çeşitli zekâ oyunlarından araba sürmeye, tıbbi teşhislerden planlamaya bütün alanlarda, canlıların, özellikle insan zihninin yetkin olduğu tüm konularda makinelerin de yapabildiğini en yüksek başarı oranında ve geliştirilebilir bir biçimde sağlayabilmektir (Vijipriya vd. 2016). Birçok farklı bilişimi içermekle birlikte yapay zekâ teknolojilerindeki en önemli alt dallar şunlardır; sinir ağları, evrimsel ve genetik programlama, resim tanıma, bulanık mantık, robotik, uzman sistemler, doğal dil işleme, makine öğrenimi.

Günümüzün ve geleceğin teknolojileri olan ve temelde büyük ölçekteki verileri işleyerek çalışan bu alt dalların her biri çok detaylı, tanımları ve metotları yazılı çalışmalarda anlatılamayacak kadar kapsamlı konulardır. Yine de yapay zekâ alanında önde gelen bu teknolojileri kısa birer paragrafla tanımlayacak olursak;

**Sinir ağları:** Biyolojik nöronların taklidini amaçlayan sinir ağlarına ait çalışmaların başlangıcı, içerisinde sürekli olarak veri akışı olan büyük bir veri kümesi ağı sağlanarak, insan beyninin düşünme sürecinin makinelere aktarılma çabasıyla olmuştur. Karakter tanımlanması (el yazısı vb.), güvenlik, borsa tahmini, kredi başvurusu gibi birçok yerde uygulama alanı bulunmaktadır (Vijipriya vd. 2016).

**Evrimsel ve Genetik Programlama:** Bu kodlamadaki temel mantık evrimde hayatta kalanların başarılı olduğu olgusundan çıkmaktadır. Genetik biliminde olduğu gibi kromozomların çaprazlanması, yeniden yapılandırılmasıyla birden çok 'yavru' üretilir. Popülasyonda çeşitlilik sağlanmaya çalışılarak çaprazlanma ile üretilen yavrular doğal seçim veya rekabetten dışarıda kalır. Bu durum çoğaltılarak en doğru sonuca ulaşmak amaçtır. Otomotiv, strüktür, makine tasarımı gibi mühendislik tasarımları, robotlar, oyunlar gibi çok kapsamlı alanlarda uygulanmaktadır (Vijipriya vd. 2016).



**Resim Tanıma:** Temel amacı makineye yüklenen görsel verileri algılayarak gruplandırıp, elde edilen verilerden bilgi toplamaktır. Belirli amaçlar için kodlanan makineler olsa da öğrenmeye dayalı çalışmalar bu alan için de yaygınlaşmaktadır (Vijipriya vd. 2016).

**Bulanık Mantık:** Her şeyin doğru ya da yanlış olduğu iki değerli mantıktan farklı olarak bulanık küme kuramı, klasik matematiğe göre belirsiz karar süreçlerine, bu süreçlere özel tanımlanan matematiksel fonksiyonlarla kesinlik kazandırmaktadır. Bu teoride amaç sistemlerin insan gibi düşünme, seçme, karar verme sürecini oluşturmaktır (Atalay ve Çelik, 2017).

**Robotik:** Robot teknolojisine dair çalışmaların olduğu alandır. Neredeyse her alanda kullanılan bir teknolojidir.

**Uzman Sistemler:** Karmaşık bir sorunun çözümü için bir veya birçok uzmanın yetkinliğinin makinelere aktarılmasıyla programlanmış sistemlere denir. Ürünlerin tasarlanmasında, robotikte, eğitim yazılımlarında ve birçok farklı alanda uygulanmaktadır (Bozöyük vd. 2005).

**Doğal Dil İşleme:** Bilgisayarların yazılanları veya konuşulanları anlaması, yanıtlaması, değerlendirmesi, çevirmesi gibi birtakım işlemleri gerçekleştirebilmesine dair çalışmaların yapıldığı teknolojidir. Bu teknolojiye yazım yanlışı tespiti, metin okunması, metin özetinin çıkarılması, yabancı dilde metin yazma çevirme vb. çok kapsamlı uygulama alanı bulunmaktadır (Adalı 2016).

**Makine Öğrenimi:** Yapay zekânın en son evresi olarak ise makine öğrenimi kabul edilmektedir (Atalay ve Çelik 2017). Literatürdeki kaynakların çoğunluğu makine öğrenimini teorik tabanyla birlikte kodlama temelinde açıklamaktadır. Bunun ana nedeni yan programlama tabanlı bir yazılım teknolojisini sadece teorik olarak açıklamak konunun tam anlaşılmasına neden olması ihtimalidir. Ancak, yapay zekânın en önemli ve kapsamlı alt dallarından biri olmasından da tahmin edileceği üzere, makine öğreniminin teorisini ve yazılımını bir arada açıklamak en başta profesyonel düzeyde bir yetkinlik gerektirir. Bununla birlikte bu konu bir çalışma içerisinde anlatılamayacak kadar da geniş bir konudur. Bu sebepten ötürü bu çalışmada, veri analizleri yapılırken temel sorunun daha iyi anlaşılması için makine öğreniminin teorik tanımlarından kısaca bahsedilmiştir.

Makine öğrenimi, toplanmış ve ön işleme yapılmış, analize hazır verileri, yani öğrenen makine için “deneyim” olan veri setlerini kullanarak, en doğru tahmini yapan veya sistemin performansını arttıran hesaplama yöntemleri olarak tanımlanabilir (Mohri vd. 2018). Bir problemin çözümü için direkt olarak programlama yapmaktan ziyade neden makinenin öğrenmesine ihtiyaç duyulmasının iki ana nedeni bulunmaktadır. Bunlar çözümü aranan problemin programlanamayacak kadar karmaşık olması ve var olan problemin veya yapılması gereken görevin değişime uyum sağlama ihtiyacıdır (Shalev-Shwartz ve Ben-David 2014).

Düşünebilen canlılar tarafından yapılan görevlerin normal bir programlanmayla makineye uygulanmasının sonucunda, sistemden başarılı bir sonuç beklemek gerçekçi değildir. Görüntü ve/veya ses tanıma, araba kullanma gibi görevler için bir makineden

tatmin edici bir sonuç almak isteniyorsa o makinenin işlenmiş veri setleri ile yeterince eğitime yani “deneyime” maruz kalması gerekmektedir. Karmaşık problem başlığının ikinci örneği ise problemin veya görevin insan yeteneklerinin üzerinde olmasıdır. Örnekle açıklamak gerekirse; tıbbi, astronomik, tarayıcı verileri, e-ticaret vb. insanların işleyemeyeceği kadar büyük ve karmaşık verilerdir ve bu verilerden anlamlı grupların tespiti ancak öğrenebilen bilgisayar programlarıyla mümkün olabilmektedir (Shalev-Shwartz ve Ben-David 2014).

İkinci ana başlık olan uyum sağlama ihtiyacı ise, klasik programlama anlayışındaki bir görevin çözümü için sadece o problemi çözen bir programlama yapılmasından yani rijitlik sorunundan doğmaktadır. Makine öğrenimi algoritmalarıyla sistemdeki ve görevdeki değişimlere uyum sağlanabilmektedir. Buna en açıklayıcı örnek olarak, programların kişinin farklı zamanlarda yazdığı el yazılarını aralarında oluşan değişimlere rağmen tanıyabilmesi, buna benzer şekilde ses tonu değişimini algılayabilmesi verilebilir (Shalev-Shwartz ve Ben-David 2014).

İlk olarak sinir ağlarının matematiksel modellenmesi ile doğan makine öğrenmesinin tarihine kısa bir şekilde bakılacak olursa 1950’li yıllara dayandığı görülebilir. Alan Turing’in 1950’de yaptığı, insana karşıdakinin bir bilgisayar olmadığını inandırmaya dayalı Turing testinde yapay zekanın kavramsal mantığı ortaya çıkmıştır. Bilişim uzmanı Arthur Samuel 1952 yılında IBM’de katıldığı Poughkeepsie laboratuvarında makinelerin her dama oynayışında öğrenerek iyileşmesi üzerine “makine öğrenimi” kavramını ortaya atmıştır. Bu nedenle kaynaklarda Arthur Samuel makine öğreniminin öncüsü olarak geçmektedir (Anonim 2).

### 3.1.1. Makine öğrenimi uygulama alanları

Makine öğrenimi multidisipliner bir kavramdır ve bir problemin cevaplandırılmasındaki bir teknik ya da yöntem olduğu için bilişim, mühendislik ve tıp başta olmak üzere tüm alanlarda kullanılabilir. Teknik olarak mesleki alanlara göre özelleşse de günlük yaşamda en çok karşılaşılanlar örnekler şunlardır (Mohri vd. 2018):

- Yüz, nesne, optik karakter tanıma, 3d poz tahmini gibi bilgisayarla görü uygulamaları,
- Spam ve uygunsuz içerik tespitinde de kullanılan metin ve belge sınıflandırması,
- Ses tanıma, konuşmacı tanımlama veya doğrulama gibi işlemlerin yapıldığı ses işleme uygulamaları,
- Çok sayıda güvenlik işlemleri; telefon, kredi kartı, şirketler için dolandırıcılık durumu tespiti, izinsiz ağ girişleri,
- Çok sayıda oyun; satranç, tavla, go,
- Sürücüsüz arabalar, tıbbi teşhis, arama motorlarından bilgi çıkartma vb.

Görevin yerine getirilmesinde ve problemlerin çözümünde temelde sınıflandırma ve regresyona dayalı yazılımlara bağlı olmakla birlikte hangi algoritmaların nelere dayalı çözümler sunduğu ise makine öğrenimi algoritmaları başlığı altında teorik özet olarak incelenmiştir.

### 3.1.2. Makine öğrenimi algoritmaları

Makine öğrenimi algoritmalarının, yapılan tüm işlem içerisindeki adımlardan biri olduğu süreçte, öncelikle bir makine nasıl öğrenir sorusuna cevap vermek gerekir. Algoritmalar, problemin veya görevin yapısına göre seçilen bir metottür.

Makinenin öğrenmesi, en temele indirildiğinde beş aşamada gerçekleşmektedir. Öncelikle miktar ve çeşitliliği fazla olması daha sağlıklı sonuçları doğuracak olan, Access, Excel, metin dosyası vb. formatlar üzerinden ham verilerin toplanma aşaması ile başlanır. Daha sonra ham verilerin işleme aşaması (data preprocessing) ile eksik veriler, hatalı veriler gibi problemlerin çözümü için hazırlık aşaması gelir. Üçüncü aşama ise çalışmanın bu bölümünü kapsayan algoritmaların seçildiği, modelin eğitiminin yapıldığı aşamadır. İşlenen veriler eğitim verisi (training data) ve test verisi olmak üzere ikiye ayrılır. Bu aşamada eğitim verileri ile model geliştirilir. Dördüncü aşama, bir önceki aşamada oluşturulan modelin doğruluğunun, kullanılmayan test verileri ile denendiği aşamadır. Son aşama ise performansın artırılması için elde edilen sonuçlar doğrultusunda yeni bir model denemeyi ya da var olan modele daha fazla değişken eklenmesini içermektedir (Jain 2015).

Makine öğrenimindeki en kritik ve önemli aşama olan algoritmalar, teorik ve uygulamada incelendiğinde, makinenin nasıl öğrendiğine açıklık getirmektedir. Algoritma seçimi çözümü gereken problemin veya görevin içeriği ile alakalıdır. Algoritmaların çalışma şekilleri makinenin temeldeki öğrenme türlerine göre değişiklik göstermektedir.

Makinenin pek çok öğrenim sistemi bulunmaktadır. Öğrenme türlerine göre geniş kapsamda başlıklar altında toplandığında; bunlar insan denetimi ile eğitilmesine (Denetimli, Denetimsiz, Yarı Denetimli veya Pekiştirmeli Öğrenme/Supervised, Unsupervised, Semisupervised, and Reinforcement Learning), veri akışı sırasında aşamalı olarak öğrenmesine (Yığın ve Çevrim İçi Öğrenme/Batch and Online Learning), verileri karşılaştırmalı olarak veya tahmine dayalı öğrenmesine (Örnek veya Model Tabanlı Öğrenme/Instance-Based Versus Model-Based Learning) göre farklı kategorilerde sınıflandırılmaktadır (Géron 2019). Bu çalışmada makine öğrenimi sistemlerinden, genel olarak daha yaygın olan, dört ana kategoriyi kapsayan insan denetimi ile eğitilen sistemler, teoride ve yüzeysel olarak açıklanmıştır.

#### Denetimli Öğrenme

Denetimli öğrenme sistemi, tamamen insan gözetiminde, makinenin sisteme girilen veri kümesinden algoritmayı öğrenmesine dayanmaktadır. Doğru cevaplar bilinir; sistem kabul edilebilir bir başarıya ulaşana kadar veriler sisteme tekrar tekrar yüklenir, süpervizör tarafından her seferinde düzeltilir ve algoritma tahminler yapar. Denetimli makine öğretme algoritmaları; regresyon ve sınıflandırma olmak üzere iki ana başlıkta gruplandırılmaktadır. Regresyon algoritmaları daha sayısal tahminlere dayanırken, sınıflandırma algoritmaları kategorik problemleri içermektedir (Brownlee 2016). Denetimli öğrenme problemlerinde temelde kullanılan regresyon algoritmalarından bazıları şunlardır:

- Basit Doğrusal Regresyon (Simple Linear Regression)

- Çoklu Doğrusal Regresyon (Multiple Linear Regression)
- Polinomsal Regresyon (Polynomial Regression)
- Destek Vektör Regresyonu (Support Vector Regression/ Machine)
- Karar Ağacı (Decision Tree Regression/ Classification)
- Rassal Orman (Random Forest Regression/ Classification)

Bu regresyon algoritmalarına ek olarak denetimli öğrenme problemlerinde;

- Lojistik Regresyon
- K-NN
- Destek Vektör Makinesi
- Naive Bayes
- Karar Ağacı
- Rassal Orman (Random Forest Regression/ Classification):

olmak üzere çeşitli sınıflandırma algoritmaları da kullanılmaktadır.

### **Basit Doğrusal Regresyon:**

Pratikte çok faydalı olmasa da makine öğrenimine giriş için uygun bir yöntem olan basit doğrusal regresyonda tek bir girdi vardır ve katsayı tahmin edilir (Brownlee 2016). Genel olarak algoritmalarda amaç sisteme doğru fonksiyonu oluşturabilmektir. 'a' kat sayısı, 'x' (girdi) bağımsız ve 'y' (çıkıtı) bağımlı değişken olmak üzere, oluşturmak istenen  $y = ax + b$  fonksiyonu, koordinat düzlemine aktarıldığında oluşan doğru verilere en yakın doğrudur.

### **Çoklu Doğrusal Regresyon:**

Temel mantığı basit doğrusal regresyonla aynı olmakla birlikte çoklu doğrusal regresyon algoritmasına dayalı olarak çalışan sistemler, bağımsız değişkenlerin çoğaldığı durumlarda kullanılır. Bu algoritma ile oluşturulan ' $y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots + a_nx_n + b$ ' temelindeki fonksiyonlarda sonsuz bağımsız değişken bulunabilir. Oluşturulan fonksiyonun ikiden fazla boyuttaki uzay koordinatlarında grafik çizimi yapılabilmektedir (Şeker 2018).

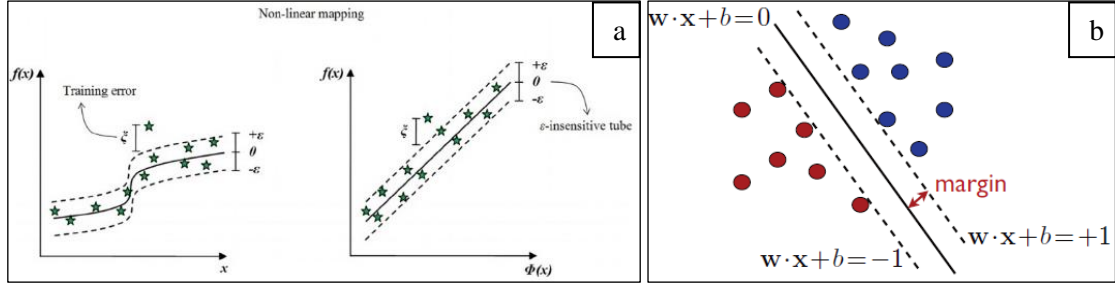
### **Polinomsal Regresyon:**

Veriler arasındaki ilişki doğrusal olmadığı durumlarda kullanılan tahmin biçimlerinden biridir. Algoritmanın oluşturacağı fonksiyonda tek bağımlı değişken (çıkıtı) ve tek bağımsız değişken (girdi) bulunmaktadır ancak bağımsız değişken üstel olarak artarak gitmektedir (Anonim 3). Örneğin bir virüsün yayılma hızını tahmin etmek gibi durumlarda kullanılabilir.

### **Destek Vektör Regresyonu/ Makineleri:**

Destek vektör hem sınıflandırma hem de regresyonda kullanılan yöntemlerden birisidir. Destek vektör regresyonunda amaç oluşturulan fonksiyonda çizilen doğrular arasına maksimum noktayı (veriyi) almak temel amaçtır. Grafikler doğrusal olmakla

birlikte Radial Basis Function (RBF) yöntemi ile doğrusal olmayan çizgiler de elde edilebilir (Şek. 3.1). Temelde destek vektör algoritması sınıflandırma için çıkmıştır. Destek vektör regresyonu farklı olarak destek vektör makinelerinde, sistemde oluşturulmak istenen fonksiyonda çizgiler arasındaki mesafenin maksimum olması amaçtır. Çünkü sınıflandırılma çizgilerinin dışında kalan verilere göre yapılmaktadır. (Yıldırım 2018).



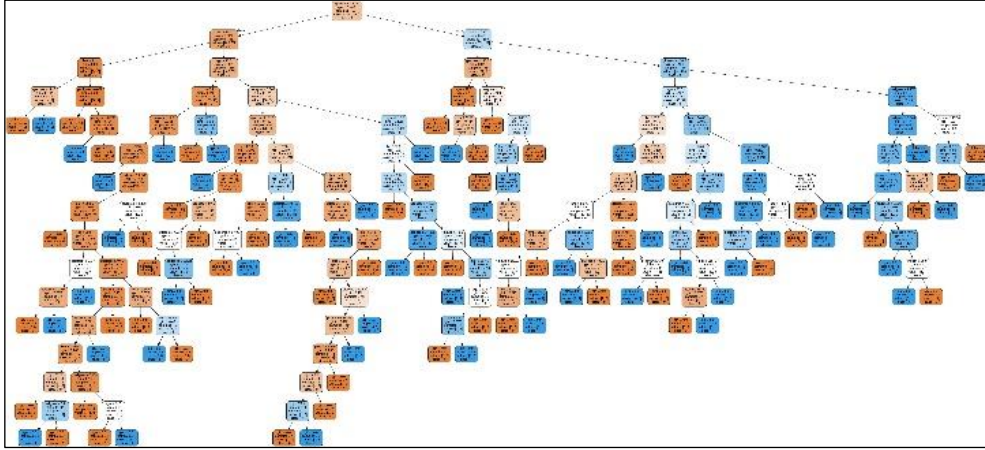
**Şekil 3.1. a)** Destek vektör regresyonu algoritmasında doğrusal olan ve olmayan çizgiler (Yıldırım 2018) **b)** Destek vektör makinesi algoritmasından örnek bir grafik (Mohri vd.)

### Karar Ağacı ile Regresyon/Sınıflandırma:

Hem sınıflandırma hem de regresyon problemlerinde kullanılan bir diğer algoritma karar ağacı algoritmasıdır. Destek vektör gibi sınıflandırma için ortaya çıkan bir algoritma olmasıyla birlikte, regresyon ile sayısal problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Günümüzün en güçlü makine öğrenmesi algoritması olan Rastgele Orman algoritmasının temel bileşeni karar ağacı algoritması karmaşık veri kümelerinde çok iyi öğrenme gösterebilmektedir (Géron 2019).

Karar ağacı algoritması ile sınıflandırma iki aşamalı bir işlem olup bunlar öğrenme ve sınıflamadır. Öğrenme aşamasında eğitim verileri ile (training data) öğrenilmek istenen model algoritma ile analiz edilir. Öğrenme tamamlandığında karar ağacı olarak gösterilir ve ikinci aşama olan sınıflama sürecinde test verileri ile karar ağacının doğruluğu kontrol edilir. Eğer sistem istenen düzeyde performans gösteriyorsa, yeni veriler algoritmaya girilir (Çalış vd. 2014) (Şekil 3.2).

Karar ağaç algoritmalarının genellikle kullanıldığı alanlar: Vakaların risk gruplarına ayrılması, çok sayıda değişken içinden önemlilerinin seçilerek parametrik modeller kurulması, bazı durumlarda gelecekte olayların tahmini için kural oluşturulması (Albayrak ve Yılmaz 2009) gibi karar tabanlı sayısal veya kategorik problemlerde kullanılmaktadır.



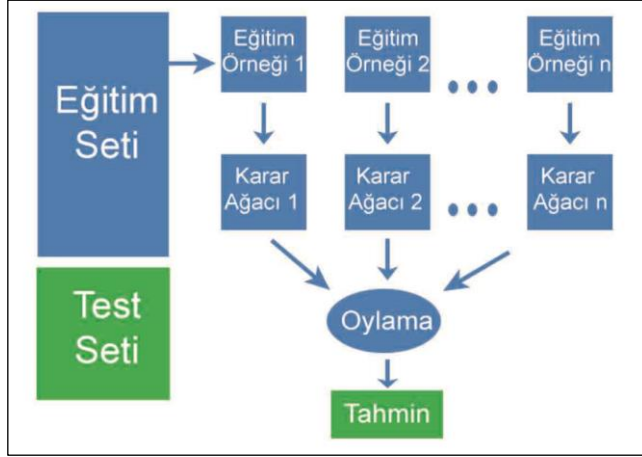
Şekil 3.2. Örnek bir karar ağacı grafiği (Anonim 4)

### Rassal Orman ile Regresyon/Sınıflandırma:

Rassal orman algoritmalarını daha iyi kavrayabilmek için öncelikle kolektif öğrenme (ensemble learning) ve kolektif öğrenme metotlarından torbalama (bagging) ve yükseltme (boosting) kavramlarının tanımlarını bilmek gerekir.

Bir topluluğun ortak görüşünün, tek bir insanın görüşüne nazaran daha doğru kabul edilmesi mantığı makineler için de bir öğrenme tekniğidir. Tek modele kıyasla çok ve farklı modellerden alınan, daha yüksek performans için kullanılan bu yönteme kolektif öğrenme denmektedir (Ay 2019). 1996'da Breiman tarafından geliştirilen torbalama (bagging) yönteminde, örnek veri setlerinden tekrarlı bir şekilde örnekler çekilerek bir ağaç topluluğu oluşturulur; oluşturulan tüm ağaçlar tek tek değerlendirilerek, sayısal ortalamaya, kategorikse oylama yapılarak tek ifadede tahmin yapılır. Amaç makinenin aşırı öğrenmesinin (overfitting) engellenmesi, tahmin performansının artması ve rassallığın sağlanabilmesidir. Yükseltmenin (boosting) ise torbalamadan farkı, veri setinden oluşturulan ağaçlar arasında bağlantı bulunması ve bu sayede adaptif olmasıdır. Model serisi oluşturulur ve bu seride modeller önceki modelin hatalarını düzeltir (Keskin 2019).

Bir çeşit kolektif öğrenme şekli olan Rassal Ormanlar temelde bir "Karar Ağacı" topluluğudur. Bir veri setinden farklı farklı karar ağacı oluşturularak eğitilir. En doğru tahminin yapılması için oluşturulan ve eğitilen tüm karar ağaçlarının tahminleri elde edilerek sayısal ise ortalaması alınmakta, kategorik ise karar ağaçlarının çoğunluk kararıyla (majority vote) sınıflandırma işlemi yapılmaktadır (Géron 2019) (Şekil 3.3). Büyük veri setleri için kullanılan Rassal Ormanlar günümüzün en güçlü makine algoritması olarak da geçmektedir.



**Şekil 3.3.** Rassal Orman algoritmasının çalışma şekli (Anonim 5)

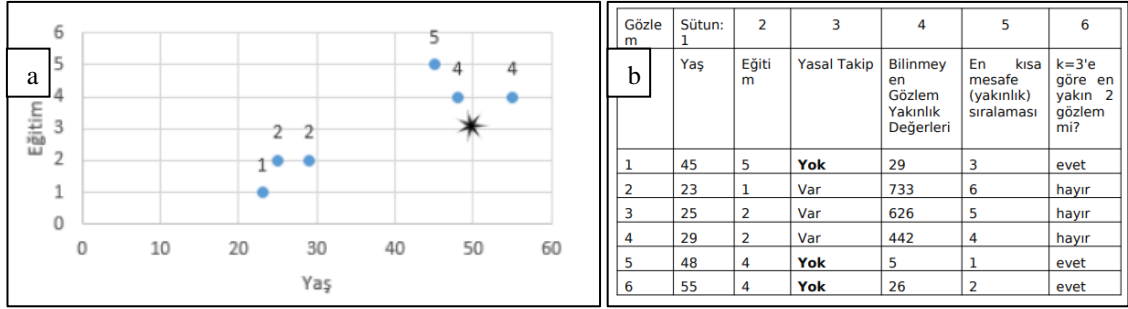
### **Lojistik Regresyon (Logistic Regression):**

Regresyon olarak geçse de bir sınıflandırma algoritması olan lojistik regresyon, sınıflandırmayı bir durumun bir sınıfa ait olup olmadığını tahmin ederek yapmaktadır. Sadece olası iki sonuç (binary classifier) içermektedir; olasılık durumu %50’yi geçtiğinde ‘1’ değerli pozitif sınıf, altında kaldığında ise ‘0’ değerli negatif sınıf olarak adlandırılır (Géron 2019). Bir hastalık durumunun olup olmadığı, bir durumun başka bir duruma etki edip etmediği gibi doğru veya yanlış, evet veya hayır gibi pozitif ve negatif cevaplar için kullanılmaktadır.

### **K-NN (K-Nearest Neighbor):**

En yakın komşu (K-NN) algoritmasında kendisine en yakın özelliklerde olan, belirlenmiş bir K değeri kadar veriye (genellikle 3 veya 5 gibi tek sayı seçilir) bakılarak, Öklid, Manhattan gibi mesafe denklemlerince sınıflandırma yapılır (Kılınç vd. 2016). İki grubun bulunduğu bir problem varsayılırsa, iki boyutlu düzleme aktarılan verilerde tahmini yapılacak veri kendisine en yakın 3 komşusundan en yakın olana göre sınıflandırılır (Şekil 3.4).

Varsa bir bankada müşterilere dair yaş, eğitim durumu ve kredi borçlarına dair yasal bir takip olmadığı bilgileri varsa yeterli veri durumunda müşterilerin yaş ve eğitim seviyesine göre yasal takip durumu tahmini K-NN algoritması ile yapılabilir (Atan 2020). K-NN özellikle, sadece iki boyutlu düzleme aktarılıp grafik okuması yapılamayacak kadar büyük veriler için kullanılmaktadır.



Şekil 3.4. a,b) K-NN algoritması örneği (Atan 2020)

### Naive Bayes:

Sayısal veya kategorik veriler için kullanılan ve Bayes teoremine dayanan Naif Bayes algoritması temelde, yapılması istenen görev için mevcut veriler ile, yeni verilerin gelmesi durumunda tekrar ele almak kaydıyla, olasılıkların tekrar tekrar değerlendirilmesidir (Atan, 2020). Elde var olan tüm bağımsız değişkenler önce kendi içinde çıkan sonuçlara göre daha sonra kendi arasında olasılıkları hesaplandıktan sonra veriler normalize<sup>1</sup> edilir. Yeni gelen veriler olduğu sürece aynı şekilde işlem eklenerek devam eder. Sınıflandırma veya tahmin elde edilen sonuca göre yapılır (Şeker 2018).

Denetimli öğrenme sistemindeki temel ve en çok kullanılan algoritmalar açıklandığı şekilde olup, daha farklı algoritmalar veya açıklanan algoritmaların farklı yöntemlerdeki versiyonları da bulunmaktadır. Tamamen insan süpervizörlüğünde gerçekleşen bu öğrenim sistemlerinin en çok kullanılan ikinci öğrenim türü olan hiçbir süpervizörlüğün bulunmadığı denetimsiz olarak öğrenen sistemi de bulunmaktadır.

### Denetimsiz Öğrenme

Makinelerin, etiketlenmemiş (unlabeled) -herhangi bir sınıfa atanmamış veya özelliği tanımlanmamış- veriler ile herhangi bir gözetim olmadan kendi kendini eğittiği öğrenme sistemi türüdür. Makineler görülmeyen veya bilinmeyen durumlar için tahminlerde bulunur (Mohri vd. 2018). Denetimsiz öğrenme algoritmaları, diğer algoritmalarda da olduğu gibi daha fazla alt başlık ve farklı yöntemler içermektedir. Bu tez çalışmasında pratikte en çok kullanılan algoritmalar üzerinde durulmuştur.

Denetimli öğrenmede regresyon ve sınıflandırma yöntemi varken denetimsiz öğrenmede kümeleme metodu kullanılmaktadır. Kümeleme veya bölütleme (Clustering) algoritmalarının temel amacı benzer durumların/örneklerin bir arada toplanmasıdır. Görüntü segmentasyonu, müşteri segmentasyonu, arama motorları gibi birçok alanda

<sup>1</sup> Normalize etme yönteminin temel amacı veriler arasındaki farklılığın büyük olduğu durumlarda değerleri tek bir düzen içinde toplamak ya da farklı sistemdeki verileri matematik fonksiyonlarınca ortak sisteme oturtmaktır. Bu duruma istatistiksel normalleştirme denir (Şeker 2012).



kümeleme algoritmaları kullanılmaktadır (Géron 2019). Bu öğrenme türünde en çok kullanılan algoritma K-ortalama (K-means) algoritmasıdır.

- K-Ortalama (K-means)
- Hiyerarşik Küme Analizi (Hierarchical Cluster Analysis)
- Birliktelik Kuralı Öğrenimi (Association Rule Learning)
- Apriori Algoritması
- Eclat Algoritması

### **K-Ortalama:**

K-ortalama algoritması, her bir verinin belirli bir kümeye ait olduğu keskin bölütleme algoritması olup temel mantığı barındırdığı verileri, algoritmanın da isminde bulunan 'K' değeri kadar kümeye bölmektir. Uygulamayla yapılmak istenen, bölütleme sonunda oluşan kümeler için, kümeler içi benzerliğin en fazla kümeler arasındaki benzerliğine en az olmasıdır. Sistemde işlemler en yüksek düzeyde performans gösterene kadar yenilenir (Çolak vd. 2016).

### **Hiyerarşik Küme Analizi:**

K-ortalama algoritmasındaki küme sayısının önceden belirlenmesinden kaynaklanan dezavantajı kaldırmak için bu yöntem geliştirilmiştir. Birleştirici ve bölücü (agglomerative ve divisive) yaklaşımları bulunmaktadır; birleştirici yaklaşımda tek bir veri bir küme olarak kabul edilir, benzer özelliktekiler birleştirilerek grup haline getirilir. Bölücü yaklaşımda tam tersi şekilde başta total veri tek bir küme olarak kabul edilir; uzaklık veya benzerlik matrisleri ile alt kümeler oluşturulur (Ülgen 2021).

### **Birliktelik Kuralı Öğrenimi:**

Bu yöntemde veriler arasındaki ilişkiler olasılık aracılığıyla konulup varılan sonuçla durumların birbiriyle olan bağlantısı ortaya çıkarılır. Örnek olarak, alışveriş yapılırken birlikte satın alınması yüksek olasılıkta olan ürünlerin tahmin edilmesi verilebilir. Bebek bezi ve bebek mamasının birlikte alınması gibi durumlar birliktelik kuralı ile öngörülür (Şentürk 2006).

### **Apriori ve Eclat Algoritmaları:**

En popüler iki birliktelik kuralı algoritması Apriori ve Eclat'tır. İki algoritmada da temel mantık aynıdır. Apriori algoritması verilerden sırasıyla tekli, ikili, üçlü kombinasyonlar oluşturur; bu kombinasyonlar frekanslarına göre sırayla elenerek diğer aşamaya geçer. Eclat algoritması apriori algoritması ile aynı amacı taşımaktadır ancak diğer kombinasyona geçebilmek için eleme yapmak zorunlu değildir. Ayrıca Apriori algoritmasına göre daha hızlı çalışmaktadır (Şeker 2018).

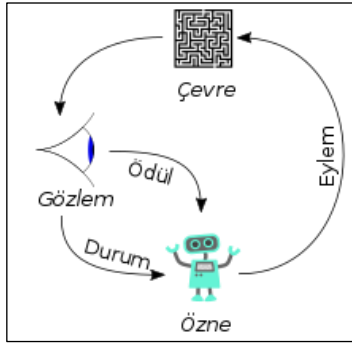
### **Yarı Denetimli Öğrenme**

Hem denetimli hem denetimsiz görevlerin yerine getirilmesinde uygulanan yarı denetimli öğrenmede sadece bazı veriler etiketli, sınıflandırılmış veya özellik atanmış veri, olup çoğunlukla büyük girdi verileri bulundurmaktadır. Denetimsiz öğrenme

teknikleri girdi verilerinde kullanılıp, denetimli algoritma verileri etiketsiz verilerde kullanılarak daha sonra elde edilen veriler eğitim veri setleri olarak sisteme geri besleme yapıldığında model en iyi performansa ulaştırmaya çalışılabilmektedir (Brownlee 2016).

### Pekiştirmeli Öğrenme

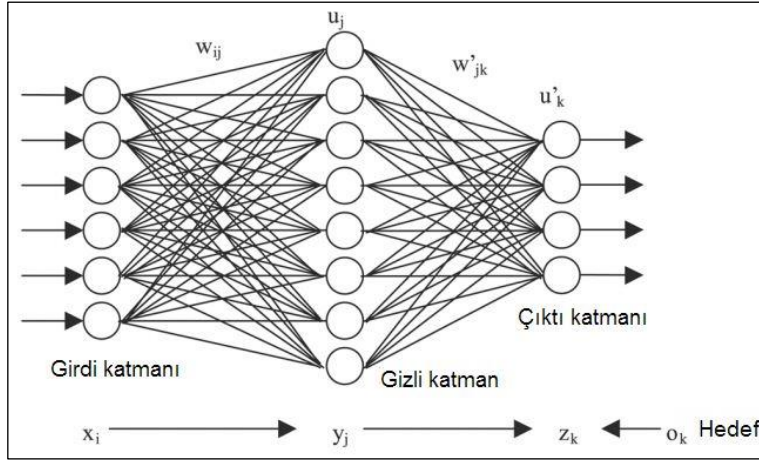
Pekiştirmeli veya takviyeli öğrenmede, öğrenen sistem belirli bir ortam içerisinde gerçekleştirdiği aksiyonlara göre penaltı veya ödül sistemi ile bir çeşit deneme-yanılma yöntemi doğrultusunda sistem için objektif fonksiyonu bularak en iyi performansı göstermeyi amaçlamaktadır. Bir satranç oyunu veya labirentten çıkmaya çalışan bir robot örnek olarak gösterilebilir (Alpaydın 2014). Özne ya da ajan bir çevre veya ortamda eylem gerçekleştirir. Her eylem gerçekleştiğinde durum değişir. Gözlem ile ceza veya ödül verildikten sonra aynı sirkülasyon devam eder (Şekil 3.5). Çalışma sisteminden de anlaşılacağı üzere pekiştirmeli öğrenme geri besleme tabanlı bir öğrenme çeşididir.



Şekil 3.5. Pekiştirmeli öğrenmenin çalışma sistemi (Anonim 6)

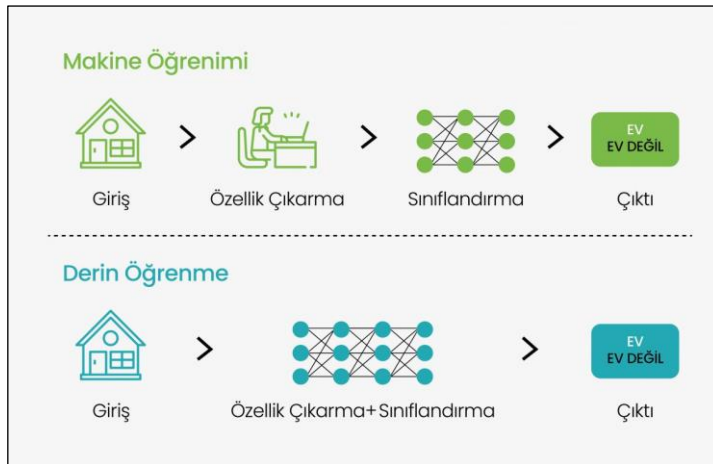
### 3.2. Derin Öğrenme

Bir makine öğrenmesi alt dalı olan derin öğrenme başlığına giriş yaparken başta yapay sinir ağları ile olan kavramsal farkını bilmek gerekir. Yapay sinir ağlarındaki temel amaç, makine öğrenimine girişte de kısaca bahsedildiği gibi, bireyin öğrenebilmesini sağlayan beyindeki sinir hücrelerinin matematiksel modellenmesi ile veriler ile girdi yapılan ve öğretilmek istenen sistemin, insan beyindeki nöronlarla aynı mantıkta çalışabilmesini sağlayabilmektir (Hebb 1949) (Şekil 3.6).



**Şekil 3.6.** Yapay sinir ağları temsili gösterimi (Anonim 7)

Yapay sinir ağları modeli ile insanlarda olan karar verebilme yetisi makinelere de geçmiş; lineer denklemlerin çözümünde başarı sağlandığı gözlenmiştir ancak ilerleyen süreçte lineer denklemlerdeki problemlerin çözümündeki performans geliştirilse de lineer olmayan sistemler için sağlıklı sonuçlar elde edilememiştir. Bu problemin yapay sinir ağında ileri yerine geri beslemeli (lineer problemlerin çözümündeki performansı arttıran teknik) olmasına rağmen modelin tek katmanlı olması olarak düşünülmüştür. Çok katmanlı yapay sinir ağları modelinin de ortaya atılmasından sonra lineer olmayan denklemlerin de çözümü sağlanınca katman sayısının artırılması ile daha yüksek performans beklentisi ile Evrişimli Sinir Ağları (Convolutional Neural Network (CNN)) modeli geliştirilmiştir. Bu modelin geliştirilmesinin sonucunda sınıflandırma problemleri çok daha yüksek performansta sonuç vermeye başlamıştır (Doğan ve Türkoğlu 2019). Igor Aizenberg ve arkadaşları tarafından yapay sinir ağlarına bağlı olarak derin öğrenme kavramı 2000 senesinde tanıtılmış; Geoffrey Hinton'ın 2006 yılında yayınladığı makalede her tekrarda önce denetimsiz sonra denetimli yöntemlerle eğitilen bir, çok katmanlı ve ileri beslemeli sinir ağına nasıl ince düzeltmeler yapılabildiğini açıklamıştır (Şeker vd. 2017).



**Şekil 3.7.** Makine öğrenmesi ve Derin öğrenme farkı (Anonim 8)

Derin öğrenmenin temel çalışma mantığı, özelliklerin çıkarılması ve sınıflandırılması veya dönüştürülmesinde, girdinin işlendiği her katmandan çıkan ürünün bir diğer katman için yeni bir girdi olan birçok lineer olmayan katmanın denetimli veya denetimsiz algoritmalar ile kullanılmasından geçmektedir (Şeker vd. 2017). Başlıca derin öğrenme mimarileri: “Evrışimli Sinir Ağları (Convolutional Neural Network (CNN), Tekrarlayan Sinir Ağları (Recurrent Neural Network- RNN), Uzun-Kısa Vadeli Hafıza Ağları (Long-Short Term Memory- LSTM), Sınırlı Boltzmann Makineleri (Restricted Boltzmann Machiness – RBM), Derin İnanç Ağları (Deep Belief Network – DBN), Derin Oto-Kodlayıcılar (Autoencoders – AE)” olmak üzere sınıflandırılabilir (Tüfekçi ve Karpat 2019). Birçok farklı disiplinde, geniş kapsamda uygulama alanı bulunan derin öğrenme, makine öğrenmesinde olduğu gibi, tıptan çeşitli endüstrilere, bilgisayarla görü, nesne tespiti ve tüm sınıflandırma çeşitlerini kullanarak yüksek performansta sonuç veren bir sistemdir.

### 3.3. Bibliyometrik Analiz Yöntemi

Bibliyometri, bir alana ait genel bilgilerin edilmesinde, o alana ait yapılmış bilimsel çalışmalara ait yapılan atıflar, çalışmanın yaptığı atıflar, yazarları, kullandığı kaynaklar gibi verilerin sayısal analizinin istatistik bilimi ile yapılmasıdır. Disiplinin belirli alanına, ‘hangi ülke en çok katkı sağlamış, hangi yazarlar konuyla ilgili en çok çalışmayı yapmış, hangi kaynaklar-yazarlar en çok atıf almış, hangi anahtar kelimeler en çok kullanılmış? ’ gibi soruların cevapları, analizi yapılmak istenen disipline ait çeşitli bilgileri bibliyometrik yöntemlerle verilmektedir (Zan 2012).

Bibliyometrik analiz temel iki tekniği içermektedir. Birincisi performans analizinin ve bilimsel haritalamanın yapıldığı ana teknikler, ikincisi de ağ analizinin yapıldığı zenginleştirme tekniğidir. Ana tekniklerdeki performans analizleri yayın bağlamında toplam yayın, katkı sağlayan yazarlar, ortak yazarlı yayınlar, çalışmaların aktif yayınlandığı yıllar; atıf bağlamında toplam atıf, ortalama atıflar; hem atıf hem yayın bağlamında ise işbirliği indeksi, atıflı yayın sayısı ve oranı, h,m,g- indeksleri gibi analiz çıktıları sunar. Bilimsel haritalama ise atıf analizi, ortak atıf analizi, bibliyografik eşleşme, ortak kelime analizi, ortak yazar analizi sonuçlarını vermektedir (Donthu vd. 2021).

Zenginleştirme tekniklerindeki ağ analizi ile ağ ölçümü bağlamında; merkeziyetin derecesi, aralığı, özvektörü, yakınlığı gibi değerlerin yorumu yapılır. Kümeleme bağlamında ise; faktör analizi, hiyerarşik kümeleme ve birçok farklı algoritma ve yöntemin analizi yapılmaktadır. Zenginleştirmenin son başlığı ise görselleştirmedir ve bibliometrix R, Bibexcel, Gephi, Pajek, VOSviewer ve SciMat başta olmak üzere farklı programlarla yapılabilmektedir (Donthu vd. 2021).

Tüm teknik ve analizler farklı aşamalarda farklı programlarla yapılabilmektedir. Bu programlar genellikle verilerin elde edildiği veri tarayıcı tabanlarına veya verilerin bulunduğu dosyaların dosya uzantılarına göre değişiklik göstermektedir.

#### 3.3.1. Bibliyometrik analiz programları

Bibliyometrik analiz yapılırken seçilen programlar, analiz süreci aşamasında programın özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Verinin alındığı web tabanına,

verilerin bulunduğu dosyanın uzantısına, yapabildiği analiz türlerine göre gibi birçok unsura bağlıdır. Sürecin ilk aşaması verilerin elde edileceği veri tabanı tarayıcısı veya tarayıcılarını seçmekten geçmektedir. Bu aşama için birçok site bulunmaktadır. En çok kullanılan iki tarayıcı Web of Science ve Scopus olmakla birlikte en çok bilinen diğer siteler; PubMed, DBLP, Google Scholar'dır. Araştırmacılar tarafından çoğunlukla Wos ve Scopus kullanılma sebebi, PubMed ve DBLP'nin atıfla ilgili verileri sağlamaması ve Google Scholar'dan alınan verilerin yanlış atıf sayısı içermesi, verilere lisans tezlerini de eklemesi gibi sorunlardan kaynaklanmaktadır (Biswas vd. 2021).

Sürecin ikinci aşaması bu veri tabanı tarayıcısından alınan verilerin bir yazılıma aktarılmasından geçmektedir. Eğer sadece bir tarayıcıdan alındıysa sonraki analiz aşamaları daha kolay olmakta ve seçilecek program açısından birçok seçenek sunmaktadır. Ancak birden çok tarayıcıdan veri alındıysa ikinci aşama dosya uzantılarının bir yazılım aracılığıyla birleştirilmesidir. R Studio veya Python gibi programlar farklı dosya uzantılarını ortak bir dosya uzantısına çevirebilir.

Elde edilen verilerin işleneceği ve anlamlı görsel ve/veya sayısal çıktılara dönüştürüleceği programlar ise Excel, BibExcel, Sitkis, HisCite, VosViewer, CiteSpace, CitenetExplorer, Gephi, Pajek, UCINET, iGraph, NVIVO ve bir R Studio paketi olan Biblioshiny'dir. Bu programlar veri tabanı tarayıcılarından elde edilen dosya uzantılarına göre çalışıp çalışmayabilir veya bir programın çalışması için verilerin başka bir yazılımdan da geçmesi gerekir. Örneğin HisCite Scopus'tan alınan verilerin analizini yapamaz ya da Gephi ve Pajek'in analizleri direkt WoS veya Scopus çıktılarından yapılamaz, önce BibExcel programında işlenmesi gerekir (Anonim 9).

Seçilecek programların tamamen yapılacak analiz türüne göre belirlenmesi en doğru çıkış yolu olacaktır. Sadece sayısal verilere ihtiyaç varsa görselleştirme programları için uzantı değiştirilmeden veriler işlenmeli veya çok kapsamlı bir analize ihtiyaç varsa bu doğrultuda yazılım programları seçilmelidir. Bu çalışmada sırasıyla Web of Science, Scopus, R Studio, Biblioshiny ve VosViewer kullanılmıştır.

### **3.3.2. Analizi yapılan çalışmaların kapsamı ve kullanılan anahtar kelimeler**

Yapılan çalışma, makine öğrenmesinin mimarlık başta olmak üzere tasarım, yapım ve planlama alanlarında yapılan yayınlarının incelenmesi kapsamında olmasından kaynaklı, seçilen terimler özellikle mimarlığın ana alt başlıklarına ait temel terimler olarak belirlenmiştir. Bu başlıklar; yapı fiziği, mimari tasarım, proje yapım ve yönetimi, restorasyon, inşaat ve mimari tasarımda bilişim olarak belirlenip bu dallara ait ana terimler seçilmiştir. Tasarım, yapım ve planlama alanlarının dahil edilmesi, veri tabanı tarayıcısında kategori seçimi bazında yapılmıştır.

Tasarım, yapım ve planlama alanları için temel anahtar kelimeler, yapı fiziği, tasarım, yönetim, restorasyon, yapı ve bilişim olarak ana başlıklarda ayrı ayrı, Web of Science tabanında İnşaat Mühendisliği, Mimarlık, Şehir Planlama ve İnşaat Yapım Teknolojisi kategorilerinde; Scopus tabanında ise Mühendislik ve Sanat ve Beşerî Bilimler kategorilerinde taranmıştır. Makine öğrenimi tabanlı tüm temel anahtar kelimeler her aramada sabit tutulmuştur.

**Çizelge 3.1.** WoS ve Scopus'ta taratılan anahtar kelimeler ve elde edilen yayın sayıları

<b>Makine Öğrenimi Tabanlı Terimler</b>	<b>Tasarım, Yapım ve Planlama Terimleri</b>	<b>Web of Science</b>	<b>Scopus</b>
topic: ("machine learning") and topic: ("machine learning" or algorithm* or "virtual reality" or "reinforce* learning" or "computer vision" or detect* or process* or predict* or pattern or classification or cluster* or "deep learning" or recognition or recommend* or "neural network" or ann or cnn or "supervised learning" or regression or "support vector" or "decision tree" or "random forest" or knn or "k-mean*" or "naive bayes" or "association rule" or "thompson sampling" or lasso or apriori or eclat or "upper confidence bound" or "natural language processing" or "principal component analysis" or "linear discriminant analysis" or "computer aided" or database or "big data" or "data mining" or "augmented reality" or "fuzzy logic")	and topic: ("environment* control" or sustainabl* or "building physics")	74	160
	and topic: ("architectural design" or "building design" or "design technology" or "spatial morphology" or "spatial design" or "space production" or "building typology")	52	251
	and topic: (project management or construction management) and topic: (management or organization or "site management" or "information technologies" or "building information modeling" or bim or "innovation management" or "marketing" or health or safety or "construction law" or risk)	105	178
	and topic: (construction or architect*) and topic: (restoration or conservation or rehabilitation or preservation or renovation or heritage or cultur* or "industrial archaeology" or "adaptive reuse")	18	187
	and topic: ("construction technolog*" or earthquake* or "damage assessment" or "building physics" or "fire protection" or structure or concrete or steel or wood or masonry or membrane or tensile or tensegrity or shell or "high rise")	111	575
	and topic: ("computational design" or "digital fabrication" or "digital modeling" or "parametric design" or "generative approach*" or fractal* or "shape grammer*" or "remote sensing" or "spatial data" or "cognitive processes" or "big data" or "data mining" or "database")	150	176

Web of Science ve Scopus veri tabanlarından taratılan anahtar kelimeler sonucu toplamda 2037 doküman elde edilmiştir. Bu iki veri tabanındaki aynı dokümanların tespit edilmesi ve silinmesi için RStudio 1.4.1106 sürümüne aşağıdaki kod, indirilen bütün dosyalar için ayrı ayrı girilmiştir. Girilen kod sayesinde tüm dosyalar birleştirilip ayıklandıktan sonra tek bir dosya uzantısında (.xlsx) toplanmıştır. Bu şekilde analizin diğer aşamasına geçilebilmiştir.

```
library(bibliometrix)
library(xlsx)
## importing web of science dataset
web_data<-convert2df("WOSDOSYALARI.txt")
## importing scopus dataset
scopus_data<-convert2df("SCOPUSDOSYALARI.bib",dbsource = "scopus",format
= "bibtex")
# combining both datasets
combined<-mergeDbSources(web_data,scopus_data,remove.duplicated = T)
## exporting file
write.xlsx(combined,"birlesik.xlsx")
```

**Şekil 3.8.** Rstudio'ya dosyaların birleştirilmesi için girilen kod

RStudio'da, toplamda 494 dokümanın kopyalanmış olduğunu tespit edilmiş ve bu kopyalanmış belgeler yazılım programı tarafından silinmiştir. Kalan 1543 çalışma, alakasız veya RStudio'nun silmediği kopyalanmış olanlarının tespiti için, manuel olarak incelenmiştir.

Kalan çalışmalar çalışma başlıkları veya anahtar kelimeler tasarım, yapım ve planlama alanları dışında bilişim, bilgisayar, kodlama alanlarında da terim olarak kullanıldığı için gerektiğinde sırasıyla çalışmanın ismi, çalışmayı yapan yazarların buldukları departmanlar, anahtar kelimeler ve özet bazında incelenmiştir. Strüktür (structure), mimarlık (architecture), tasarım (design), yapı-yapım (construction-build-building), planlama (planning) mimarlık terimi olduğu gibi bilişim alanında da kullanılan anahtar kelimelerdir. Bu sebepten excel dosyasında ayıklamalar başlık, anahtar kelime, yazarın bulunduğu departman ve gerektiğinde özetleri ve içerikleri okunarak yapılmıştır.

Belgelerin başlık, kaynak ve anahtar kelimelerinin tek tek incelenmesi sonunda 795 doküman silinmiş ve 748 doküman RStudio'nun Biblioshiny paketinde analiz edilmiştir. Analizleri mimarlık bölümünden yazarı bulunan yayınlar incelemek için Excel dosyasında tekrardan manuel eleme yapılmış; mimarlık departmanından çalışma yapan yazarların bulunduğu dokümanlar ele alınmıştır.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tez kapsamında tasarım, yapım ve planlama alanları olan mimarlık, inşaat ve şehircilik disiplinlerinde, makine öğreniminin akademideki yaygınlığı ile birlikte uygulamada, gerçek hayatta nerelerde çözüm yolu olarak kullanıldığına bakılması gerekir. Bu şekilde akademi ve sektörün paralelliği tartışılabilir.

### 4.1. Tasarım, Yapım ve Planlama Alanlarında Makine Öğrenimi Çalışmalarına Dair Ana Bilgiler

Makine öğrenimi ile ilgili tasarım, yapım ve planlama alanlarında yapılan akademik çalışmalar analiz edildiğinde, makine öğrenimi ve ilgili anahtar kelimeleri kullanan yayınların 1992 ile 2021 yılları arasında yapıldığı gözlenmektedir. Konuyla ilgili çalışmaların yayınlandığı kitap, dergi, konferans vb. toplam 327 adet kaynak bulunmaktadır. Bu 327 adet kaynaktan toplamda 747 adet çalışma yayınlanmış ve bu çalışmaların atf verdiği yayın sayısı 29.983'tür. Bu yayınların 441'i makale, ikisi kitap, 252'si bildirimdir; incelemeler, kitap bölümleri gibi kaynaklardan da yayın yapılmıştır. Toplamda 3854 anahtar kelime (ID), 2103 yazarın anahtar kelimesi (DE) vardır. En az<sup>2</sup> 2070 yazarın çalışma yaptığı yayınların 52'sinin tek yazarlı, 2018'inin çok yazarlı çalışma olduğu tespit edilmiştir.

Mimarlık bölümünden yazarı bulunan yayınlar alınarak inceleme yapıldığında tüm sayısal verilerin önemli derecede bir düşüş yaşadığı gözlenmektedir. Mimarlıkta makine öğrenimi için çalışmalar akademik yayın olarak 1993'te başlamasına rağmen toplam kaynak sayısı 94; yapılan toplam yayın sayısı sadece 163 ve toplam kaynakça sayısı 6800'dür. Bu konu üzerine 101 makale ve 50 bildiri yazılmış olmasına karşın makine öğrenimine dair mimarlık alanında şu ana kadar hiç kitap yazılmamıştır. Tamamı mimar olmayan 506 yazarın çalışma yaptığı konuda 492 yazar ortak çalışmada bulunmuş; 14 çalışma bireysel yapılmıştır. Yazar başına düşen yayın sayısı 0.322 iken yayın başına düşen yazar sayısı 3.1'dir (Çiz. 4.1). Bu çalışma içerisinde mimarlık ve diğer disiplinlerin kapsamlı karşılaştırılmama sebebinin temeli yapılan analizlerin içerikleri mimarlık departmanındaki yazarlar ile sınırlı tutulduğunda ya analiz programının sonuç vermemesi ya da veri azlığı sebebiyle çıkan sonuçlardan genelleme yapılamamasıdır.

---

<sup>2</sup> En az denme sebebi, programın soyad bazlı analiz yapılmasından dolayı aynı soyadlı farklı yazarların analizde aynı yazar olarak görünmesindedir.



**Çizelge 4.1.** Analizi yapılan yayınlara ait ana bilgiler

<b>Verilerle ilgili ana bilgiler</b>	<b>Tasarım, Yapım ve Planlama toplam</b>	<b>Mimarlık Bölümünde Yazarı Olan Yayınlar</b>	<b>Yayın İçerikleri</b>	<b>Tasarım, Yapım ve Planlama toplam</b>	<b>Mimarlık Bölümünde Yazarı Olan Yayınlar</b>
Zaman Aralığı	1992:2021	1993:2021	Anahtar Kelimeler (Keywords Plus)	3854	1046
Çalışmaların Yayınlandığı Kaynak Çeşitliliği	327	94	Yazarın Anahtar Kelimeleri (Author's Keywords)	2103	592
Yayınlar	747	163	Yazar Sayısı (En Az)	2070	506
Yayın Başına Düşen Ortalama Alıntı	6,825	8,067	Tek Yazarlı Belgelerin Yazar Sayısı	52	14
Yayın Başına Düşen Yıllık Ortalama Alıntı	1,661	1,709	Çok Yazarlı Belgelerin Yazar Sayısı	2018	492
Kaynakçalar	29983	6800	Tek Yazarlı Doküman Sayısı	59	15
Makale	441	101			
Makale; Kitap Bölümü	4	1			
Makale; Erken Erişim	8	2			
Kitap	2				

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.1'in devamı

Kitap Bölümü	15	4			
Bildiriler	252	50			
İncelemeler	22	5			

Analizlerin tasarım, yapım ve planlama ile ilgili disiplinler çerçevesinde incelenmesinin nedeni makine öğreniminde mimarlık disiplinindeki çalışmaların bazı analizler için yetersiz kalması, analiz sonuçlarının çıkmasına rağmen veri eksikliği nedeniyle yorumlanmasının çok sağlıklı olmamasıdır. Ayrıca tasarım, yapım ve planlama alanları temelde birbirine çok yakın meslek grupları olması sebebi ile yapay zekâ kullanımının, sistemsal olarak bu disiplinler arasında uyarlanabilir olmasıdır. Şehir planlama olarak, bir bölgede makine öğreniminin işletildiği bir sistem büyük bir parsel içerisindeki yapı komplekslerine de rahatlıkla uyarlanabilir. İnşaat mühendisliğinin de mimarlıkla tamamen paralel gitmesi ve ardışık bir süreç içerisinde olması ve iki disiplinin de birbiri ile kaynaşmış olmasından kaynaklı, bu disiplinlerde geliştirilen makine öğrenimi sistemlerinin iki meslek grubunda bulunan kişiler için de çok faydalı olduğu bir gerçektir. Bu sebeple analiz sürecinde özellikle bu üç disiplinin bulunduğu belge referans alınmıştır.

Analiz süreci, parametrelerin genelden özele sıralaması olarak düşünülmüş olup en etkili dergi, konferans, kitap gibi kaynaklar ile başlamıştır. Kaynakların ilk aşamada olmasının sebebi tüm parametrelerin ortak noktası ve bir sürecin en son noktası olan yayımlanma yeri olmasındandır. Analizler daha sonra ülke ve kurumların faaliyetleri ile devam etmiştir. Kurumlar ve ülkelerin paralellik göstereceği düşünüldüğünden birlikte tek bir başlık altında incelenmiştir. Bu iki parametrenin ilgisi ve etkinliği tartışıldıktan sonra yazarlar özelinde inceleme yapılmıştır. Etkili kurumların ve yazarların ortak noktada buluşmaları beklenmekte olduğu için (örneğin en etkili yazarların çoğunun en etkili üniversiteden olması gibi) kurumlardan hemen sonra yazarlar incelenip bu durumun gerçekleşip gerçekleşmediği gözlenmiştir. Yazarların da etkinliklerinin incelenmesi sonrası, yayınladıkları çalışmalar ve yayınlarının atıf verdiği kaynakçalar detaylı olarak analiz edilmiştir. En son olarak ise bu yayınlanan ve atfedilen belgelerin en çok kullandığı kelimeler, birlikte kullanım, atıf sıklığı; bu sıklığın yıllara göre belirlediği konular, konunun temel kelimeleri gibi birçok açıdan incelenip yükselişte olan, yeni çıkan ya da yok olan konuların tespiti gibi birçok analiz yapılmıştır. Analiz sürecinin en son aşamasında ise belirli parametreler birleştirilip anlamlı sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Özet olarak analiz süreci, parametrelerin birbirini doğrulayacak şekilde gitmesi şeklinde planlanmıştır.

#### 4.2. Çalışmalardaki En Etkili Kaynaklar

Kaynakların yayın sayısı ve yayınların etkisine göre olan etkinlikleri, makine öğreniminin tasarım, yapım ve planlama alanlarındaki akademik gelişmesinin en önemli göstergelerindedir. Bir kaynağın zaman içerisinde bir konuda yaptığı yayının sayısını

düzenli bir şekilde arttırması ya da yayınlarına yapılan atıf sayısının yüksekliği bu kaynakların akademideki etkinlikleri hakkında fikir sahibi olmamızı sağlar.

#### 4.2.1. Çalışmaların yayımlandığı kaynaklara göre

Makine öğrenimi hakkında tasarım, yapım ve planlama alanlarında yapılan yayınların sayısına göre kaynaklara bakıldığında “Automation in Construction” dergisinin 60 çalışma ile konuyla ilgili en etkin kaynak olduğu söylenebilir. Yayın yapma sayısına göre ilk 20 kaynağa bakıldığında çoğunluğu dergi iken; bunların arasında 4 adet konferans bildiri kitabı da bulunmaktadır (Çiz. 4.2).

**Çizelge 4.2.** Yapılan Yayınların Sayısına Göre Kaynaklar

<b>Kaynak Adı</b>	<b>Kaynak Çeşidi</b>	<b>Tasarım, Yapım ve Planlama Alanlarında Yapılan Konuyla İlgili Toplam Yayın</b>
Automation in Construction	Dergi	60
Journal of Computing in Civil Engineering	Dergi	25
Sustainable Cities and Society	Dergi	19
Advances in Intelligent Systems and Computing	Dergi	18
Journal of Building Engineering	Dergi	18
Journal of Construction Engineering and Management	Dergi	18
Energy and Buildings	Dergi	17
Construction and Building Materials	Dergi	13
Engineering Structures	Dergi	12
Re: Anthropocene Design in The Age of Humans- Proceedings of The 25th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia Caadria 2020	Bildiri Kitabı	12

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.2'nin devamı

Applied Energy	Dergi	10
Proceedings of The 36th International Symposium on Automation and Robotics in Construction Isarc 2019	Bildiri Kitabı	10
Projections- Proceedings of The 26th International Conference of The Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia Caadria 2021	Bildiri Kitabı	10
Building and Environment	Dergi	9
Iop Conference Series: Materials Science and Engineering	Bildiri Kitabı	8
Applied Sciences (Switzerland)	Dergi	7
Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering	Dergi	7
Construction Research Congress 2020: Computer Applications- Selected Papers From The Construction Research Congress 2020	Bildiri Kitabı	7
International Journal of Architectural Computing	Dergi	7
Lecture Notes in Civil Engineering	Kitap Bölümü	7

Kaynakların akademiye etkilerini tartışabilmek için, kaynakların yayın sayılarının yanı sıra, yayınlarının aldığı atıf sayısı dikkate alınarak hesaplanan belirli evrensel indekslere göre sıralanmalarını da incelemek gerekir. Bu indeksler özellikle h-indeks, g-indeks ve m-indeksdir.

H-indeksinde bir yazar ya da bir kaynağın, yayın sayısı ve atıf sayısı değişken olmak üzere, atıf sayılarının çoktan aza doğru sıralanması doğrultusunda çizilen bir grafik üzerinden hesaplanır. Yayın ve atıf sayısı çizgisine merkezden çizilen açıortayın dikey izdüşümü, kaynağın ya da yazarın h-indeksini verir (Al 2008). M-indeksi, h-indeksinin, yazarın veya derginin ilk yayın yaptığı zamandan geçen süreye bölünmesidir. G-indeksi ise bir çizelge üzerinde, bir sütunda yazarın ya da kaynağın aldığı atıf sayısının çoktan aza doğru sıralanması ve aşağıya doğru toplanmasından, diğer sütunda yayın sayısının

sıralanması ve karesinin alınmasından sonra bu iki sütunda birbirine eşit olan veya en yakın değerin alınması ile bulunur (Anonim 10).

**Çizelge 4.3.** Kaynakların atıf ve yayın dönemlerine ait bilgiler

<b>Kaynak</b>	<b>h_index</b>	<b>g_index</b>	<b>m_index</b>	<b>Atıf Sayısı</b>	<b>Atıf Alan Yayın Sayısı</b>	<b>İlk Yayın Yılı</b>
Automation in Construction	16	32	0,64	1084	51	1997
Journal of Computing in Civil Engineering	12	24	0,48	639	24	1997
Energy and Buildings	11	15	1,1	453	15	2012
Journal of Construction Engineering and Management	9	17	0,39	294	17	1999
Sustainable Cities and Society	8	13	1,33	184	17	2016
Applied Energy	6	10	1	207	10	2016
Building and Environment	5	6	1,25	143	6	2018
Construction and Building Materials	5	7	1,25	76	7	2018
Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering	4	5	1	30	7	2018
Isarc 2018- 35th International Symposium	4	5	1	33	5	2018
Journal of Building Engineering	4	7	1,33	56	11	2019

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.3'ün devamı.

Journal of Civil Engineering and Management	4	5	0,44	54	5	2013
Journal of Cleaner Production	4	5	2	54	5	2020
Computers and Concrete	3	3	0,33	50	3	2013
Construction Research Congress 2018: Safety and Disaster Management	3	3	0,75	20	3	2018
Energy	3	3	0,42	24	3	2015
Engineering With Computers	3	3	1,5	20	3	2020
Habitat International	3	3	0,75	25	3	2018
International Journal of Architectural Computing	3	5	0,75	27	5	2018
Ksce Journal of Civil Engineering	3	3	0,33	57	3	2013

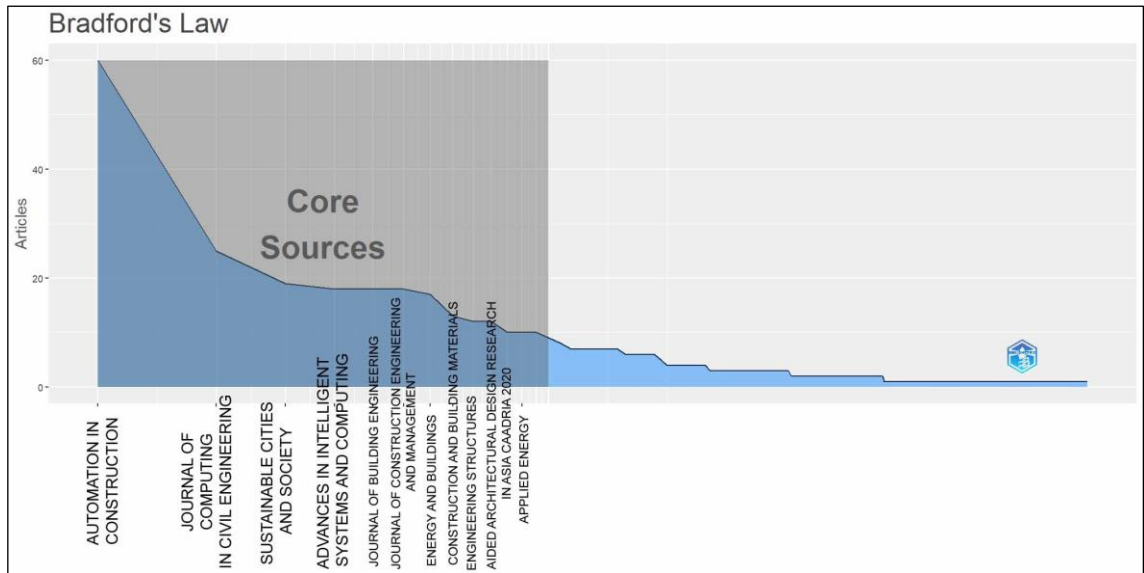
Bir kaynağın akademik dünyadaki etkinliğinin izlenebilmesi için bütün indeks ve değerlerinin birlikte yorumlanması en doğrusudur. Bu üç indekse göre kaynakları incelediğimizde h ve g indeksi yönünden en etkili iki dergi “Automation in Construction” ve “Journal of Computing in Civil Engineering” dergileridir<sup>3</sup>. M ve h indekslerinin birlikte incelenmesi, kaynakların ne kadar uzun zamandır yayın yaptığı ve bu süreçte ne kadar etkili yayınlar çıkarabildiği hakkında da fikir sahibi olmamızı sağlar. Örneğin Automation in Construction dergisinin 16 h indeksine ve 0,64 m indeksine bakıldığında bu konuda yaklaşık 25 yıldır yayın yaptığı ve bu süreçte yüksek atıf almış yayınlar çıkardığı anlaşılabilir. Yayına başlama yılı 1997 olan bu derginin, konuyla ilgili atıf sayısı bibliometrik analizlerde 1084 olarak tespit edilmiştir. En etkili kaynak sıralamasındaki ikinci dergi olan Journal of Computing in Civil Engineering dergisi için de h ve m indeksi benzer oranlar göstermektedir. 12 h indeksi ve 0,48 m indekslerine göre bu derginin

<sup>3</sup> EK-1’de bu iki derginin künyeleri ve özelliklerine ait kısa açıklamalar yapılmıştır.

tasarım, yapım ve planlama alanlarında makine öğrenimi çalışmaları hakkında 25 yıldır yayın yaptığı ve yüksek atıflarla yayın hayatını sürdürdüğü gözlenmektedir.

Bunun yanında Çizelge 4.3'e tekrar bakıldığında Journal of Cleaner Production dergisinin m indeksi ilk 20 kaynaktaki en yüksek çıkmıştır; buna karşı h indeksinin 4 çıkması bize bu derginin yakın zamanda tasarım, yapım ve planlama alanlarındaki makine öğrenimi çalışmaları hakkında yayın yapmaya başladığını gösterir. Çizelge 4.3'te Journal of Cleaner Production dergisinin (EK-1), bu konudaki ilk yayın yılına bakıldığında 2020 tarihli olduğu görülmektedir. Daha çok sürdürülebilir ve çevresel tasarımla ilgili olan bu derginin, bu konuda henüz yayımlara başlamasına rağmen, ciddi bir yükselişte olduğu gözlemlenmektedir.

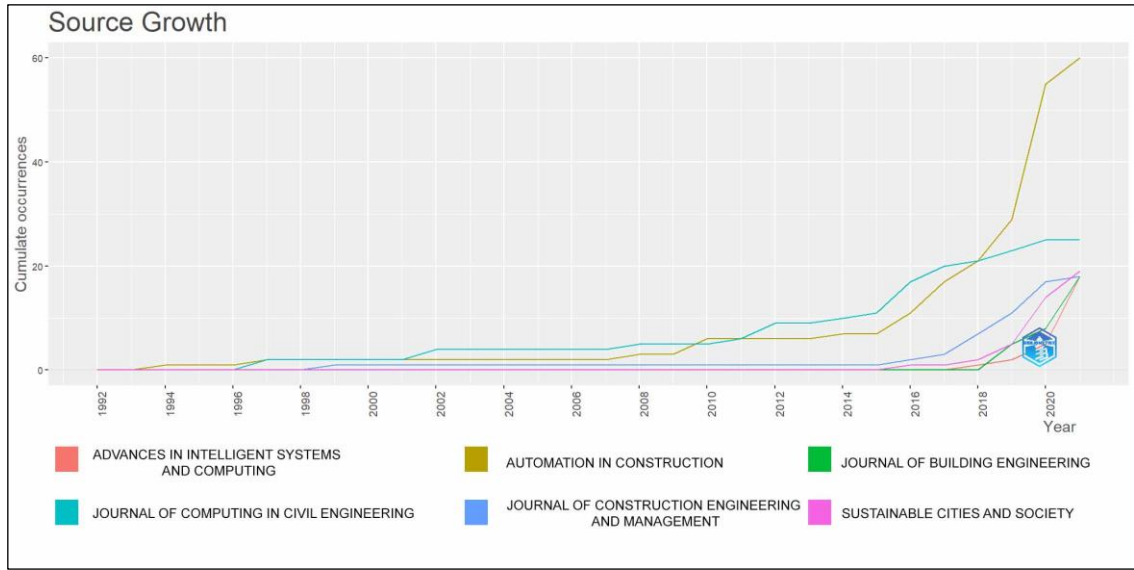
Bir kaynağın bir konu için ne kadar ilgili olduğunun başka bir göstergesi de Bradford Yasası'dır. Garfield (1980) Bradford Yasasını "belirli bir konudaki literatürün dergilere saçılımı ya da dağılımı" olarak tanımlamış; çekirdek gruptaki dergilerin, o konudaki önemli makalelerin 1/3'ünü barındırdığını, ikincil gruptaki daha çok dergi içeren grubun tüm makalelerin 1/3'ünü içerdiği ve son 1/3'ün de çok fazla sayıda dergi içeren son grup olduğunu açıklamıştır.



**Şekil 4.1.** Bradford'un Yasası grafiği

Bu tanım doğrultusunda Bradford Yasası grafiğinde, kaynakların ilgisine göre belirlenen 3 bölge içerisinde çekirdek bölgeye girip, makine öğreniminin tasarım, yapım ve planlama alanlarındaki gelişimine en çok katkıda bulunan ana kaynaklar, "Automation in Construction", "Journal of Computing in Civil Engineering" ve "Sustainable Cities and Society" başta olmak üzere 14 adettir (EK-1). Ara bölgede 77 kaynak ve 3. bölgede 237 yayın bulunmaktadır. Kaynak sayısına oranla bu konudaki çekirdek kaynakların sayısının çok az kaldığı görülmektedir. Çekirdek dergilerin sıralamasına bakıldığında, Bradford Yasasının da temel olarak yayın sayısı temelinde hesaplandığı göz önünde

bulundurulurak, “Yapılan Yayınların Sayısına Göre Kaynaklar” çizelgesiyle paralel bir sonuç verdiği de gözlenir.



**Şekil 4.2.** Kaynakların yıllara göre en etkin 4 derginin toplam yayın sıklığı

Kaynakların akademi için ne kadar etkili olduğu, dergilerin yıl içerisinde yayınladıkları makale sayısından, düzenlenen konferanslarda yapılan bildiri sayısına kadar birçok şekilde anlaşılabilir. Bu çalışmaların ne zamandan beri yapıldığının, hangi yılda nasıl bir artışta veya azalışta olduğunun sayısal veri olarak incelenmesi, akademinin o konuyla alakalı süreç içerisindeki ilgisini gösterir. Makine öğreniminin tasarım, yapım ve planlama alanlarında zamanla gelişiminde kaynakların ilgisini görmek için 4.2’deki grafiği incelediğimizde 1993-1994 yılında Automation in Construction dergisinin yayınıyla başladığımızı, 2010 yılına kadar hatırı sayılır bir gelişme yaşanmadığımızı ve 2015-2016 yıllarından sonra yayın sayısında hızlanan bir artış yaşandığını gözlemleyebiliriz. 2018 yılına kadar Journal of Computing in Civil Engineering dergisi önemli bir yükseliş sergilerken Automation in Construction dergisi 2019’dan sonra büyük bir sıçrama yaşamıştır.

#### 4.2.2. Çalışmaların atf verdiği referansların kaynaklarına göre

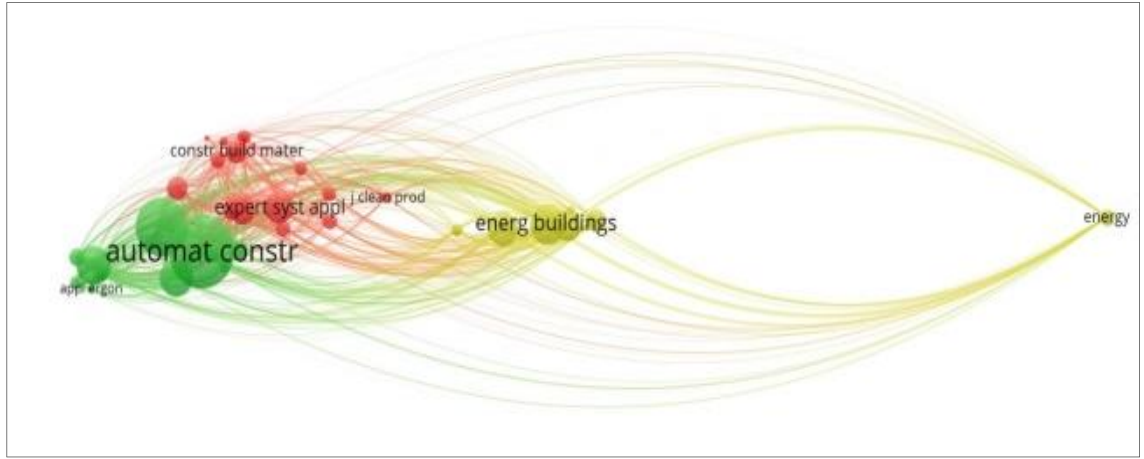
Kaynaklar için yapılmış olan ortak atıfların ağ haritası analizinin sıklık analizlerinden farkı, kaynakların, analizi yapılan dosyadaki yayınların verdiği referanstaki kaynaklardan olmasıdır. Kısaca bu belgedeki dokümanların hangi dergideki kaynaklara ortak atf yaptığının analizi, atf verilen kaynakçalarla ölçülür.

Makine öğrenimi hakkında tasarım, yapım ve planlama alanlarında yapılan çalışmaların referanslarının yayımlandığı kaynakların, kendi aralarındaki ilişkisi de -örneğin yayınlarının birlikte atf alması- akademinin çok disiplinli çalıştığı gibi olumlu sonuçları da çıkarabilir ya da ilişkilerin zayıf kalması halinde de konu hakkında iyi bir gidişatın olmadığı gibi olumsuz sonuçların da görülmesini sağlayabilir. Bu sebeple ortak atf analizinin kaynaklar üzerinden yapılması için Biblioshiny’den alınan sayısal veriler,

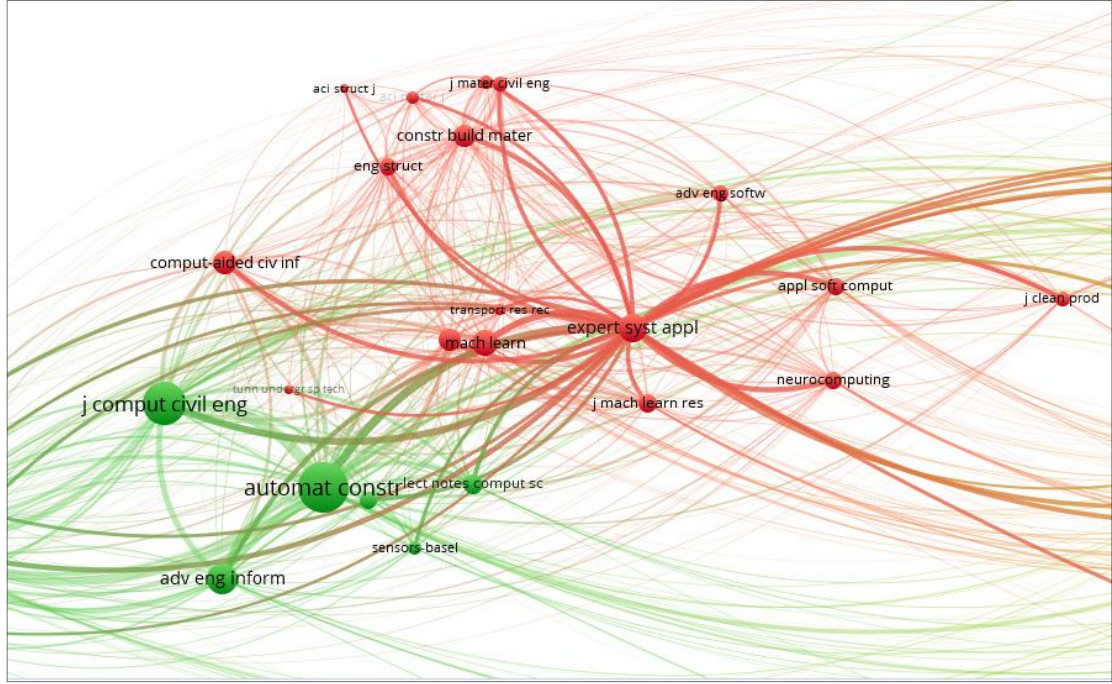


VosViewer’da görselleştirilmiştir. Ortak atıf analizinin sağlıklı yorumlanması için öncelikle tanımının yapılması gerekir. Ortak Atıf Analizi (Co-Citation) iki gruba alıntı yapılmada durumunda, kaç defa ortak alıntı yapıldığına dayandırılarak ölçülen analizdir. Örneğin A ve B dokümanına C,D ve E atıf yapıyorsa A ve B dokümanlarının üç adet ortak alıntısı var denir (Zan 2019).

VosViewer’da, kümelemede aynı renk kullanımı konuların benzerliğini gösterirken, daire boyutları yapılan analiz (örneğin: ortak atıf, ortak kullanım gibi) o dairedeki nesne için değerin ne kadar yoğunlukta olduğunu belirtir. Daireler arası mesafe de kaynakların akademik ilişkilerini temsil eder (Guo vd. 2019). Kaynaklar için ortak atıf analizine bakıldığında temelde dört kümeleme görülmektedir. Bu kümelemeler dört renkte görselleştirilmiş olup her bir renk o kümedeki kaynakların çalıştığı alanlar arasında konu tabanındaki yakınlığı göstermektedir; dairelerin boyutları ise o dairenin temsil ettiği kaynakların yayınlarının aldığı ortak atıf sayısıdır. Örneğin bir derginin yayınları ne kadar çok birlikte atfediliyorsa o derginin dairesi daha büyüktür.



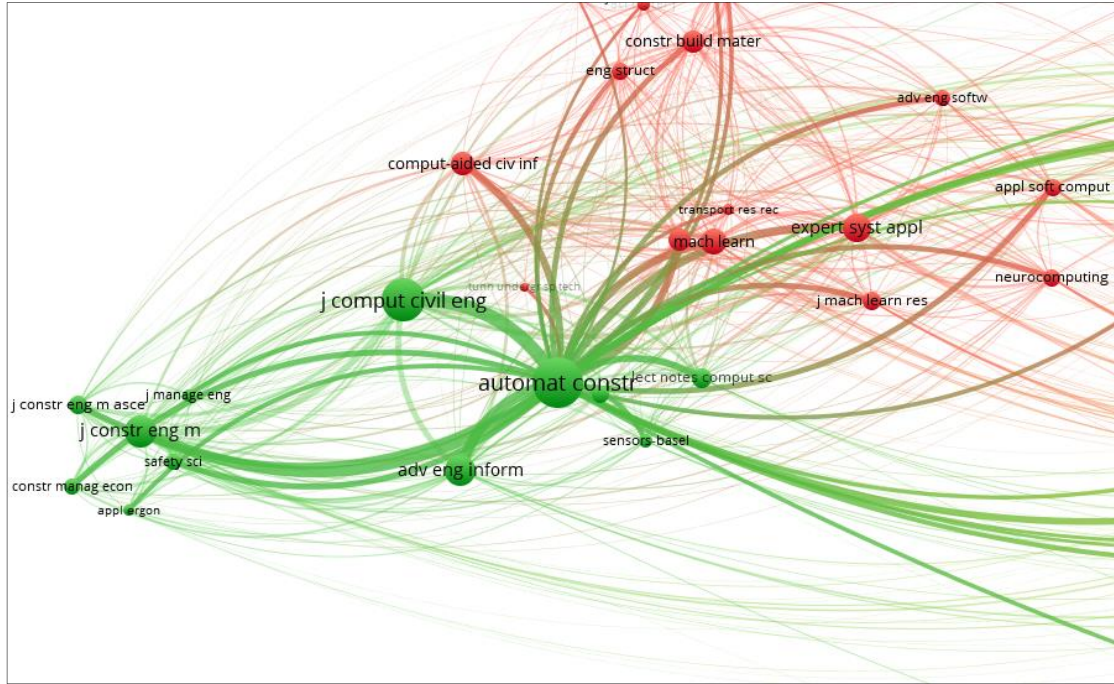
**Şekil 4.3.** VosViewer’de üretilmiş kaynakların ortak atıf analizi haritası. Yeşil, kırmızı ve sarı kümeler konu içeriklerine oluşmuş ve akademik ilişkilerine göre konumlanmıştır



**Şekil 4.4.** VosViewer’de kaynakların ortak atıf analizi haritası

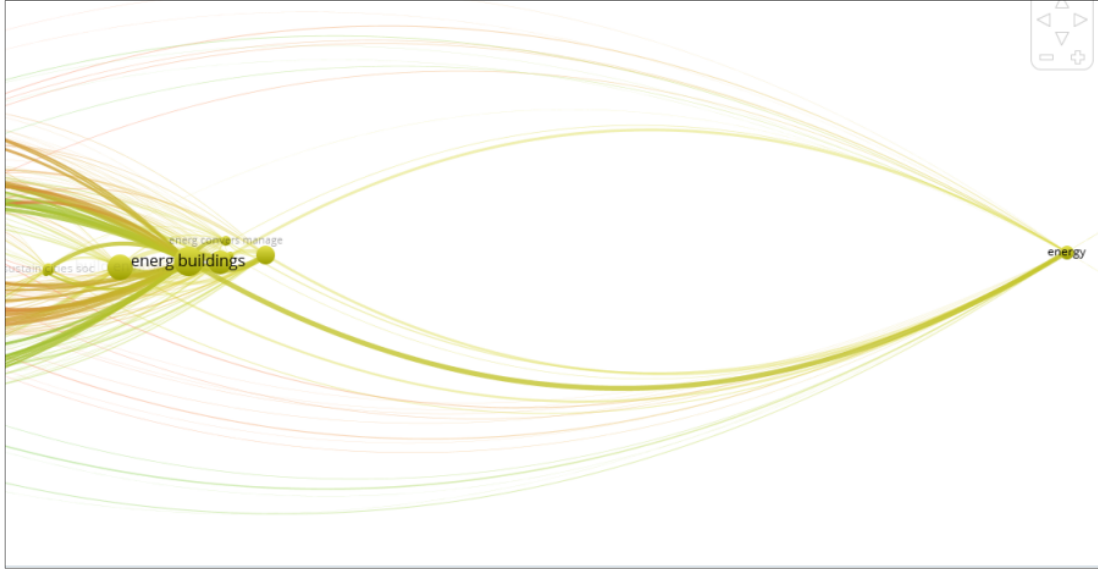
Şekil 4.4’te görüldüğü üzere ilk küme kırmızı renkte olup, 17 dergi barındırmaktadır. Kümedeki dergilerin içerikleri incelendiğinde yayınlarının daha çok yapı, malzeme, strüktür ve inşaat mühendisliğinin alt dallarıyla ilgilendiği görülmektedir. Küme içerisindeki birkaç grup kaynak ise aynı spesifik veri tabanı üzerinde yayınlanan dergileri içermektedir. Örneğin, ACI Structural Journal ve ACI Materials Journal, Amerikan Beton Enstitüsü veri tabanına ait iki dergidir.

Bu kümedeki 8.883 ile en güçlü ve 38 ile çok sayıda bağlantıya sahip olan dergi Expert Systems with Applications dergisidir (EK-1). 1763 bağlantı kuvveti ile bu derginin birlikte en yüksek atıf aldığı dergi Automation in Construction dergisidir. Anlaşılmaktadır ki analizi yapılan belgedeki dokümanlar, bu küme içinde en çok bu derginin yayınlarına referans vermiştir ve bu derginin çalışmalarına referans verenlerin büyük birçoğunun Automation in Construction dergisinin yayınlarına da atıf verdiği görülmektedir.



**Şekil 4.5.** VosViewer’de kaynakların ortak atıf analizi haritası

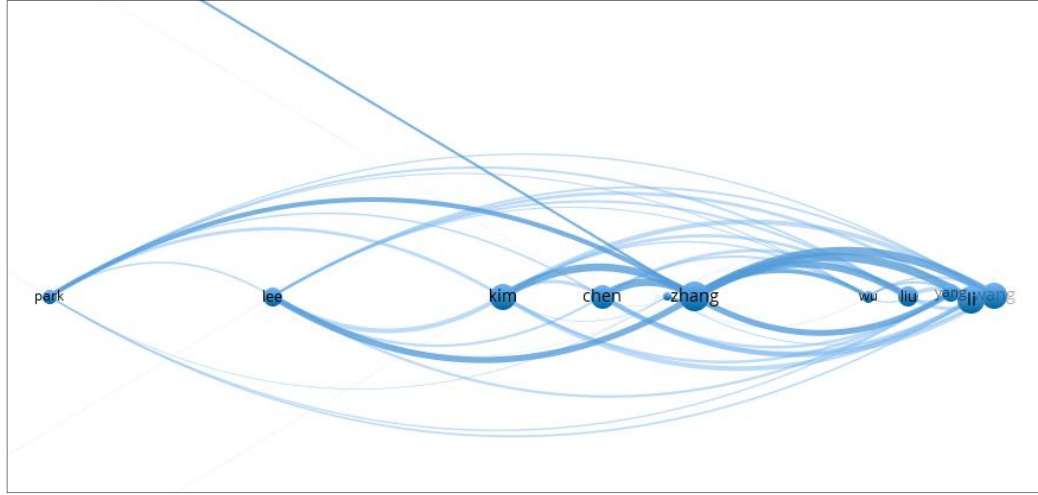
Şekil 4.5’te görülen ikinci küme yeşil renktedir ve analiz ayarları VosViewer’da “minimum kümeleme sayısı: 3” olarak ayarlandığında birinci küme ile birleşen bir gruptur. Dolayısıyla, birinci küme ile yakın konulara sahip olması beklenir; konularının da çok yakın olması akademik ilişkilerinin güçlü olduğunun bir göstergesidir. Bu gruplaşma içerisindeki kaynaklar incelendiğinde çok atıf alan, etki ve ortalama alıntı puanı yüksek, konudaki en önemli dergilerin kümelendiği görülebilir. Birinci kümeye benzer olarak daha çok inşaat bilimi alt dalları ile ilgili yayın yapan, inşa sürecinin her aşamasını ve inşaatın bağlantılı disiplinlerini kapsayan dergiler güçlü bağlarla kümelmiştir. Bu kümede en güçlü (bağlantı gücü: 29.346) ve çok sayıda bağlantıya (38 farklı kaynak ile) sahip olan dergi Automation in Construction dergisidir. Journal of Computing in Civil Engineering dergisi de yeşil kümeye girip 38 bağlantıya sahip olmakla birlikte bağlantı kuvveti 20.971 ile bu kümede ikinci sıradaki en etkili dergidir. Automation in Construction dergisinin hem bu kümede hem de toplamda bağlantı gücünün en yüksek olduğu, dolayısıyla yayınlarının birlikte en çok atıf aldığı dergi 6.084 bağlantı gücü ile Journal of Computing in Civil Engineering dergisidir. Anlaşılmaktadır ki, hem bu kümede hem de tüm ağ haritasında, analizi yapılan belge içerisindeki dokümanların en çok atıf yaptığı, referans verdiği yayınlar Automation in Construction dergisinin çalışmalarıdır. Ayrıca Automation in Construction dergisinin yayınlarına referans verenlerin büyük çoğunluğu Journal of Computing in Civil Engineering dergisinin yayınlarına da referans vermiştir denilebilir.



**Şekil 4.6.** VosViewer'de kaynakların ortak atfı analizi haritası

Üçüncü küme sarı renkte (Şekil 4.6), genellikle sürdürülebilir, ekolojik ve enerji verimli çalışmalar yapan kaynakları barındıran bir gruptur. Kaynakların ilk iki kümeye çok uzak olmasına rağmen, Energy dergisinin aynı konuyu kapsamına karşın konum olarak kümelenmede uzak kalmasının nedeni, diğer kaynaklarla güçlü bir akademik ilişki kurmamasına yorulabilir. Buradaki en güçlü (bağlantı gücü: 11.695) ve çok sayıda bağlantıya (38 farklı kaynak ile) sahip olan dergi Energy and Buildings dergisidir (EK-1). Energy and Buildings dergisinin de yayınlarının birlikte en çok atfı aldığı kaynak 2.916 bağlantı gücü ile Building and Environment dergisidir. Sürdürülebilir, enerji verimli ve çevresel konuların kendi başına bir küme oluşturması, VosViewer'da minimum kümeleme olarak ayarlandığında bile en düşük kümelenmede, bir grubun en güçlü inşaat dergilerden oluşması ve diğer kümenin enerji ve çevresel tabanlı konular olması bu konunun diğer temalarla bağlantılı olmamasına rağmen çok çalışıldığını göstermektedir.

VosViewer'da görselleştirilen kaynakçaların ortak atfı analizinde fark edilmektedir ki, özellikle yeşil ve kırmızı küme birbiri içine çok geçmiş ve arasındaki bağlantılar çoğunlukla kısa ve güçlü bağlantılardır. Bu sebeple tasarım, yapım ve planlama alanlarındaki makine öğrenimi çalışmalarının, inşaat disiplinleri arasında iç içe geçme durumunu akademik ilişkilerinin kuvvetli olması ile açıklanabilir.



**Şekil 4.7.** VosViewer’de kaynakların ortak atıf analizi haritası

Son küme ise mavi renkte ve diğer kümelenmelerden çok ayrıık olan, sadece yazarları barındıran kümedir (Şekil 4.7). Bu kümenin sadece yazar çıkması renk açısından gruplanma mantığını anlatır. Kaynaklar için ortak atıf analizleri referans kısmındaki sayısal veriler üzerinden yapıldığı için en çok atıf alan dokümanların hangi kaynaktan yayımlandıklarına göre, kümelenme, ağ analizi haritasında çıkmaktadır. Bu gruptaki yazarlar ortak atıf analizinde çıkan en güçlü yazarlardandır. Bir dergi isminde çıkmamasının sebebi çok fazla atıf almalarına nazaran yaptıkları yayınların belirli dergilerde yoğunlaşmamasından kaynaklı olabilir. Konu başlığının dergi, konferans gibi özelleşmiş bir kategori olmamasından kaynaklı yazar ismi çıkmıştır; örneğin yazar yerine, yeterince sayısal veri barındırsaydı, bir kitap ismi ya da bir konferans ismi de kümelenmede çıkabilirdi.

Excel’deki ana dosya incelendiğinde bu yazarlara çok fazla atıf verildiği ve bu yazarların çok çeşitli dergilerde yayın yaptığı gözlenmektedir. 11 yazarın bulunduğu kümede tüm yazarların bağlantı sayısı en az 10 çıkmıştır; bu yazarlardan birine atıf veren bir doküman yüksek bir ihtimal aynı kümedeki diğer yazara da atıf vermiştir. Bunun yanı sıra çok uzak olmaları ile birlikte, Zhang ve Kim soy isimli yazarların Energy dergisi ile de çok düşük kuvvette (1) bir bağlantısı çıkmıştır.

Son olarak ağ haritalarına bakıldığında, kümelenmelerin uzaklıkları ya da iç içe geçmiş olmaları, kaynakların iyi bir akademik ilişki içerisinde olduğunu göstermektedir. Ayrıca yukarıda da anlatıldığı üzere çok etkili dergilerin kümelenmesine karşı çevresel ve sürdürülebilirlik temalı dergilerin minimum kümelenme sayısında dahi önemli bir ayrışma yaşadığı tespit edilmiştir. Bu durum enerji ve sürdürülebilir temadaki konuların gelişmiş ve çalışılmış konular olmasına rağmen izole olduğunu gösterir.

### 4.3. Çalışmalardaki En Etkili Ülke ve Kurumlar

Tasarım, yapım ve planlamada makine öğrenimi çalışmalarında ülkelerin etkinlikleri incelenirken birkaç değer bir arada göz önüne alınarak düşünülmesi daha doğru yorumlanmasını sağlar. Ülkelerin belirli bir konuya duyduğu ilgi düzeyleri

yayınladıkları makale sayısından anlaşılır; o konu üzerinde ne kadar etkili oldukları ise atıf sayısı, indeksleri gibi değerlerle ölçülebilir. Amerika Birleşik Devletleri, Çin ve Birleşik Krallık toplam yayın sayısına göre en ilgili üç ülkedir. Analizleri daha detaylı yaparken sorumlu yazarın ülkesine göre olan değerleri incelemek, analiz belgesindeki yayın sayısına göre olduğundan, daha doğru sonuçlar çıkarılmasını sağlar. Çizelge 4.4'te Toplam Yayın sütunu hariç diğer tüm sütunlar, analizi yapılan yayınların sorumlu yazarlarına göre olan değerlerdir.

**Çizelge 4.4.** Sorumlu yazarın ülkesi ile bağlantılı veriler

Ülke	Sorumlu Yazara Göre	Toplam Atıf	Ortalama Yayın Atfı	Tek Yazarlı Ülke	Çok Yazarlı Ülke	Toplam Yayın
ABD	161	1828	11,35	137	24	331
Çin	99	578	5,84	79	20	242
Birleşik Krallık	33	574	17,39	28	5	86
Kore	30	250	8,33	25	5	40
Avustralya	29	163	5,62	23	6	49
Kanada	19	119	6,26	14	5	42
Hindistan	14	53	3,79	12	2	31
İtalya	14	29	2,07	11	3	24
Almanya	13	62	4,77	11	2	26
Singapur	13	297	22,85	8	5	26
Japonya	12	39	3,25	11	1	20
İspanya	12	68	5,67	11	1	20
Danimarka	10	25	2,50	6	4	16
Türkiye	10	29	2,90	8	2	20

Çizelge 4.4'te sorumlu yazarın ülkesine göre olan yayın sayısından görülmektedir ki, Amerika Birleşik Devletleri 161 yayın ile çalışma çıkarmada en etkili ülkedir. Onu 99 çalışma ile Çin ve 33 çalışma ile Birleşik Krallık takip etmektedir. Bu ülkeler sıralamada ilk üç ülkeyi oluştursa da aralarındaki yayın sayısı farkı önemli değerdedir; Amerika

Birleşik Devletleri'nin diğer ülkelere göre çok ileride olduğu gözlenmektedir. Birleşik Krallıktan sonra yayın sayısının düzenli bir oranda düştüğü görülür.

Amerika Birleşik Devletleri 161 makale ile tasarım, yapım ve planlamada makine öğrenimi konusunda en ilgili ülkedir; aynı zamanda makaleye düşen ortalama atıf sayısı (11.35) oranıyla, yayınları totalde 1828 atıf almıştır. Bu durum ABD'nin en ilgili ülke olmasının yanında yayınlarının akademide önemli derecede etkili olduğunu göstermektedir. Ancak Çin'de bu durumun biraz daha olumsuz olduğu görülebilir. 99 yayımla en ilgili ikinci ülke olmasına rağmen yayınlarının ortalama atıf sayısı 5.84'tür ve toplamda 578 atıf almıştır. ABD ve Çin karşılaştırmasında yayın sayıları oranı yaklaşık 1,6 olmasına rağmen toplam atıf sayıları oranı yaklaşık 3,2'dir. Bu iki kat fark yayın başına düşen ortalama atıftan da görülebilir. Üçüncü ülke olan Birleşik Krallık ise 33 yayın yapılmasına rağmen Çin'le toplam atıf sayısı çok yakındır. Birleşik Krallık için, ilk üç ülkedeki en etkili yayınları yapmaktadır denilebilir. Kore'de de Çin'e benzer bir durum gözlenmektedir; en ilgili dördüncü ülke olmasına rağmen ortalama atıf sayısının kısmen düşük olması sebebiyle toplam atıf sayısı çizelgesinde düşüş yaşamıştır.

Sorumlu yazarı Singapur, Hong Kong ve Finlandiya ülkelerinden olan çalışmalar, yayın başına düşen ortalama atıfları en yüksek yayına sahip olan ülkelerdir. Bu ülkelerin tasarım, yapım ve planlamada makine öğrenimi konusuyla ilgili çok önemli yayınlar yaptıkları söylenebilir ancak yayın sayıları ABD ve Çin'e oranla az kalmıştır. Bu durum, bu ülkelerin yayın yapmaya geç başlamasıyla, yazarların sorumlu yazar olarak çalışmalara katılamamalarıyla veya önemli yazar/kaynak barındırmasına rağmen ilgilerinin yüksek olmamasıyla açıklanabilir.

Bir yayın için iş birliği her alanda çok önemlidir; yayın yapan yazarların farklı disiplin, ülke ve kurumlardan olması yayının çok farklı yönlerden ele alınmasını ve elde edilen çalışma çok daha kapsamlı ve önemli olmasını sağlayabilir. Ülkeler arası iş birliğine bakıldığında sosyolojik değişikliklerden doğan sonuçlar görülebilir çünkü farklı kültür ve gelişmişlik düzeyine sahip toplumların konuları farklı bir şekilde ele alması kaçınılmazdır. Ülkelerarası iş birliği, bu ayrımın çeşitli ülkeler arasındaki keskin farkını da gösterebilmektedir. İş birliği analizi iki şekilde ele alınmıştır; ülke özelinde oransal olarak ne kadar iş birliği yapıldığı ve ülkeler arasındaki iş birliğinin görsel yansıması.

Çizelge 4.4 ülkeler arasındaki ortak çalışmaların oranını sorumlu yazarın ülkesi özelinde göstermektedir. ABD'nin, doküman sayısından kaynaklı, çoklu ülkeden yayın oranında birinci olduğu görülmektedir. ABD'de 161 yayından 24'ünün (0,149 oranla); Çin'de ise 99 yayından 20'sinin (0,2 oranla) farklı ülkelerdeki yazarlar arasında iş birliği ile yazılmış olduğu görülmektedir. Birleşik Krallık, yayın sayısı ve atıf sayısı ile birlikte en etkili ülkelerden olmasına rağmen, farklı ülkelerle sadece beş ortak yayın (0,15 oran) yapmıştır; bu sebeple Birleşik Krallığın yazarlarının da ABD'de yayın yapan yazarlar gibi işbirlikçi olmadığı söylenebilir.

Sorumlu yazarın ülkesine göre, iş birliği oranının yüksek olduğu ülkeler (örneğin Vietnam:0,42, Danimarka: 0,4, Singapur:0,38) çoğunlukla 15 çalışmanın altında yayın yapan ülkelerdir; bundan kaynaklı sadece bu çizelgedeki sonuçlarla yüksek işbirlikçi ülkelerle ilgili genelleme yapıp kesin bir yargıya varmak doğru olmaz. Bu sebeple bu çizelgeden sorumlu yazara göre yayın sayısında ilk altı ülkeye bakılarak daha doğru genelleme yapılabilir. Bu ülkeler arasında yayın yapan yazarlar açısından en çok işbirlikçi

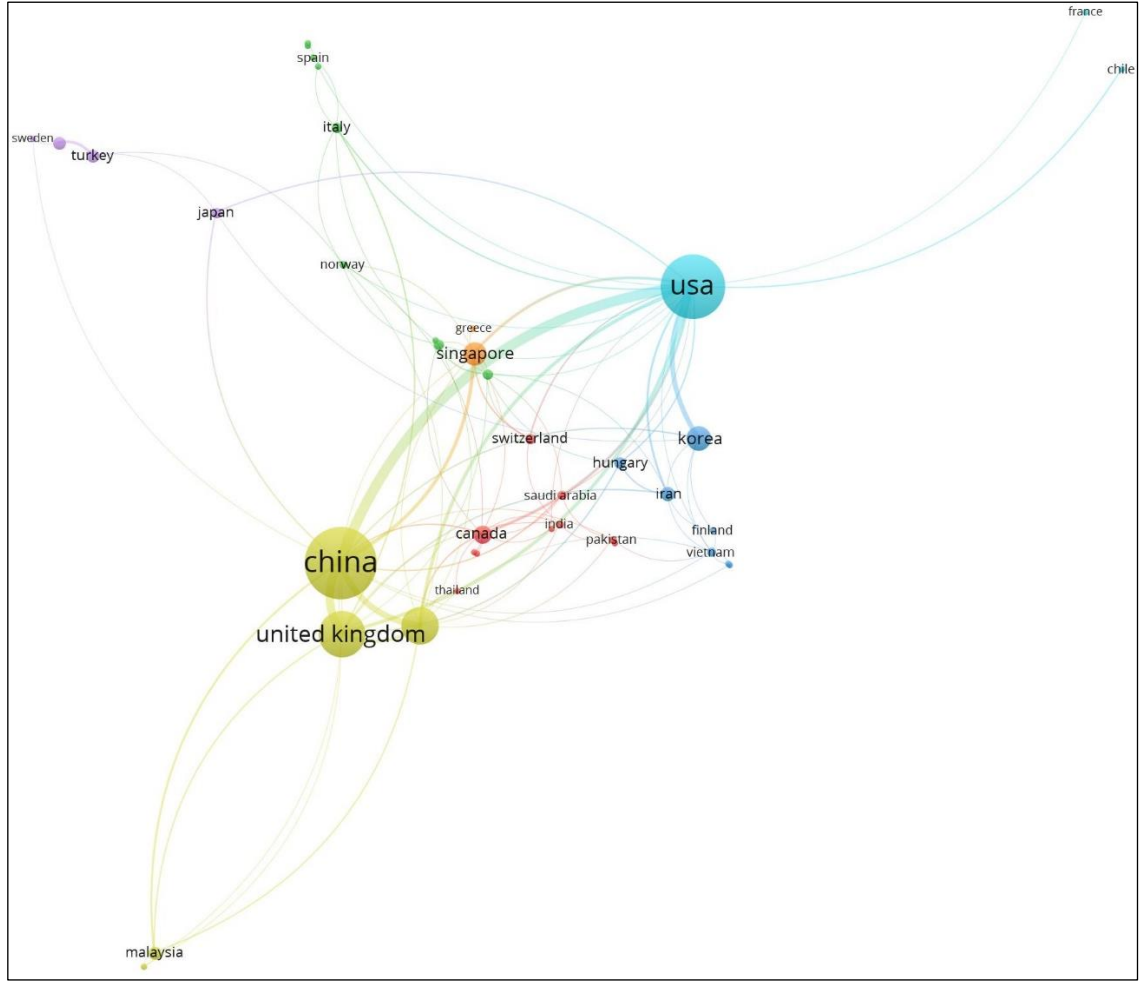
olanlar Kanada, Avustralya ve Çin olduğu görülse bile, genelde yüksek iş birliğine sahip ülke vardır denemez çünkü en yüksek oran dahi 0,2'lerdedir. İlk altı ülkenin arasında diğerlerine nazaran yüksek iş birliğine sahip bu ülkelerde yayınlanan çalışmaların atıflarının çok yüksek olmadığı (ortalama atıf sayısı; Kanada: 6,26, Avustralya: 5,62 ve Çin: 5,84) görülmektedir. Buna nazaran ABD ve özellikle Birleşik Krallık yazarlarının işbirlikçi olmamasına rağmen yüksek atıf oranıyla en etkili ülkelerden olduğu görülebilir.

Ülkeler arasındaki iş birliğinin VosViewer'daki ağ haritalamasına bakıldığında, ülkelerin bireyseldeki oranlarının yanı sıra diğer ülkelerle de ilişkileri gözlenebilmektedir. VosViewer programındaki ülke iş birliği haritasında, dairelerin büyüklüğü o dairenin temsil ettiği ülkeden yapılan yayın sayısını gösterirken, bağlantının kalınlığı iş birliği oranını temsil eder; kümelenmeler ise birlikte ortaya çıkan terimlerin sıklığına göre oluşmaktadır (Romero ve Portillo-Salido 2019). Terimler ne kadar çok birbiri ile kullanılırsa kümeler ona göre ortak renk almaktadır; bu da kaynak haritasında olduğu gibi, ülkelerin çalıştığı konuların benzerliklerini gösterir.

Ülkelerarası iş birliği ağı haritası Çizelge 4.4'e tamamen paralellik göstermektedir. Haritalamada öncelikle kümelenme durumuna bakıldığında toplamda 40 ülkeden 7 grup oluştuğu gözlenebilir (Şekil 4.8). ABD, Çin, Birleşik Krallık ve Avustralya'nın en çok yayın yapan ülkeler olduğu haritadaki daire boyutlarından da görülmektedir. Daireler arası bağlantı ve bağlantı güçlerine bakıldığında toplamda 101 bağlantı ve 798 bağlantı gücü vardır. ABD'deki kurumlardan yayın yapan yazarların, 20 bağlantı ile en çok çeşitte ülkeyle iş birliği yapan; Çin'deki kurumlardan yayın yapan yazarların ise toplam 505 bağlantı gücüyle, genelde en çok iş birliği yapan yazarlar olduğu görülmektedir.

Aralarındaki orana göre en güçlü iş birliğine sahip iki ülke 225 bağlantı gücü ile Çin ve ABD; ikinci en güçlü iş birliği oranına sahip iki ülke ise 144 bağlantı gücü ile Çin ve Birleşik Krallık arasındadır. Bu ülkeleri Çin ve Avustralya 81 bağlantı gücüyle izlemektedir. En güçlü iş birliği oranlarına sahip olan ülkelere bakıldığında kıtalar arasında olduğu ve Çin'in en çok iş birliği yapan ülke olduğu görülmektedir.





**Şekil 4.8.** VosViewer’de ülkeler arasındaki sorumlu yazara göre iş birliği analizi haritası

Kümelene olarak bakıldığında ABD’nin en çok yayın yapmasına rağmen sadece Fransa ve Şili ile aynı grupta olması, bu ülkelerin benzer ya da belirli bir konuyu çalışmasından ziyade yayınlarının spesifik konulara yoğunlaşmamasına yorumlanabilir. Çok farklı yazarlar, tasarım, yapı ve planlamada makine öğrenimi konusunda çok çeşitli alanlar üzerinde çalışmış olabilirler. Kümelerin kendi içerisinde coğrafi bir bağlantıda olmaması da bu durumu destekleyici bir sonuçtur.

Ülkelerarası iş birliği analizinde sonuç olarak çizelge ve ağ analizi ortak olarak düşünüldüğünde, coğrafyanın çalışma konularını etkilemediği, gelişmiş ülkelerin kendi içlerinde iş birliği yaptığı gözlenmektedir. Ülkeler arasındaki uzaklığın iş birliği ile bir bağlantısının olmadığı ve sorumlu yazarlar kapsamında ülkeler arası iş birliğinin de yayınların atfı almasına çok büyük bir etkisinin olmadığı söylenebilir.

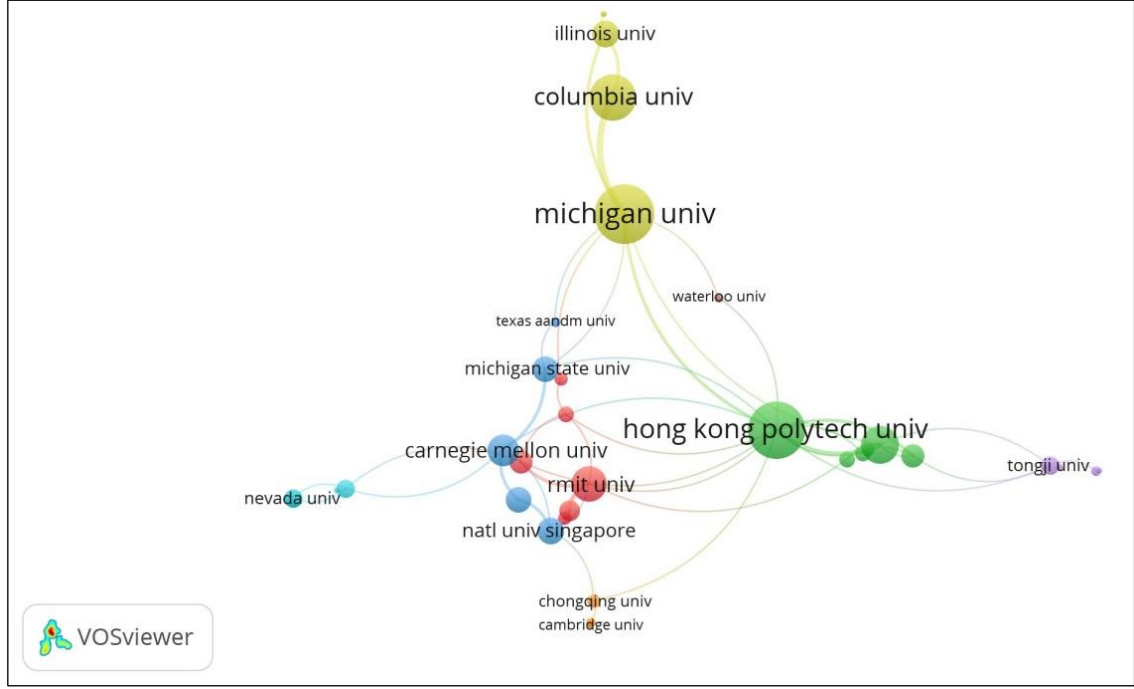
Ülkeler özelinde bakıldıktan sonra bağlantılı olacağı düşünülen kurumların etkinliğinin de incelenmesi önemlidir. Özellikle akademisyenlerin yetiştiği enstitü, üniversite gibi kurumlar, bilimsel çalışmaların en çok desteklendiği, geliştirildiği, sunulduğu ve yayıldığı yerler olarak bir alanın gelişmesinde en etkili kuruluşlardır.

Kurumların yayınladığı çalışma sayısına göre etkinlikleri incelendiğinde Hong Kong Politeknik ve Illinois Üniversitesi'nin tasarım, yapım ve planlamada makine öğrenimi konusunda en çok yayın çıkaran ilk iki kurum olduğu görülmektedir. İlk ondaki üniversitelerinin çoğunun ABD ve Çin'de bulunduğu ve bu durumun en etkili ülke analizi ile de paralellik gösterdiği gözlenebilir.

**Çizelge 4.5.** Kurumların yayınladığı çalışma sayıları

Kurum İsmi	Yayın Sayısı
Hong Kong Politeknik Üniversitesi (Çin)	31
Illinois Üniversitesi (ABD)	24
Michigan Üniversitesi (ABD)	18
Chongqing Üniversitesi (Çin)	16
Carnegie Mellon Üniversitesi (ABD)	15
Tongji Üniversitesi (Çin)	15
Alberta Üniversitesi (Kanada)	14
Duy Tân Üniversitesi (Vietnam)	13
Louisiana Devlet Üniversitesi (ABD)	10
Missouri Bilim ve Teknoloji Üniversitesi (ABD)	10

Kurumlar arasındaki yazarlar kapsamındaki iş birliğine bakıldığında toplamda analiz 64 bağlantı sayısı (iş birliği çeşitliliği) ve 140 bağlantı gücü (iş birliği sayısı) bulunmaktadır. Haritaya göre Hong Kong Politeknik üniversitesindeki yazarların, 13 bağlantı sayısı ve 27 bağlantı gücüyle diğer kurumdaki yazarlarla, kurum çeşitliliği açısından en çok iş birliğini gerçekleştirdiği söylenebilir. En çok sayıda yazarlar arası iş birliğinin gerçekleştiği kurum ise sekiz çeşit kurum ve 29 bağlantı gücüyle Michigan Üniversitesidir. Bu üniversitenin en güçlü bağlantısının bulunduğu, yazarları arasında en çok iş birliği bulunan, kurum Columbia Üniversitesi'dir. Illinois Üniversitesi yayın sayısı yüksek olmasına rağmen sadece üç farklı kurumdaki yazarlarla iş birliğinde bulunmuştur.



**Şekil 4.9.** VosViewer’de kurumlar arasında sorumlu yazarlara göre iş birliği analizi

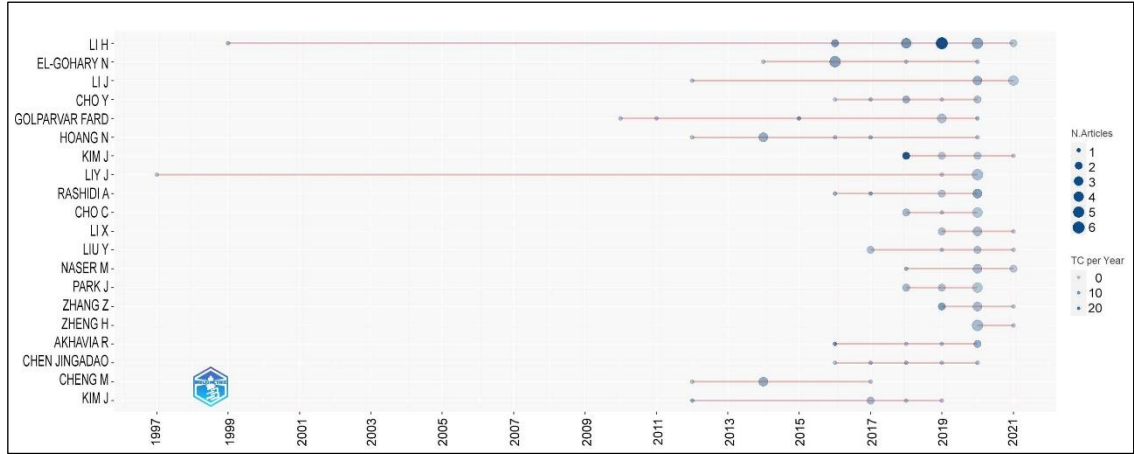
Kurumlar arasındaki kümelenmeye bakıldığında Michigan, Illinois, Columbia ve Louisiana State Üniversitesinin bulunduğu sarı grup harici aynı veya coğrafi açıdan yakın ülkelerin bir araya geldiği başka bir küme bulunmamaktadır. Bu sebepten kümelenme için genel bir yorum yapmak doğru olmaz.

#### 4.4. Çalışmaların Önemli Yazarlarının Analizi

Tasarım, yapım ve planlamada makine öğrenimi konusundaki en ilgili ve etkili yazarları öğrenmek için yazarların bu alandaki yayınlarına göre toplam indekslerine, çalışma ve atıf sayılarına bakılmıştır. Çizelge 4.6’daki yazarların sıralaması, yazarın bu konudaki yayınlarına göre yapılmış olup, öncelikle h indeksine daha sonra g indeksine son olarak da toplam atıf sayısına bakılarak oluşturulmuştur. Heng Li isimli yazar neredeyse bütün parametrelerde en yüksek değerleri vermiş olup, tasarım, yapım ve planlamada makine öğrenimi konusunda en ilgili ve etkili yazar olmuştur. Sırasıyla ilk on yazar çalışma alanları ve etkilerine göre incelenmiştir.

Çizelge 4.6. En etkili yazarların verileri

Yazar	H index	G index	M index	Toplam Atıf Sayısı	Toplam Yayın Sayısı	Atıf Alan Yayın Sayısı	Konudaki İlk Yayın Yılı	Bulunduğu Kuruluş
Heng Li	6	10	0,261	161	11	10	1999	Hong Kong Politeknik Üniversitesi
Abbas Rashidi	5	7	0,833	106	7	7	2016	Utah Üniversitesi
Nhat-Duc Hoang	5	7	0,5	88	7	7	2012	Duy Tân Üniversitesi
Mani Golparvar-Fard	4	6	0,333	135	7	6	2010	Illinois Üniversitesi
Nora El-Gohary	4	6	0,5	62	8	6	2014	Illinois Üniversitesi
Yong Kwon Cho	4	6	0,667	50	7	6	2016	Georgia Teknoloji Enstitüsü
Reza Akhavian	4	5	0,667	110	5	5	2016	San Diego Eyalet Üniversitesi
Min-Yuan Cheng	4	5	0,4	52	5	5	2012	Ulusal Tayvan Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
Changwan Kim	4	4	0,4	129	5	4	2012	Chung-Ang Üniversitesi
Hojjat Adeli	4	4	0,667	115	4	4	2016	Ohio Eyalet Üniversitesi



**Şekil 4.10.** Yazarların yıllara göre olan etkinlikleri

Heng Li: 1997'den günümüze Hong Kong Politeknik Üniversitesinde akademisyen olarak görev yapan Li, İnşaat ve Gayrimenkul Anabilim Dalında (Department of Building and Real Estate), İnşaat Bilişimi alanında profesördür. Tongji Üniversitesinde mühendislik bölümünde lisans ve yüksek lisansını tamamlamış; Sydney Üniversitesinde doktorasını yapmıştır (Anonim 11). Optimizasyon, saha yönetimi, bilişim teknolojileri, matematiksel programlama, lojistik, inşaat bilişimi, inşaat iş sağlığı ve güvenliği gibi birçok alanda çalışan Heng Li multidisipliner bir akademisyendir. Şu ana kadar 590 yayın yapmış ve bu yayınlar 16,655 atıf almıştır. Yazarın yayınları 200 bine yakın okunmuştur (Anonim 12).

Tasarım, yapım ve planlamada makine öğrenimi alanında en etkili yazar olan Li, 1999'dan bu yana çalışmalar yaptığı bu konuda toplamda tamamı ortak yazarlı 11 yayın yapıp, 161 atıf almıştır. Özellikle 2016 yılından sonra önemli yayınlar yapmıştır. En etkili yayınlarını yaptığı yıl 2019 olmuştur; yaptığı altı yayından toplam 115 atıf almıştır. 2019 yılında yayınladığı çalışmalar, bugüne kadar yılda ortalama 38,33 atıf almıştır. Yazarın bu konuda yayınladığı en yüksek atıflı yayın, 87 atıfla (yılıda aldığı ortalama atıf 3,78) 1999 yılında sorumlu yazar olarak, J. Cao, P.E.D. Love ile birlikte yazdığı bu konudaki ilk yayını olan “Using Machine Learning and GA To Solve Time-Cost Trade-Off Problems” çalışmasıdır (EK-2'ye bakınız).

Abbas Rashidi: Utah Üniversitesinde İnşaat ve Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında doçent olarak görev yapan Rashidi, lisans ve yüksek lisans derecesini Tahran'da Amirkabir Teknoloji Üniversitesi İnşaat Mühendisliğinde almıştır. Georgia Teknoloji Enstitüsünde Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği üzerine tekrar yüksek lisans yapan Rashidi, doktorasını aynı üniversitede İnşaat Mühendisliği üzerine yapmıştır. Bu eğitimleri doğrultusunda çalışma alanları oluşturmuş; inşaat mühendisliğinde bilgi ve algılama teknolojileri, sivil altyapı sistemlerinin modellenmesi ve sistem analizinde ses sinyali kullanımı, sivil altyapı sistemlerinin yeniden inşasında video ve görüntü işleme, şantiyelerin akustik modellenmesi gibi bilgi teknolojileri ve inşaatı birleştiren konular üzerinde çalışmalar yapmıştır (Anonim 13). Toplamda 74 yayın yapan Rashidi, yayınlarından 1272 atıf almıştır (Anonim 14).

Abbas Rashidi tasarım, yapım ve planlamada makine öğrenimi konusunda tümü ortak yazarlı yedi yayın yapmış ve 106 atıf almıştır. 2016'dan günümüze çalışmaları devam eden Rashidi'nin en etkili yayınlarını çıkardığı yıl 2020'dir. Üç yayından yılda ortalama 13 atıf almıştır. Bu konuda yaptığı en yüksek atıflı yayını 42 atıfla, Chieh-Feng Chenga, Mark Davenport ve David Andersona ile birlikte 2017'de yaptığı "Activity Analysis of Construction Equipment Using Audio Signals and Support Vector Machines" çalışmasıdır.

Nhat-Duc Hoang: Lisansını Vietnam'daki Ulusal İnşaat Mühendisliği Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünde tamamlamış, yüksek lisans ve doktorasını Ulusal Tayvan Bilim ve Teknoloji Üniversitesinde, yine İnşaat Mühendisliği alanında yapmıştır. Şu anda lisansüstü derecelerini aldığı üniversitede akademisyen olarak çalışan Hoang'ın çalışmaları inşaat mühendisliği ve proje yönetiminde yapay zekâya odaklanmaktadır. Makine öğrenimini çalışmalarında geniş kapsamda kullanmaktadır; denetimli öğrenim, optimizasyon, ileri düzey makine öğrenimi, sınıflandırma, yapay sinir ağları gibi konularda yetkin bir mühendistir. Yayınladığı 157 çalışma, en az 2.500 atıf almış, 70 binden fazla okunmuştur (Anonim 15).

2012 yılından günümüze tasarım, yapım ve planlamada makine öğrenimi konusunda etkili çalışmalar yapan Hoang, tamamı ortak yazarlı ve atıf alan yedi yayın yapmış ve bu çalışmalar toplamda 88 atıf almıştır. 2014 yılında yayınladığı üç çalışma, her yıl ortalama 5.75 atıf almıştır. Tasarım, yapım ve planlamada makine öğrenimi konusyla ilgili ile sorumlu yazarı olduğu ve C. Chen ve K. Liao ile birlikte yazdığı, "Prediction of Chloride Diffusion in Cement Mortar Using Multi-Gene Genetic Programming and Multivariate Adaptive Regression Splines" 24 atıfla en yüksek atıflı çalışmasıdır.

Mani Golparvar-Fard: İran Bilim ve Teknoloji Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünde lisansını tamamlayan Golparvar-Fard, yine İran Bilim ve Teknoloji Üniversitesi inşaat mühendisliği, hidrolik yapılar alanında ilk, British Columbia Üniversitesi inşaat mühendisliği, proje ve inşaat yönetimi alanında ikinci ve Illinois Üniversitesi bilgisayar bilimlerinde, bilgisayarla görü ve makine öğrenimi alanında üçüncü yüksek lisansını yapmıştır. Doçent olarak görevini yaptığı Illinois Üniversitesinde, inşaat mühendisliği anabilim dalı İnşaat Mühendisliği ve Yönetim alanında doktorasını tamamlamıştır. Akademik ve profesyonel iş hayatında oldukça aktif olan Golparvar-Fard, bilgisayarla görü, BIM, artırılmış gerçeklik, otomasyon ve robotlar, makine öğrenimi gibi konularda çalışmalar yapmaktadır (Anonim 16). Yayınladığı 175 çalışma en az 5157 atıf almış, 49 binden fazla okunmuştur (Anonim 17).

Mani Golparvar-Fard tasarım, yapım ve planlamada makine öğrenimi konusunda 2010'dan bu zamana toplam 135 atıf alan tümü ortak yazarlı yedi yayın yapmıştır. Yazarın tasarım, yapım ve planlamada makine öğrenimi konusuna dair yayınladığı en yüksek atıflı yayın 88 atıfla, Feniosky Peña-Mora ve Silvio Savarese ile yazdığı "Automated Progress Monitoring Using Unordered Daily Construction Photographs and IFC-Based Building Information Models" çalışmasıdır.

İnşaatta bilgi sistemleri ve veri bilimine dair geniş çapta çalışmalar yapan, Illinois Üniversitesi İnşaat ve Çevre Mühendisliği bölümünde doçent olan Nora El-Gohary, Mısır'da Kahire Amerikan Üniversitesi Yapı Mühendisliği bölümünde lisans ve yüksek

lisans derecesini almış, Toronto Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünde doktorasını tamamlamıştır (Anonim 18). El-Gohary, tasarım, yapım ve planlamada makine öğrenimi konusuna sekiz yayınla katkı vermiş, 62 atıf almıştır; 2016 yılında yaptığı beş yayın yılda ortalama 9,5 atıf almaktadır. Analizi yapılan belgeler içinde en yüksek atıf alan yayını 19 atıfla “Semantic Text Classification for Supporting Automated Compliance Checking in Construction” çalışmasıdır.

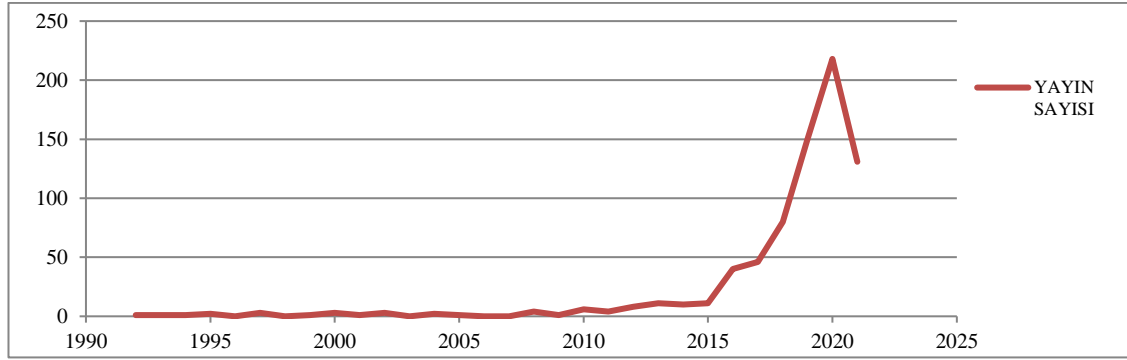
İnşaatta otomasyon, robotik çalışmalar yapan ve inşaat ve sürdürülebilir çevrede yeni paradigmlar geliştiren Georgia Teknik Üniversitesi İnşaat ve Altyapı Sistemleri Mühendisliği bölümünü eğitmeni Yon Kwon Cho, lisans ve lisansüstü eğitimlerini inşaat mühendisliğinde tamamlamıştır. Cho, Konuya dair yedi çalışma yapmış, bu yayınlardan 50 atıf almıştır (Anonim 19). Tasarım, yapım ve planlamada makine öğrenimi konusuna dair yayınladığı beş yayından 110 atıf alan Reza Akhavian’ın tüm eğitimleri inşaat mühendisliği üzerinedir. Veriye dayalı karar verme, aktivite tanıma, insan makine etkileşimi gibi birçok yapay zekâ konusu üzerine çalışmalar yapmaktadır (Anonim 20).

Konuya dair en etkili çalışmaları yapan ilk on yazara bakıldığında tamamının inşaat mühendisi olduğu görülmektedir. Mimar özelinde bakıldığında ise en etkili yazarların yayın yapma sıklıklarının üç yayını geçmemesi sağlıklı analiz verisi sunmamaktadır. Mimarlık fakültelerinden çalışmalara katkı veren yazarlar genellikle ortak yayınlı çalışmaların yazarlarıdır ve çoğu sorumlu yazar değildir. Bu durumdan, makine öğreniminin tasarım, yapım ve planlama alanlarından mimarlıkta diğerlerine nazaran çok geride olduğu kanısı çıkarılabilir.

En etkili yazarların çalıştıkları alt bilim dalları incelendiğinde inşaatta otomasyon, BIM ve enformasyon teknolojilerinin geniş kapsamda çalışıldığı, inşaat biliminin en özelleşmiş alt dallarında dahi makine öğreniminin algoritmaları ile ilgili önemli çalışmalar yapıldığı görülmektedir.

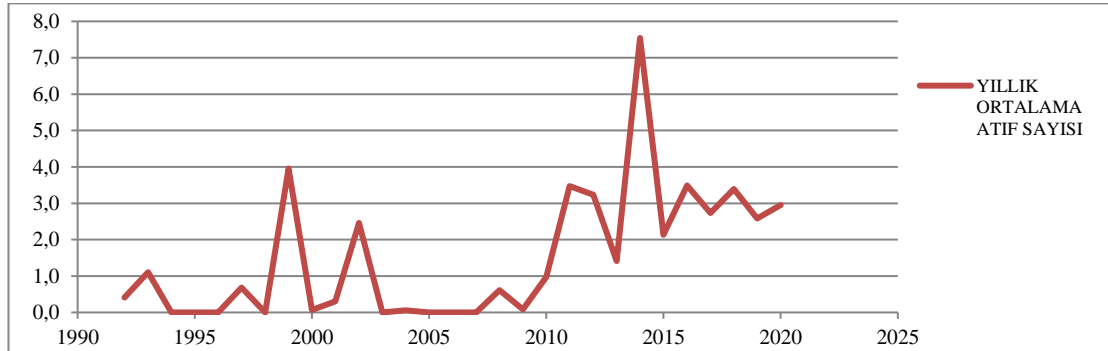
#### **4.5. Çalışmaların Önem ve Etkisinin Analizi**

Bir yıl içerisinde yayınlanan çalışma sayısının grafiği incelendiğinde 1992 yılından başlayarak, yıllık ortalama %22,5 ile büyüdüğü buna karşın düzgün doğrusal bir eğilim göstermediği ve 2015 yılına kadar yayın sayısında yılda 11 belgeyi geçmediği görülmektedir. Makine öğreniminin temelini 1950’li yıllara dayandığı göz önüne koyulduğunda tasarım, yapım ve planlama çalışmalarının bu konuları çok geriden takip ettiği farkedilebilir. 2015 yılından sonra ise bu konular üzerinde çıkışın yaşanmaya başladığını, özellikle 2017 yılı sonrasında çok büyük bir sıçrama yaşandığı gözlenebilmektedir.



**Şekil 4.11.** Bir yılda yayınlanan çalışma sayısı

Bir ya da birden fazla dokümanın yıllık aldığı ortalama alıntı grafiğini yorumlarken yıllık bilimsel gelişme grafiği ile karşılaştırma yapmak gerekir. Bu grafiğin, yıllık yayınlanan çalışma sayısına oranla aynı eğilimi göstermediği görülmektedir. Atıf sayısı 2010 yılına kadar çoğunlukla bilimsel gelişme grafiğine oranla çok az kalmıştır. 1999, 2002, 2011’deki belirli yayınlara zaman içerisinde yüksek alıntılar yapılmış; özellikle 2014 yılında ortalama alıntı oranı, Pieter de Wilde’nin çalışmasının aldığı 420 atıf ile de birlikte büyük bir sıçrama yaşamıştır.



**Şekil 4.12.** Bir makalenin bir yılda aldığı ortalama atıf

#### 4.5.1. Çalışmalara göre önem ve etkisinin analizi

Yayınlanma yıllarına göre genellikle 2010’lu yılların ortalarında olan en etkili ilk on çalışmaya bakıldığında yayınlandıkları kaynakların tamamının dergi olduğu görülmüştür. Çalışmaların yayınlandığı dergilere bakıldığında ise bu on derginin kaynak kısmında da çıkan en etkili dergilerle paralellik gösterdiği görülebilir. Dergilerin çoğunluğu inşaat ve yapım temalı olmakla birlikte enerji temalı dergiler de bulunmaktadır. Ancak etkili dokümanlar hakkında daha sağlıklı yorum yapabilmek için yayın içeriğine ve yazar departmanına da bakılmalıdır.

2011’den önce yayınlanmış sadece üç çalışma bulunmaktadır. 2011 yılından sonra her yıl yüksek atıf almış çalışmalar yayınlanmıştır. En etkili yıl dört çalışma 2016 yılında



olmakla birlikte 2014 yılında Pieter de Wilde<sup>4</sup>'in, Automation in Construction dergisinde yayımlandığı “The Gap Between Predicted and Measured Energy Performance of Buildings: A Framework for Investigation” çalışması 420 atıfla tasarım, yapım ve planlamada makine öğrenimi konusunda yayınlanan en etkili çalışma olmuştur. Tez kapsamında incelenen 747 yayın arasında, Pieter de Wilde’in tek çalışması olan bu yayın yayımlandığı 2014 yılından günümüze yıllık ortalama 52,5 atıf almaktadır. En etkili ilk iki yayının özetleri Ek-2’de olarak verilmiştir.

Daha geniş çerçeveden bakılacak olursa, ilk on yayını yapan yazarlardan sorumlu yazarın departmanları içerisinde inşaat ve yapı bölümleri çoğunluktadır. Mimarlık bölümü ile bağlantısı bulunan sadece iki yazar vardır; birincisi Pieter de Wilde diğeri Chirag Deb isimli yazardır; Deb, yapı bölümünde çalışmasını yayınlamış olmasına rağmen lisansta mezun olduğu bölümü mimarlıktır ve bina enerji analistidir. İnşaat mühendisliğinin, bu konuda tasarım, yapım ve planlama alanlarındaki baskınlığı burada da rahatlıkla görülebilmektedir. Departman bilgisinin yanı sıra makalenin içerik bilgisi de önemlidir. En etkili ilk beş yayından dördünün bina enerjisi ile ilgili olduğu, farklı makine öğrenimi algoritmaları ile farklı analizler yapıldığı görülmektedir. Sonraki beş yayının tamamı farklı makine öğrenmesi teknikleri ile çalışılmış inşaat temaları ile ilgilidir.

**Çizelge 4.7.** Global ve Yerel atıflara göre en etkili yayınların yazar, içerik, yayımlandıkları yıl, global atıf sayısı ve doi numaraları

Sorumlu Yazar	Kaynak ve DOI numarası	Sorumlu yazarın görev yaptığı bölüm (2022)	Makalenin Konusu	Yıl	Top. Atıf (Global)
Pieter de Wilde	Automation in Construction: 10.1016/j.autcon .2014.02.009	Mimarlık	*Enerji *Tahmin	2014	420
Bryan Eisenhower	Energy and Buildings: 10.1016/j.enbuil d.2011.12.001	Mekanik Mühendisliği	*Enerji *Optimizasyon	2012	147

(Devamı Arkada)

<sup>4</sup> Pieter de Wilde, Plymouth Üniversitesi’nde Mimarlık ve Tasarım Fakültesi’nde Bina Performans Analizi alanında profesör olarak görev yapmaktadır. Delft Teknoloji Üniversitesi’nde mimarlık lisansını, aynı üniversitede bina teknolojileri alanında yüksek lisans ve doktorasını tamamlamıştır. Bina bilimi, mimari mühendislik, bina fiziği, yüksek performanslı binalar, mimari karar verme gibi bina bilgisinin birçok alt dalında detaylı çalışmalar yapmaktadır (Anonim 21).

Çizelge 4.7'nin devamı

Jui-Sheng Chou	Journal of Computing in Civil Engineering: 10.1061/(ASCE) CP.1943-5487.0000088	İnşaat Mühendisliği	*Malzeme *Tahmin	2011	118
Chirag Deb	Energy and Buildings: 10.1016/j.enbuild.2015.12.050	Yapı Bölümü	*Bina Enerjisi ve Soğutma Yüğü *Tahmin	2015	111
Joyce Kim	Building and Environment: 10.1016/j.buildenv.2018.01.023	Yapı Bilimi Bölümü	*Çevre Kontrolü *Akıllı Binalar	2018	109
Mani Golparvar-Fard	Journal of Computing in Civil Engineering: 10.1061/(ASCE) CP.1943-5487.0000205	İnşaat ve Çevre Mühendisliği	*Yapı Bilgi Modellemesi *Bilgisayar ile Görü	2015	88
Reza Akhavian	Automation in Construction: 10.1016/j.autcon.2016.08.015	İnşaat Mühendisliği	*İnşaat İşçilerinin Verimliliği *Akıllı Telefon Sensorları	2016	87
Heng Li	Journal of Construction Engineering and Management: 10.1061/(ASCE) 0733-9364(1999)125:5(347)	İnşaat ve Gayrimenkul	*İnşaat Zaman-Maliyet Problemi	1999	87

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.7'nin devamı

Lucio Soibelman	Journal of Computing in Civil Engineering: 10.1061/(ASCE) 0887-3801(2002)16:1(39)	İnşaat Mühendisliği	*İnşaat Bilgisi *Veri İşleme	2002	75
Carlos H. Caldas	Journal of Computing in Civil Engineering: 10.1061/(ASCE) 0887-3801(2002)16:4(234)	İnşaat ve Çevre Mühendisliği	*İnşaat yönetimi *Sınıflandırma	2002	65

Bu durumdan anlaşılmaktadır ki, tasarım, yapım ve planlama alanlarında inşaatla ve bina enerjisi ile ilgili konular en çok çalışılan temalardır. Makine öğrenimi konusuyla çalışılan, mimarlığın ana konularından olan tasarıma ait etkili yayın henüz bulunmamaktadır. Bu da mimarlığın bilişime henüz kapsamlı olarak giremediğini gösteren bir başka olgudur.

#### 4.5.2. Çalışmaların atıf verdiği referanslara göre önem ve etkisinin analizi

Tez kapsamında incelenen yayınların en çok atıf yaptığı kaynakçalara bakıldığında çoğunlukla temel kavramların kapsamlı incelendiği yayınlar olduğu görülmektedir. Örneğin 29 atıfla en çok kullanılan kaynakça olan, Leo Breiman'ın 2001 yılında yazdığı "Random Forest" (Rassal Ağaçlar), makine öğrenimi algoritmalarından olan Rassal Ağaçlar'ı örnekler üzerinden matematiksel olarak kapsamlı bir şekilde anlatan çalışmadır. 20 atıfla ikinci en çok kullanılan kaynakça, David Cournapeau'nun bir Python paketi olarak 2007'de başlattığı proje olan Scikit-Learn'ü 2010'da devraldıktan sonraki sürüm yöneticiliğini ve geliştiriciliğini üstlenen Fabian Pedregosa'nın, 2011 yılında 12 araştırmacı ile birlikte geliştirdiği, makine öğreniminde profesyonel olmayan kişilerin de üst düzey bir kod dilini kolaylıkla kullanıma sunduğu paketini, Journal of Machine Learning Research dergisinde açıkladığı yayındır (Anonim 22).

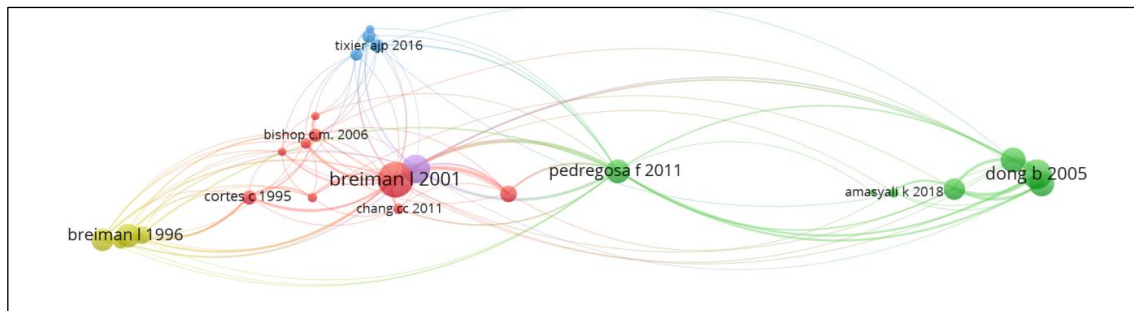
**Çizelge 4.8.** Analiz dokümanlarının referanslarının atıf sayıları

Atıf Alan Kaynaklar	Yayın İçeriği	Yayın Türü	Atıf Sayısı
Leo Breiman 2001 <b>Doi</b> 10.1023/A:1010933404324	Rassal Orman	Makale	29
Fabian Pedregosa vd. 2011	*Sckit- Öğrenme  *Phyton	Makale	20
Corrina Cortes 1995 <b>Doi</b> 10.1023/A:1022627411411	Destek Vektör Ağları	Makale	16
Christopher Bishop 2006	*Örüntü Tanıma	Kitap	15
Bing Dong vd. 2005 <b>Doi</b> 10.1016/J.Enbuild.2004.09.009	*Destek Vektör Ağları  *Enerji Tüketimi	Makale	13
Jerome Friedman 2001 <b>Doi</b> 10.1214/Aos/1013203451	*Gradyan Güçlendirme	Makale	13
Muhammad Bilal vd. 2016 <b>Doi</b> 10.1016/J.Aei.2016.07.001	*İnşaat Sektöründe Büyük Veri	Makale	12
Yann Lecun 2015 <b>Doi</b> 10.1038/Nature14539	*Derin Öğrenme	İnceleme	11
Leo Breiman 1996 <b>Doi</b> 10.1007/Bf00058655	*Bagging Predictors	Makale	10
Leo Breiman L 1984	*Sınıflandırma ve Regresyon Ağaçları	Kitap	10

İncelenen yayınların en çok atıf yaptığı üçüncü yayın, makine öğreniminde önemli çalışmalar olan Corinna Cortes’in 1995 yılında Machine Learning dergisinde yayınlanan “Support-Vector Networks” (Destek Vektör Ağları) isimli çalışmasıdır. En çok atıf alan “Random Forest” yayını gibi Destek Vektör Ağları da bir makine öğrenmesi algoritmasıdır ve temel kavramlardan biridir.

En çok atıf alan dördüncü yayın da makine öğrenimi alanında uzman olan Christopher Bishop'un 2006 yılında yazdığı "Pattern Recognition and Machine Learning" isimli kitabıdır. Kitap örüntülü tanıma sisteminin işleyişi ve yöntemlerini, makine öğrenimi ve algoritmalarını anlatmaktadır. Benzer olarak en çok atıf alan diğer yayınlar da çoğunlukla makine öğreniminin temel kavramlarını içeren başlıklara ya da bu kavramların belirli sistem ya da durumlara uygulanma şekli ile ilgili çalışmaları kapsamaktadır. Örneğin "Deep Learning" (Derin Öğrenme), "Applying Support Vector Machines to Predict Building Energy Consumption in Tropical Region" (Tropik Yerlerdeki Bina Enerji Tüketiminin Tahmininde Destek Vektör Makinelerinin Uygulanması), "Neural Networks in Civil Engineering" (İnşaat Mühendisliğinde Sinir Ağları) gibi çalışmaların başlıklarından da anlaşılabilir. Ayrıca bu kaynakçaların, en çok atıf alan yayınlar gibi sadece makale değil; kitap da içerdiği ve çalışmaların çoğunun eski yayınlar olduğu gözlenmektedir. Bu durumdan da konunun bu alanda yeni olduğu, çalışmaların hala temel kavramlara ait yayınların referansına ya da makine öğreniminde kullanılan tekniklerin uygulamada nasıl olduğuna dair bilgisine ihtiyaç duyduğu olgusu çıkarılabilir.

Çizelge 4.8'de gösterilen kaynakça çizelgesi ortak atıf grafiğine dönüştürüldüğünde beş kümelenme olduğu görülmektedir. Kümelerdeki daireler çizelge ile paralel olarak atıf yoğunluğuna göre boyutlanmıştır. Breiman, Pedregosa ve Dong'un yayınları en çok atıf alan çalışmalar olmuştur. Dairelerin kümelenme biçimlerine bakıldığında ise renklere göre yayınların konularının benzerlikleri görülmektedir. Örneğin yeşil renkli kümedeki yayınlarda çoğunlukla yapılarıdaki enerji kullanımı ve makine öğrenme yöntemlerinin bu durumlar için tahmin etme veya idealini bulma gibi sorunların çözümünde kullanıldığı görülmektedir. En fazla yayını içeren kırmızı renk kümedeki yayınlarda genellikle makine öğreniminin temel kavramları, tasarım, yapım ve planlama alanlarındaki yer gibi konular işlendiği tespit edilmiştir. Sarı renkteki kümede ise 'tahmin' konusu ağırlıktadır. Breiman'ın 1996'da yazdığı bir tahmin etme yöntemi olan 'Bagging Predictors' sarı kümedeki en çok atıf alan yayın olmakla birlikte, kümedeki diğer yayınlar da tasarım, yapım ve planlama alanlarındaki konuları tahmin etme yöntemiyle işledikleri yayınlara aittir. Mavi kümede ise inşaat sektöründe makine öğreniminin kullanıldığı çeşitli yöntemlere dair konuları işleyen yayınlar bulunmaktadır. İnşaat iş güvenliği, yaralanma tahminleri, sektörün durumu vb. birçok konu ile ilgili tahminler, bilgisayarla görü gibi çeşitli konular işlenmektedir. Mor kümedeki tek yayın Freidman'ın "Greedy Function Approximation: A Gradient Boosting Machine" tamamen farklı olarak, matematik/istatistik çalışması olduğu için ayrı olarak çıkmıştır.



Şekil 4.13. Analiz dokümanlarının referanslarının VosViewer'daki ortak atıf haritası

Yayınların konularına bakıldığında Pedregosa ve diğerlerinin geliştirdiği paket ve Freidman'ın yayını yüksek atıf aldığı ve tüm konularla ilişik, bir nevi metot yayını olduğu için merkezde çıkmıştır. Kırmızı kümenin merkezde çıkması temel kavramlara ait yayınların kaynakçada yoğun kullanıldığı ve diğer tüm konularla güçlü akademik ilişkide olduğu yorumu yapılabilir. Breiman'ın "Random Forest" isimli yayınının en güçlü bağlantıları ve en çok sayıda bağlantıyı kuran çalışma olması Rassel Ağaçlar algoritmasının tasarım, yapım ve planlama alanlarında en çok kullanılan makine öğrenimi algoritması olduğu çıkarımı yapılabilir. Enerji ile alakalı yayınların diğer kümelerden uzak kalması ve büyük dairelere ve ikinci en yüksek sayıda yayın sayısına sahip olması, bu alanın çok çalışıldığını ama diğer konularla güçlü akademik ilişki kurmadığı için izole bir konu olduğunu gösterir.

#### 4.6. Çalışmalarda Kullanılan Anahtar Kelimelerin Analizi

Akademik araştırmalarda anahtar kelime analizinin temel amacı dönemselliklerin ne olduğunu tespit etmek, eğilimleri ve gidişatı belirlemek ve bu doğrultuda gelecekte yükselişe geçecek veya popüleritesini kaybedecek konuları tahmin edebilmektir.

Dokümanlara bibliyometrik analiz yapılırken, anahtar kelimeler baz alınarak yapılan analizlerde iki farklı türde sonuçlar alınmıştır: yazarların anahtar kelimeleri (author's keyword) ve artı anahtar kelimeler (keywords plus). Yazarların anahtar kelimeleri, isminden de anlaşılacağı üzere yazarların kendilerinin belirlediği anahtar kelimelerdir. Artı anahtar kelimeler ise bilgisayar algoritmalarının başlıklarda geçen veya yazarın sıklıkla kullanıldığı kelimelerden otomatik ürettiği kelimelerdir. Makalelerin detaylı incelenmesinde yazarın anahtar kelimeleri daha doğrudur ancak bibliyometrik analiz gibi bilginin yapısal temeline ulaşmadaki analizlerde artı anahtar kelimeler, yazarın anahtar kelimeleri kadar etkilidir (Zhang vd. 2016).

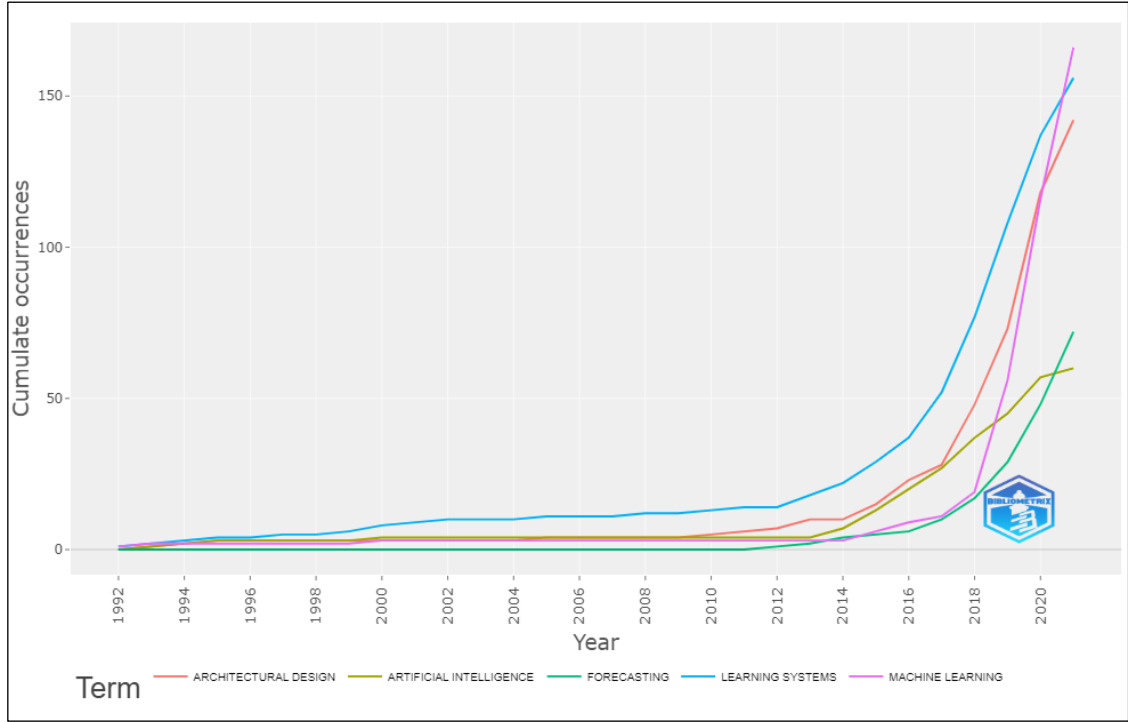
Dünya genelinde bibliyometrik analiz içeren yayınlarda olduğu gibi bu çalışmada da anahtar kelimelerin analizleri yapılırken bu iki kelime grubundan analize yönelik daha fazla sayıda terimi kapsadığı için artı anahtar kelimeler (keywords plus) kullanılmıştır.

Tasarım, yapım ve planlama alanlarında makine öğrenimi konulu çalışmalarda en çok kullanılan anahtar kelimelerin ilk on beşi çizelge 4.9'da gösterilmiştir. Beklenilebileceği üzere en sık 'makine öğrenimi' terimi geçmekle birlikte, ilk beşte tasarım, yapım ve planlama alanlarından sadece 'mimari tasarım' anahtar kelimesinin bulunması; bu alanlarda yapılan makine öğrenimi tabanlı çalışmaların çoğunlukla mimari tasarım temelinde olduğunu gösterebilir. İlk on beşteki kavramlardan bu alanlara bağlı diğer terimler: 'inşaat sektörü', 'beton inşaat' ve 'proje yönetimi' olması ikincil çalışma alanının yapım sektörü ile bağlantılı olduğunu gösterebilir. En fazla kullanılan algoritmaların destek vektör makineleri ve karar ağaçları gibi ileri düzey makine öğrenimi algoritması çıkması, tasarım, yapım ve planlama alanlarındaki çalışmaların olumlu bir yolda olduğu izlenimini verebilir.

**Çizelge 4.9.** Anahtar kelimelerin analizi yapılan belgeler içerisinde geçme sıklığı

<b>Anahtar Kelimeler</b>	<b>Sıklık</b>
Machine Learning (Makine Öğrenimi)	166
Learning Systems (Öğrenim Sistemleri)	156
Architectural Design (Mimari Tasarım)	142
Forecasting (Tahmin)	72
Artificial Intelligence (Yapay Zekâ)	60
Neural Networks (Sinir Ağları)	59
Learning Algorithms (Öğrenme Algoritmaları)	55
Construction Industry (İnşaat Sektörü)	47
Concrete Construction (Beton İnşaat)	46
Model	44
Support Vector Machines (Destek Vektör Makineleri)	44
Project Management (Proje Yönetimi)	39
Decision Trees (Karar Ağaçları)	38
Deep Learning (Derin Öğrenme)	38
Prediction (Tahmin)	38

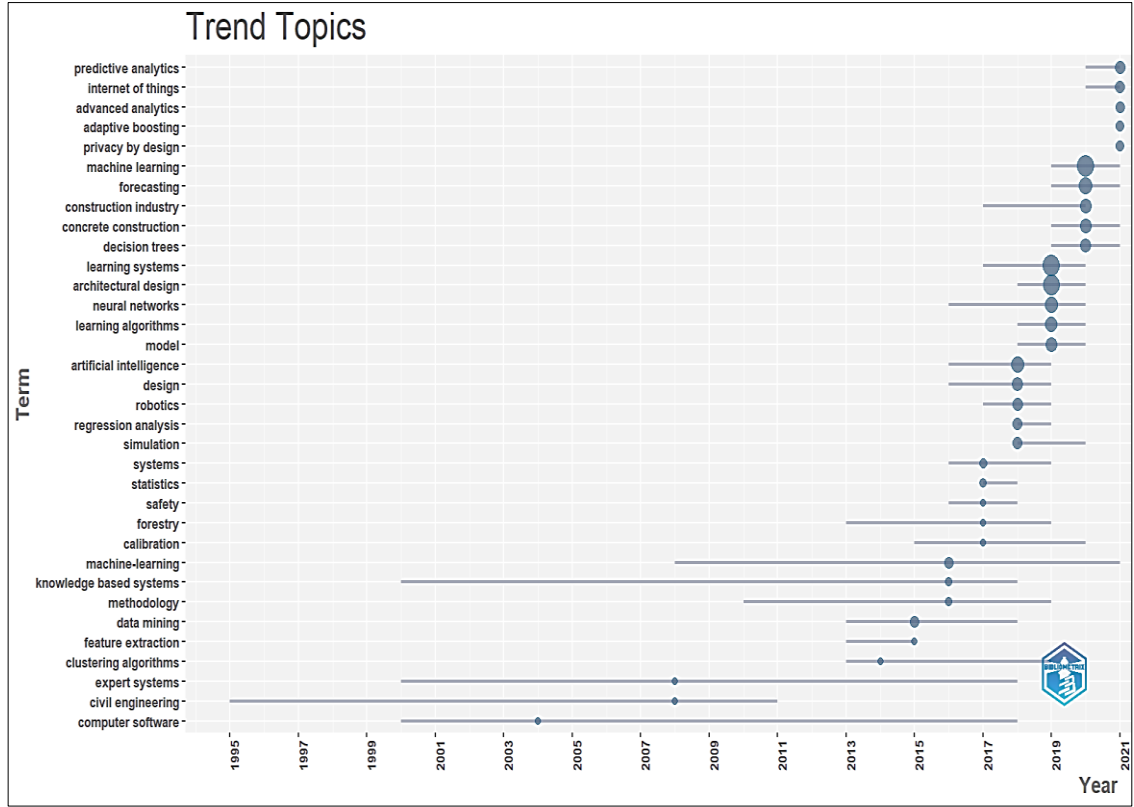
Şekil 4.14'deki grafikten anahtar kelimelerin yıllar içerisinde akademik çalışmalar içindeki oluşum sıklığına bakıldığında, özellikle 2016 yılının bir dönüm noktası olduğu söylenebilir. Bu grafiğe paralel olarak “Bir Yıl İçerisinde Yayınlanan Çalışma Sayısı” grafiğinde de benzer değişim görülmektedir. 2015 sonrası yüksek hızda artış yapan çalışmalarla makine öğrenimi, tasarım, yapım ve planlama alanlarındaki yerini almaya başlamıştır. Ancak 2015 günümüze yakın bir tarih olduğu ve makine öğreniminin hala gelişmekte ve teknolojiye bağlı olarak radikal değişimler de göstermeye açık bir alan olduğu göz önünde bulundurulduğunda, tasarım, yapım ve planlama alanlarındaki çalışmalarda sık kullanılan terimlere göre oluşturulan grafiklerin, yakın ya da uzun yıllar içinde stabil bir yol izlemeyeceği ön görülebilir.



**Şekil 4.14.** En çok kullanılan beş anahtar kelimenin yıllar içerisindeki kullanım sıklığı grafiği

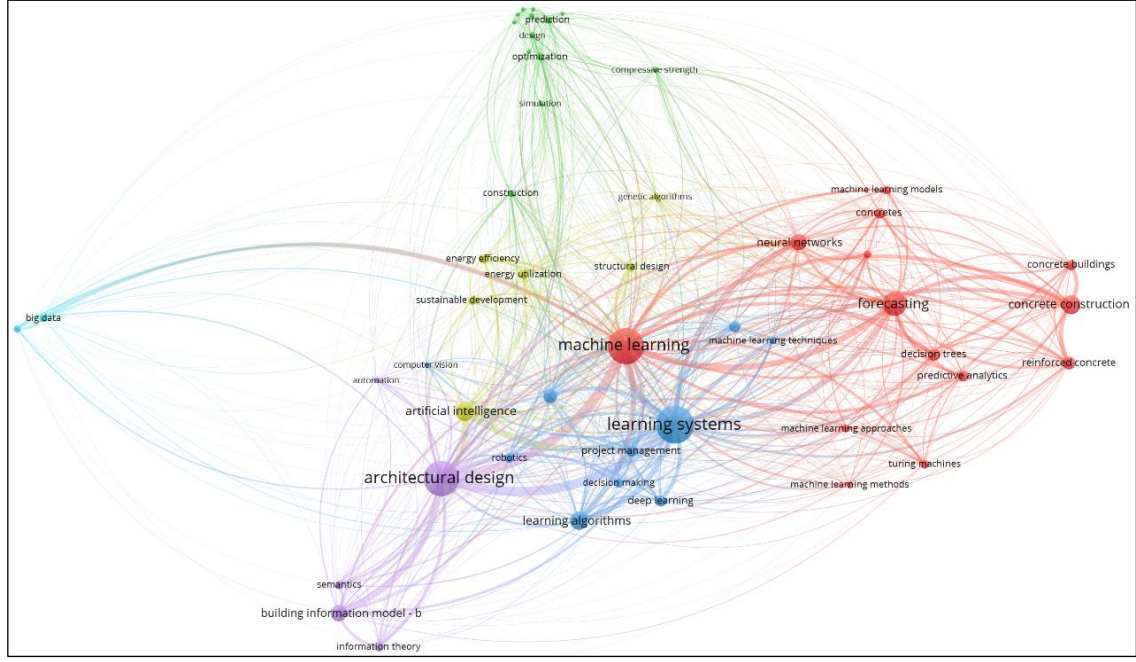
1992'den 2021'in ilk yarısına kadar olanki değişimleri gözlemlendiğinde, öğrenim sistemlerinin 2020'ye kadar en çok kullanılan terim olmasına rağmen, makine öğrenimi 2018 sonrasındaki yaklaşık sekiz katlık bir artışla 3,5 yılda en hızlı yükselişi yaşamasıyla 2021 ortasında en sık kullanılan terim haline gelmiştir (Şekil 4.19). Mimari tasarım kavramı da öğrenim sistemine benzer bir yol izlemiştir. Tahmin kelimesinin kullanım sıklığı çizgisi hızlı artan bir artışadır. Yapay zekâ ise diğer terimlere nazaran daha yavaş ilerlemektedir. Kelimelerin benzer sıklıkta kullanılmaları aralarında bir bağlantı olduğunu ya da aynı yayında kullanıldığını göstermez. Kelimelerin birlikte kullanımlarına dair yorumlar, tüm yıllar bazında VosViewer programındaki birliktelik analizinde yapılmıştır.





Şekil 4.15. Anahtar kelimelerin yıllar içerisindeki kullanım sıklığı grafiği

Kelimelerin 1992'den beri olan ilgilerine eğilim veya akım açısından bakıldığında, dairelerin boyutlarının kullanım sıklığını gösterdiği göz önüne alınarak, son dönemdeki en sık kullanılan kelimelerin Çizelge 4.9 ile bağlantılı olduğu görülmektedir. İlk dönemlerde inşaat mühendisliği, uzman sistemler, bilgisayar programı, bilgi tabanlı sistemler ön plandayken son dönemlerde makine öğrenimini sistemleri, beton, inşaat sektörü, karar verme gibi kelimeler öne çıkmıştır. Bu durum, sektörün gelişmekte olduğunu gösterir. Ayrıca 2021 yılı itibari ile sık kullanımının artacağı tahmin edilen kelimelere bakıldığında (ileri seviye analiz (advanced analytics), AdaBoost (adaptive boosting)), tasarım, yapım ve planlama alanlarında yapay zekâ ve makine öğreniminin akademik olarak ileri düzey teknolojiye uyum sağlayarak çalışmalara devam edileceği yorumu yapılabilir.



**Şekil 4.16.** Anahtar kelimelerin VosViewer'daki birlikte kullanım haritası

Anahtar kelimelerin birlikte kullanım sıklığı görseli, konu hakkında daha net ve sağlıklı yorum yapılmasını sağlar. Daire boyutları kelimelerin kullanım sıklığını ifade etmektedir. Bununla bağlantılı olarak görsel ilk bakıldığında göze çarpan kelimeler sıklık grafiğine olan paralelliği göstermektedir. Renklere göre kümelenmeler anahtar kelimelerin bağlantılı oldukları konu veya temalardaki yakınlıklarını gösterip, temelde bağlantılı olduğu bu ana temadaki popüler konuları da işaret etmektedir. Bağlantı güçleri kelimelerin birbiri ile kullanım sıklığını, bağlantının uzunluğu akademik ilişkilerini temsil eder.

Kelimelerin arasındaki bağlantı gücüne bakıldığında totalde 41.235 bağlantı gücü olduğu ve en kuvvetli bağın 2704 ile “makine öğrenimi” (machine learning) ve “mimari tasarım” (architectural design) arasında olduğu görülmektedir. İkinci en güçlü bağ yine mimari tasarımdadır ve 2704 bağlantı gücü ile “öğrenim sistemleri” (learning systems) ile kurulmuştur. En fazla bağlantı sayısı makine öğreniminde olmasına karşı en çok bağlantı gücü öğrenim sistemlerine aittir. “Yapay zekâ” (Artificial Intelligence) teriminin çok bağlantıda olmasına rağmen az yoğunlukta ve düşük bağlantı gücünde bulunması, bu kavramdan ziyade daha özelleşmiş kavramların diğer kelimelerle birlikte kullanılmasına dayanmaktadır.

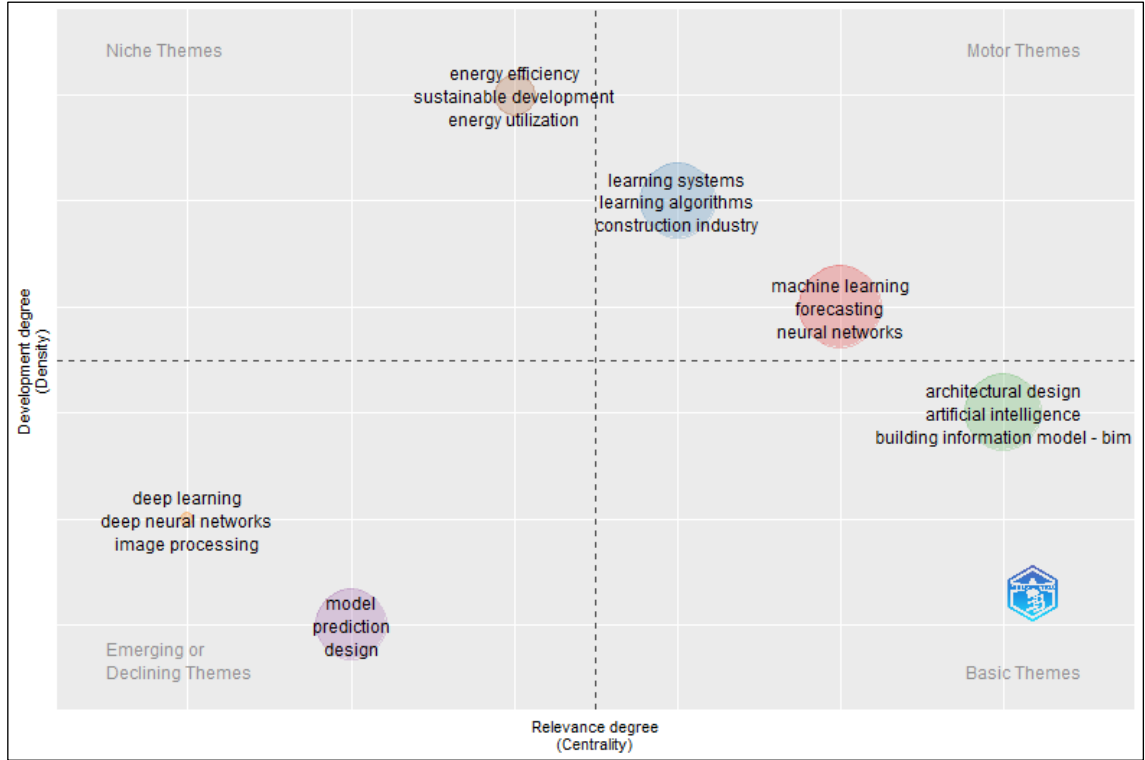
Kümelenmelere bakıldığında konu ilişkileri açısından keskin bir dağılım bulunmadığı söylenebilir. Mimarlık tabanında tasarım, yapım ve planlama alanlarında yapay zekâ, makine öğrenimi ve bilişime ilişkin konuların bütün kümelerde farklı bir konu başlığı içererek yer aldığı görülebilmektedir. Kırmızı küme makine öğreniminin tahmin algoritmalarına dayanan konularını içerir; küme en kapsamlı grup olup kullanılan kelimelerin sıklığı açısından da en yoğun gruptur. Kırmızı grup için tasarım, yapım ve planlama alanlarından, diğer renkteki dairelere uzak bulunmakla birlikte, betonarme ve

betona dayalı inşaat vb. konular bulunmaktadır. Gruptaki en güçlü bağ 1156 bağlantı gücü ile “tahmin” (forecasting) ve “makine öğrenimi” kavramları arasındadır. “Beton inşaat” (concrete construction) ve bu iki terim de sıklıkla birlikte kullanılmıştır. Bu durum makine öğrenimi ve tahmin algoritmaları ile özellikle “beton” (concrete) olmak üzere inşaat malzemelerinin belirli bir akademik ilişkide olduğunu gösterir. İnşaata dayalı akademik çalışmalarda malzeme testlerinin makine öğrenimi algoritmaları ile yapıldığı birçok örnek yayın bulunmaktadır; bunun gerçekliği analize de yansımıştır. Örneğin Mishra ve diğerlerinin 2020’de yaptığı “Predicting The Compressive Strength of Unreinforced Brick Masonry Using Machine Learning Techniques Validated on A Case Study of A Museum Through Nondestructive Testing” çalışmasında yığma tuğla konstrüksiyonundaki basınç dayanımı makine öğrenimi ile tahmin edilerek sonuçları geleneksel test yöntemleri ile karşılaştırılmıştır.

Mavi küme öğrenim sistemlerinin ana başlık halinde ön plana çıktığı gruptur. Bu grup içerisinde tasarım, yapım ve planlama alanlarına bağlı “proje yönetimi” (project management) ve “inşaat sektörü” (construction industry) gibi daha geniş kapsamlı konuların çıkması; “robotik” (robotic), “derin öğrenme” (deep learning) ve “öğrenme algoritmaları” (learning algorithms) gibi detaylı algoritma terimleri olmayan kavramlarla birlikte bulunması, proje yönetiminde bu konuların yeni çalışılıyor olduğunu gösterebilir.

Mor küme en çok mimari bağlantılı anahtar kelimeleri içeren grup olmanın yanı sıra bağlantı gücü, sıklığı ve çeşitliliği bakımından en yoğun ilişkilere sahip olan gruptur. “Mimari tasarım”, “yapı bilgi modellemesi” (building information modelling) gibi terimler en güçlü anahtar kelimelerdir ve aralarında grup içindeki bağlantılardan en kuvvetlisi bulunmaktadır. Diğer kümelerde sık kullanılan anahtar kelimeler bulunmamaktadır ve bağlantı kuvvetleri diğer üç gruba kıyasla çok daha zayıf kalmıştır; turkuaz grup büyük veri ve nesnelerin interneti ile diğer gruplardan tamamen ayrılmıştır ve her terimle zayıf ilişki kurmaktadır. Bu durum bu kelimelerin çalışmalar içerisindeki bir ara eleman olduğuna işaret edebilir. Sarı grup enerji verimliliği ve sürdürülebilir terimlerin daha sık görüldüğü temaları içerir. Yeşil grupta ise optimizasyon, simülasyon, performans ve inşaat gibi terimler yakın akademik ilişki içinde bulunmaktadır.

Kelimeler arasındaki ilişkiler günümüze kadar yayınlanan çalışmalardaki eğilimleri göstermektedir. Bu eğilimlerin önümüzdeki yıllarda nasıl değişeceği, hangi konuların zayıflayacağı veya hangilerinin yüksek potansiyelde olduğu tahmin etmek için Biblioshiny paketindeki tematik harita incelenmiştir.



**Şekil 4.17.** Tasarım, yapım ve planlama alanlarında makine öğrenimi çalışmaları anahtar kelimelerinin konumları ile eğilimlerin belirlendiği tematik harita

Şekil 4.17'deki tematik harita iki boyutlu düzlemde oluşup, merkezilik (centrality) ve yoğunluk (density) ismiyle iki doğruyu barındırmaktadır. Yoğunluk doğrusunun üstü yüksek, aşağısı düşük yoğunlukken; merkezilik doğrusunun sağ kısmındaki iki bölge yüksek merkeziliği içerir, solundaki iki bölge düşük merkezilik konularını barındırmaktadır. Bu mantık doğrultusunda bu iki boyutlu düzlemdeki bölgeler, haritadaki anahtar kelimeleri ve bu kelimelere bağlı ana konuları sıfatlandırmaktadır.

Sağ üstte bulunan motor temalar (motor themes) yüksek yoğunlukta kullanılan kelimeleri ifade eder ve kelimeler arasındaki iç bağlar güçlüdür; kelimeler birbiriyle çok sık kullanılır. Motor temalar alanın gelişimi için en önemli temaları göstermektedir. Sol üstte bulunan niş temaların diğer ismi çok gelişmiş ama izole temalardır. İsminde de anlaşılacağı üzere burada çıkan anahtar kelimelere bağlı konular çok çalışılmıştır ve buna bağlı olarak kendi içlerindeki bağ çok kuvvetlidir ancak diğer konularla iyi bir akademik ilişki içerisinde bulunmazlar. Sol altta bulunan temalar konuya dair yeni çıkan kavramları ya da düşüşte olan konuları temsil eder. Sağ alttaki konular ise temel ve dönüşümlü konulardır. Alanın gelişmesi için önemli olan ama yeterince çalışılmamış konuları gösterir (Dönbak 2020).

Bu doğrultuda haritadaki konular incelenecek olursa, motor temalarda çıkan makine öğrenimi, tahmin, öğrenim sistemleri ve algoritmaları, sinir ağları ve inşaat sektörü gibi anahtar kelimeler konu için şu anda önemli olan ve ileride konunun

gelişiminde önemli role sahip olan konuları temsil eder. Çıkan kelimelere bakıldığında en temel ve yüksek sıklığı bulunan temaları göstermektedir. Yapılan çalışmanın farklı analizlerinde de çıktığı üzere izole ve üzerinde çok çalışmış konular enerji ve sürdürülebilirliğe bağlı olan konulardır. Kaynakça ve doküman analizinde de bu temadaki konuların kendi içinde bağlantılı ve gelişmiş ancak diğer konularla aralarındaki akademik ilişkinin zayıf olduğu görülmüştür.

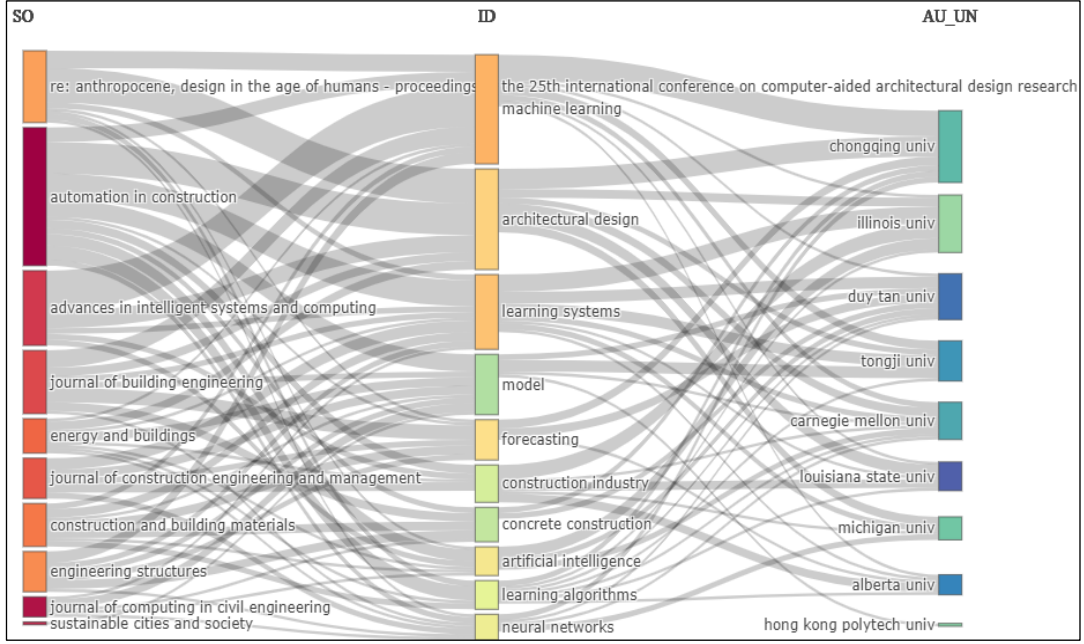
Model, optimizasyon, tahmin, derin öğrenme gibi konular tasarım, yapım ve planlamada yeni çıkan kavramlar olarak yorumlanabilir. Çünkü tasarım, yapım ve planlama alanlarında makine öğrenimi konusu henüz yeni çalışılmaya başlanan bir konudur ve çıkan kelimeler özellikle son yıllarda gelişmekte olan konulardır. Mimari tasarım, yapı bilgi modellemesi, yapay zekâ, otomasyon, bilgi teorisi gibi konular ise tasarım, yapım ve planlama alanlarında makine öğrenimi konusu için merkeziliği yüksek ama yoğunluğu nispeten düşük konulardır. Potansiyeli olan ve alanın gelişmesine katkı sağlayacak konular olarak düşünülebilir.

Anahtar kelimelere göre yapılan analizlere bakıldığında bu analizlerin diğer analizlerle paralellik gösterdiği ve onları daha anlaşılabilir kıldığı görülmektedir. Özellikle enerji tabanlı konuların analizlerde neden ayrı kaldığı, inşaat sektörü ve makine öğreniminin en çok çalışılan ve gelişmiş konu olduğu, mimari tasarımın önünün açık olduğu diğer analizlerle birlikte daha iyi anlaşılmıştır.

#### 4.7. Çalışma Verilerinin Arasındaki İlişkiler

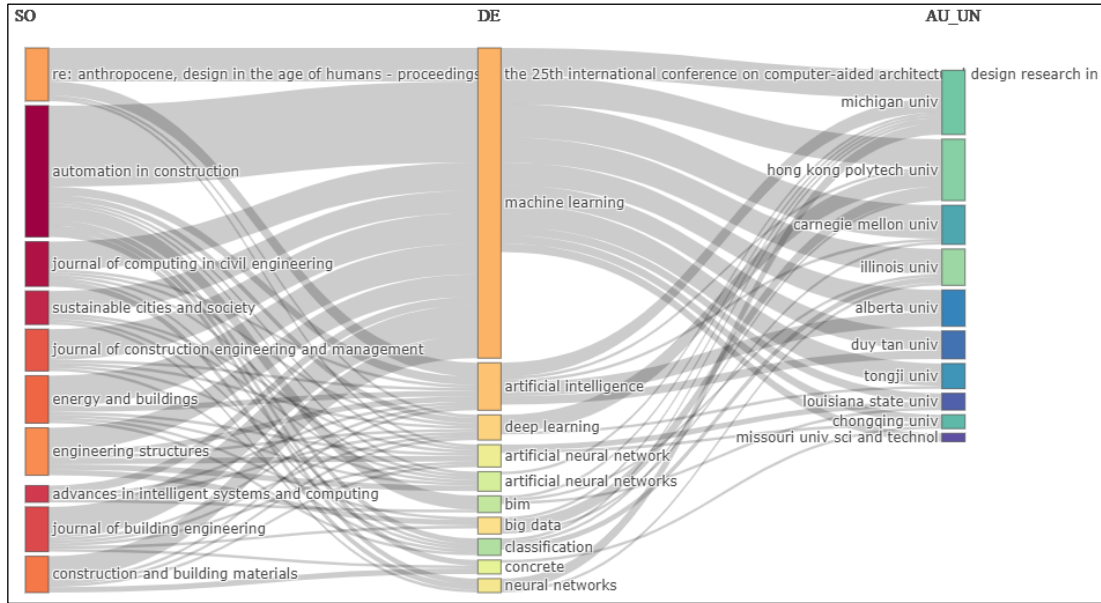
Analizi yapılan veriler ayrı ayrı detaylıca analizlerde incelenmiştir. Bu verilerin kendi aralarındaki bağlantıları da Biblioshiny paketi içerisindeki farklı analiz türleri aracılığıyla incelenebilir. Üç farklı kategori arasındaki ilişkinin incelendiği analizde, ilk 10 kurum, 10 artı anahtar kelime (keywords plus) ve 10 kaynak seçilerek analizleri yorumlanmıştır.

Şekil 4.18 incelendiğinde sol tarafta kaynaklar, ortada anahtar kelimeler ve sağda kurumlar bulunmaktadır. Bu şekilde en etkili kurum ve kaynakların en çok kullandığı anahtar kelimeler görülebilir. En etkili dergi olan Automation in Construction dergisinde sıklıkla geçen anahtar kelime mimari tasarım olarak çıkmıştır. Bununla birlikte makine öğrenimi ve öğrenim sistemleri de bu dergi içerisinde mimari tasarım kavramıyla yakın oranlarda kullanılmıştır. Makine öğrenimi anahtar kelimesinin en sıklıkla geçtiği “Advances in Intelligent Systems and Computing” dergisidir. Chongqing Üniversitesi, makine öğrenimi ve mimari tasarım anahtar kelimelerini en sıklıkla kullanan kurum olmuştur.



**Şekil 4.18.** Kaynak, Artı Anahtar Kelimeler ve Kurumlar arasındaki ilişki

Artı anahtar kelimeler (keywords plus), anahtar kelimeler (keywords) olarak değiştirildiğinde (Şekil 4.19), bilgisayar tarafından otomatik seçilen kelimeler yerine yazarların ve dergilerin belirlediği kelimeler seçildiğinde, kaynak ve kurumların yoğunluklarının analizlerde çıkan etkili kaynak ve kurumlarla paralellik gösterdiği görülmektedir. Bu durumda bütün kurum ve kaynaklarda en sık geçen anahtar kelime yüksek bir farkla makine öğrenimidir. En etkili dergi olan Automation in Construction için yapı bilgi modellemesi (BIM) ikinci yoğunlukta kullanılmıştır. Enerji ve sürdürülebilirlik konularını ele alan dergiler, yapay zekâ ve büyük veri kavramlarını da makine öğreniminden sonra sıklıkla kullanmıştır. En etkili kurum olan Hong Kong Polytech Üniversitesi için makine öğrenimi, büyük veri ve derin öğrenme kavramları yayınlarında en çok geçen anahtar kelimelerdir.



**Şekil 4.19.** Kaynak, Anahtar Kelimeler ve Kurumlar arasındaki ilişki

Anahtar kelimelere bakıldığında ilk onda bulunan kelimelerden sadece yapı bilgi modellemesi (BIM) ve beton (concrete) kelimeleri tasarım, yapım ve planlama alanlarında anahtar kelime olarak yayıncılar tarafından kullanılmıştır. Yapı bilgi modellemesi kavramının en sık geçtiği kaynaklar Automation in Construction ve Advances in Intelligent System and Computing dergileriyken; kavramı en çok kullanan Louisiana State Üniversitesi'dir. Beton için ise bu durum kaynaklarda Construction Building Materials dergisi iken, kurumlarda Chongqing Üniversitesi'dir.

#### 4.8. Makine Öğreniminin Tasarım, Yapım ve Planlama Alanlarındaki Kullanımının Akademik ve İş Hayatındaki Uygulama Karşılığı

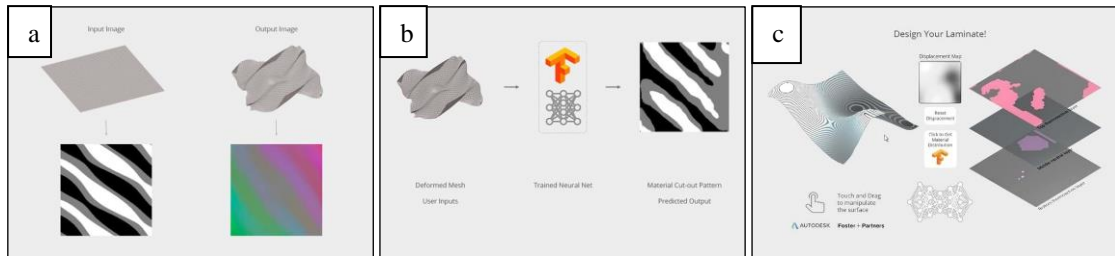
Çalışma kapsamında incelenen ve analizi yapılan dosyadaki tüm belgeler akademik yayınlardır. Bu yapılan çalışmaların içeriğine bakıldığında makine öğreniminin akademik karşılığı için birkaç temel çıkarım yapılabilir.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde, özellikle yüksek atıflı yayınlar için içerisinde geliştirilen yazılımlar da olması akademik çalışmaların yazıda kalmadığını gösterir. Güncel yaşamda kullanılsa bile hala geliştirilmekte olan yazılımlar için önceden yayınlanmış çalışmalarda geliştirilmiş formüller ve programlar çok büyük kolaylıktır. Özellikle yapay zekâ, sinir ağları ve makine öğrenimi gibi alanlar üstüne katılarak, önceki yazılımları kullanarak daha hızlı geliştirilen programlar sayesinde ilerleyen bilim dalları olduğu için yapılmış tüm akademik yayınlar bu alanlar için çok önemlidir.

Önceki yayınlardan elde edilen fonksiyonlar üzerinden gelişmesinin yanı sıra, farklı içerikteki çalışmalar da pratik ve iş hayatında önemli kolaylıklar ve ilerlemeler sağlayabilir. Öneriler sunan yayınlar uygulamadaki sürece direkt olarak katkıda bulunurken yapılmış formülleri test eden veya optimize eden yayınlar üretim ve uygulama aşamasına dolaylı yoldan büyük kolaylık sağlayabilmektedir.

Tasarım, yapım ve planlama alanlarının alt dallarında, makine öğrenimi algoritmalarının kullanımı açısından bakılacak olursa, akademik çalışmalarda iki temel kategorideki bilim dalları için de detaylı çalışmalar bulunmakta olduğu söylenebilir. Mimarlık ve inşaat mühendisliği disiplinlerinin neredeyse tüm alt dallarında farklı makine öğrenimi algoritmaları ile çalışmalar yapıldığı gözlenmektedir. Temel amaç bu çalışmaların ne kadarının gerçek hayata yansıdığıdır. Bu şekilde akademik yayınların endüstri hayatı ile paralellığı ölçülebilir. İş yaşamındaki uygulamalara bakıldığında proje aşamasında olan çalışmalarla birlikte hayata geçmiş çalışmalar olduğu görülmektedir.

Mimari tabanda araştırma yapıldığında dünyanın en tanınmış mimarlarından olan Foster ve ekibinin yaptığı projeler ilk örnek olarak gösterilebilir. Ekibin kurmuş olduğu Uygulamalı Araştırma ve Geliştirme (Applied Research and Development) grubu yapay zekâ ve makine öğrenimi üzerine çeşitli projeler geliştirmektedir. Grubun 2017’de bir yazılım şirketi olan Autodesk ile yapmış olduğu iş birliğinde sıcağa bağlı olarak kendiliğinden deforme olan cephe simülasyonu geliştirilmiştir. Fiziksel değişikliklere tepki gösteren organizmalara veya ışığa tepki veren irislerin çalışma mekanizmasına benzer şekilde, doğrusal olan ve olmayan kuvvetler de göz önüne alındığında çok karmaşık bir simülasyon ortaya çıktığından, sistemi oluşturmak için makine öğrenimi kullanılmıştır. Makine öğrenimine verilen eğitim sonucunda sistem bilinen deformasyonların sonucunda doğru katmanı oluşturmaktadır ve böylece hedef deformasyon tasarlanıcı tarafından tasarlanabilir hale gelmiştir. Ayrıca sistem her deformasyon sonucu tasarımın bir tasarımcı tarafından değiştirilmesine nazaran, çıktı ürününe göre gerekli malzeme seçimini sisteme sunulmasını da sağlamıştır (Tsigkari vd. 2021).

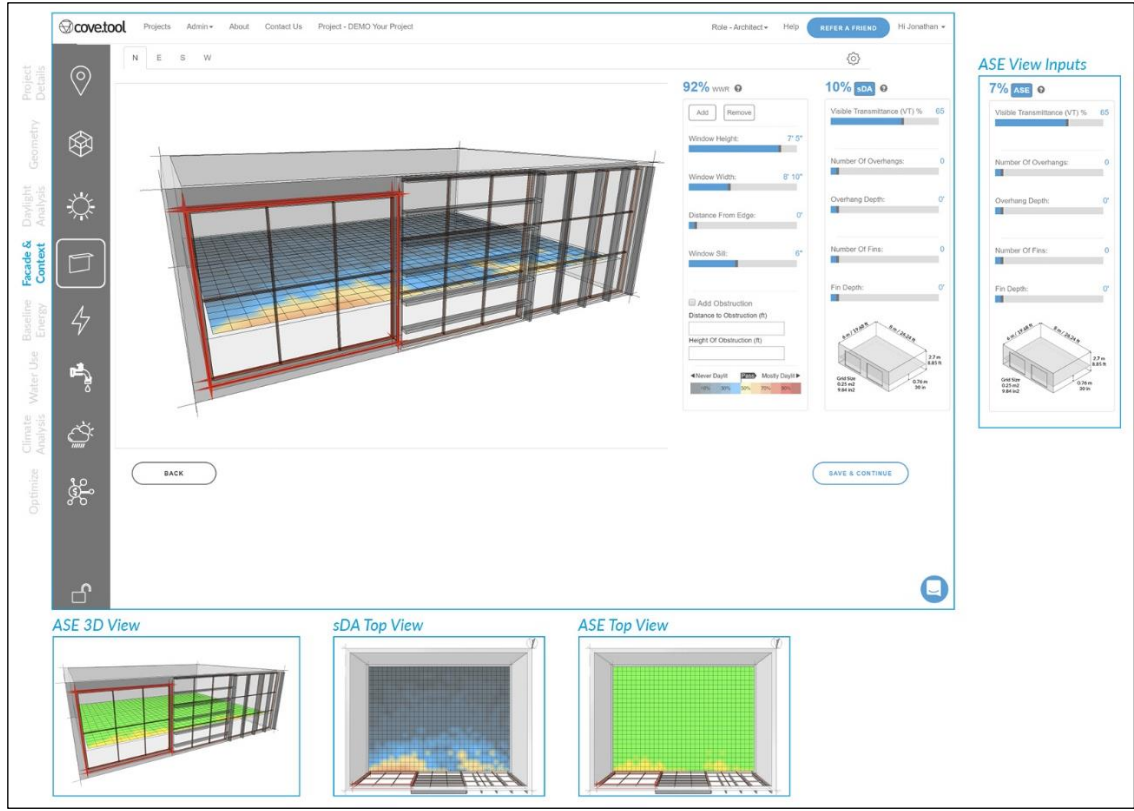


**Şekil 4.20.** a,b,c) Foster ve ekibinin cephe deformasyonu projesi (Tsigkari vd. 2021)

İş hayatında kullanılmaya başlanan bir mimari örnek olan, mimar Sandeep Ahuja ve yine mimar ortağı Patrick Chopson ile birlikte geliştirdikleri “cove.tool” isimli bir makine öğrenimi optimizasyon algoritması incelenebilir. 15.000’den fazla mimar ve mühendis kullanıcısı olan, 20’den fazla ülkede 22.000’den fazla projede kullanılan ve hala erişimi olan bu yazılım ürünü, erken tasarım aşaması için bina performansının verilerini analiz etmektedir (Şekil 4.21). Bu sayede özellikle büyük şirketler tarafından maliyet ve enerjide tasarruf sağlanmasından ötürü yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Bina performansı analizi için, defalarca değişen tasarımlar, kullanılması gereken birçok farklı program ve buna bağlı olarak sürekli yapılması gereken simülasyonların önüne geçildiğinden sadece maddi tasarruf değil zaman tasarrufu da sağlamaktadır. Ayrıca maliyet ve zaman sıkıntısı yüzünden performans analizi aşamasını yapmayan şirketlerin de kullanımına olanak verdiklerinden çevreye büyük katkı sağlanmıştır; bunun

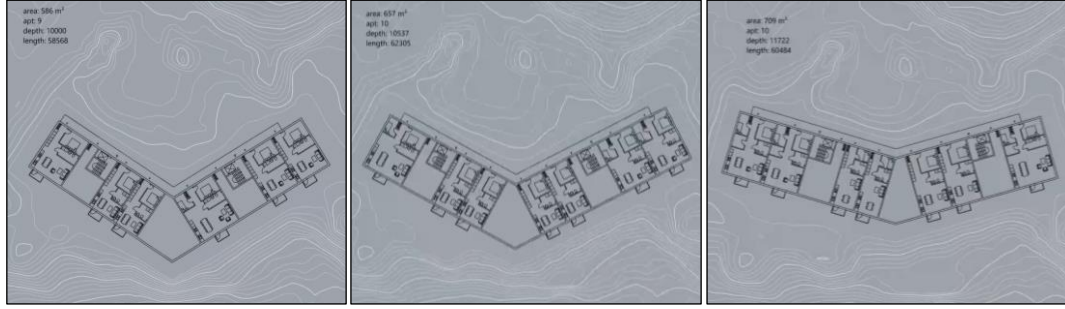


sonucunda sadece cove.tool yazılımının kullanılması ile 28 milyon metrik ton karbon ofseti (karbondioksit emisyonunda azalma) sağlamıştır (Anonim 23).



Şekil 4.21. Bina performansı optimizasyonunda cove.tool yazılımı örneği (Anonim 23)

Başka bir örnek olarak da kurulmuş CAD veya BIM programlarında bir uzantı olarak çalışan Finch 3D adlı yazılımı geliştiren İsveçli mimar Jesper Wallgren'in projesi de incelenebilir. Finch, mimari bir projenin tasarım aşamasından yapı ruhsatına kadar olan bütün sürecinde kullanılan bir uzantıdır. İki tür zekâ içeren yazılımda kural tabanlı zekâda kullanıcılar girdileri değiştirebilir ve girdikleri yükseklik, duvar kalınlığı gibi faktörler ile tekrarlayan görevler otomatikleştirilir. Yapay zekâ kısmı ise kullanıcı bazlıdır ve farklı tasarım önerileri sunarak, ince detayları tasarımcıya bırakmasıyla mimar için kolay bir başlangıç oluşturmaktadır (Şekil 4.22). Ayrıca yazılım doğal aydınlatma gibi yapı estetiği ve fonksiyonunu etkileyecek birçok faktörü de gözle almaktadır ve eş zamanlı olarak tasarım değerlendirmeleri, yönetmeliğe ve müşteri isteklerine uygunluk üzerine geri bildirim verebilmektedir. Bu şekilde mimarın sadece tasarıma odaklanabilmesi amaçlanır. Yazılımın yakında ilk sürümü piyasaya sürülecektir (Anonim 24).



**Şekil 4.22.** Farklı parametre ayarlarına göre anlık değişen apartman projesi tipleri. Aynı arazi üzerinde ve aynı taban alanında bazı parametrelerin değişmesi sonucu yazılımın ortaya çıkardığı üç farklı kat planı (Anonim 24)

Jesper Wallgren'in projesine benzer ama daha basit haliyle bir deney yine Autodesk firması tarafından NVIDIA ve Gensler iş birliğinde yapılmıştır. NVIDIA'nın ofis binasının bir katı deneyin parçası olarak alınmış ve NVIDIA'nın grafik işlemcileri "İyi bir ofis tasarımı nasıl olur?" mantığı ile oluşturulan girdiler aracılığıyla eğitilmiştir. Olması gerekenler ve çıkmayacak olanlar da sisteme girildikten sonra elde edilen sonuçların mimarları büyük bir yükten kurtarması amaçlanır. Ek olarak NVIDIA grafik işlemcileri sayesinde sistem tarafından oluşturulan tasarımlar sanal gerçeklik gözlüğü ile deneyimlenebilmektedir (Şekil 4.23) (Anonim 25).



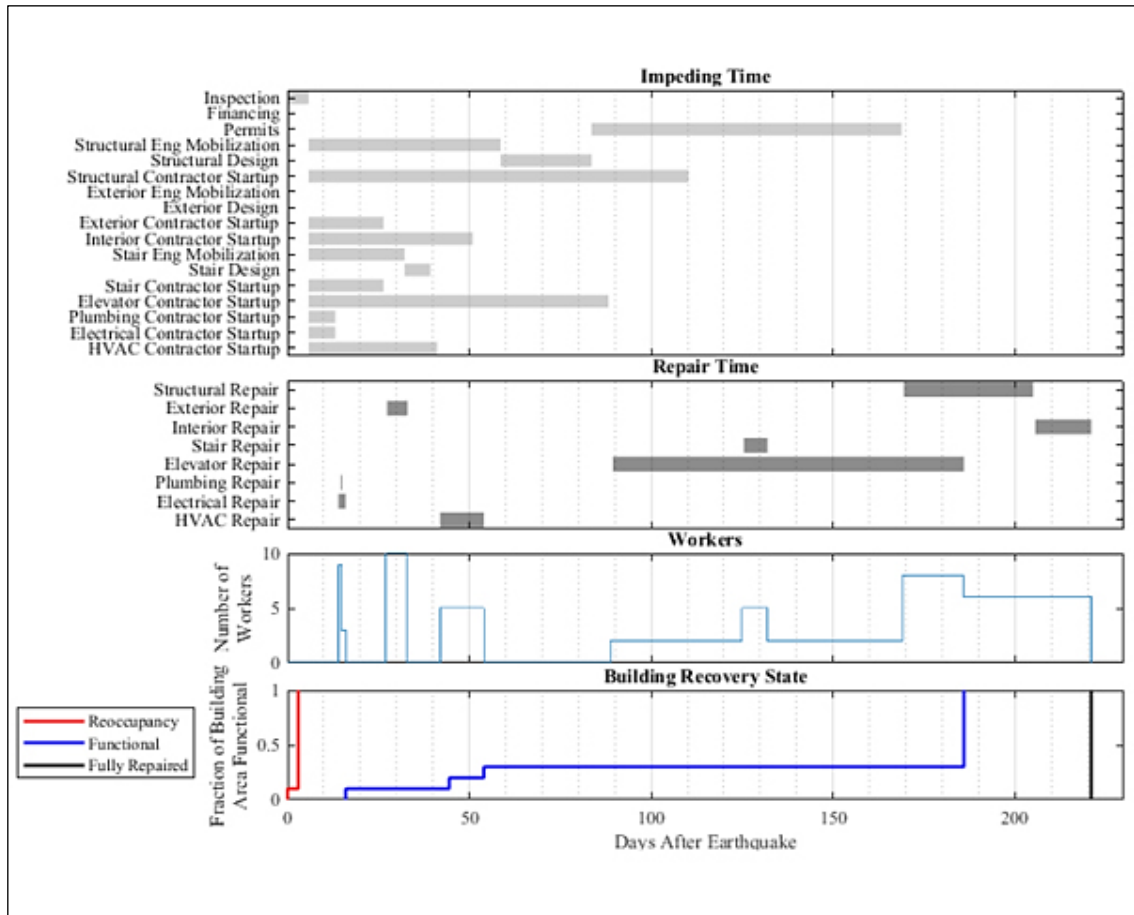
**Şekil 4.23.** a,b) Autodesk ve NVIDIA ortaklığı ile yapılan örnek bir projenin plan oluşumları c) İç mekan organizasyonu (Anonim 25)

Mimarlık disiplninde, yukarıda açıklanan örneklere ve benzeri uygulamalara bakıldığında makine öğrenimi bağlantılı çoğu projelerin daha çok yeni olduğu, beta aşamasında test edildiği, iş hayatında henüz aktif olarak kullanılmadığı veya deneylerle sınırlı kaldığı görülmektedir. Ayrıca yapılan çoğu projenin mimari tasarım bazında, akademik çalışmalardaki dağılımdan çok farklı olduğu rahatlıkla söylenebilir.

İnşaat mühendisliğindeki deneysel ve iş hayatı çalışmaları incelendiğinde mimarlığa oranla daha kapsamlı olduğu söylenebilir. Analizi yapılan dokümanların yaklaşık altıda biri mimarlık fakültesinde bulunan sorumlu yazarlara ait yayınlardır. Dokümanların büyük çoğunluğu inşaat mühendisliği fakültesindeki sorumlu ve diğer yazarlar tarafından yazılmıştır. Uygulamadaki aktifliği bilinmemekle birlikte, inşaat mühendisliği bilim dalında yapay zekâ, makine öğrenimi, yapay sinir ağları vb.

yayınlarının içinde araştırılan veya yapılan deney ve projelerin kapsamlı analizine Gültekin ve Doğan'ın 2021 yılında yapmış olduğu "İnşaat Mühendisliğinde Yapay Zekâ Çalışmaları" isimli yayından ulaşılabilir. Yapılmış onlarca deney ve proje bu yayın içerisinde uygulama içeriği ile birlikte bilim dallarının kendi başlıkları altında açıklanmıştır.

İnşaat mühendisliği disiplinde akademik yayınlar için deneysel olarak yapılmış projeler harici, iş hayatına katkı sağlayacak yazılımlardan biri inşaat mühendisleri Curt Haselton ve Jack Baker'ın 2014 yılında kurduğu Haselton Baker Risk Group tarafından deprem riskini ölçmek ve azaltmak amacıyla geliştirilmiştir. Yapılan çalışma sırasında ileri düzey sismik risk değerlendirme metodlarının pratikte yaygın kullanılmadığını, endüstrideki kullanımların çoğunlukla yüzeysel kaldığını yapıya özel olmadığını fark etmişlerdir. SP3 isimli yazılım, yapı ve saha bazlı olarak çalışmaktadır. Bina veya saha özelliklerinin analizini yaparak bileşenler doğrultusunda algoritmalar oluşturur (Şekil 4.24). Zemin hareketlerine göre otomatik veri araması yapar ve yapı strüktürünün tepkisine dair anlık tahminlerde bulunur. Ayrıca iyileştirme yönünde onarım maliyeti tahmininde de bulunmaktadır. Hızlı, standart ve ileri düzey modelleme seviyeleri bulunup, seçilecek seviye bina veya sahanın özelliklerine bağlı olarak değişmektedir (Anonim 26).



Şekil 4.24. SP3 yazılımından bir sismik tahmin için analiz örneği (Anonim 26)

Piyasaya sunulmaya hazır veya hazırlanan daha fazla makine öğrenimi temelli uygulamalar bulunmaktadır. İnşaat sahasında iş güvenliği için gözetleme, risk tahmini ve analizler yapan Newmetrix ürünleri hala satışıdır. Autodesk firmasının “Construction IQ” isimli yazılımı inşaat yönetimi ve inşaatteki riski azaltmaya dair Yapı Bilgi Modellemesi tabanlı çalışmalar yapmaktadır; ürün sayesinde inşaatteki birçok sorunun açığa çıktığı görülmüştür. İnşaat güvenliği ve verimliliği için optimizasyon çözümleri öneren Triax Teknolojileri internet sitesinde ürünlerinin satışını yapmaktadır (Anonim 27). Şehircilik alanında ise Sidewalk Labs isimli firmanın geliştirdiği “Delve” şehir planlamacılar için çevresel faktörleri göz önüne alıp tasarım fikirleri üreten bir yazılımdır. Web sitesi üzerinden ürünün pazarlaması yapılmaktadır (Anonim 28).

İnşaat temalı uygulamaların çoğunun aktif satış aşamasında olduğu görülmektedir. Bu durum inşaat ve yapım mühendisliğinin makine öğrenimi konusunda akademide olduğu gibi pratikte de diğer tasarım, yapım ve planlama alanlarından daha ileride olduğunu göstermektedir. Mimarlık alanında makine öğrenimi algoritmaları kullanılarak geliştirilen uygulamaların çoğunun henüz beta (geliştirme süreci içerisinde olan projeler) aşamasında testte olduğu ve bu alanların çoğunlukla bina performansı veya mimari tasarım ile ilgili olduğu da saptanmıştır. Disiplinler arası ortak temadaki yazılım olan Yapı Bilgi Modellemesi bu konudaki en aktif alanlardan biridir.

## 5. SONUÇLAR

20. yüzyılın ortalarında çıkan eleştirilerden sonra azalan ancak 1980'lere doğru devletlerin fonlamaları ve yatırımları ile yükselişi başlayan yapay zekâ araştırmaları, özellikle 21. yüzyılda çalışılan konular arasında öne çıkanlardan biri olmuştur. İnsanın bilişsel davranışlarını iyi bir performansla insan yapımı sistemlere yaptırabilmenin temel amaç olduğu yapay zekâ çalışmalarının günümüzde geldiği son aşaması makine öğrenimi olarak kabul edilmektedir. Makine öğreniminde sisteme yapılan işlemin amacı, çok sayıda veri ile -seçilen öğrenim sistemine bağlı olarak girdi ve çıktı veya sadece girdi verileri sayesinde- sistemi eğitebilmek, böylelikle makinenin öğrenmesini sağlayabilmektir. Bu şekilde sistem regresyon veya sınıflandırma algoritmaları sayesinde belli bir konuya dair çıkması yüksek ihtimalli sayısal veya kategorik tahminler yapabilir, sınıflandırılması gereken bir olayı gruplandırabilir, bir olguyu optimize edebilir veya ona dair ideal olanı bulabilir. Bu temel eylemleri birçok olay veya vaka üzerinde yapabilmesi sebebiyle yapay zekâda olduğu gibi makine öğrenmesinde de kullanılabilmesi alanların bir sınırı yoktur; sayısal veya sözel her alanda kullanılabilir.

Bu tez çalışmasının temel kapsamı olan tasarım, yapım ve planlama gibi alanlarda, özellikle teknik temalara dayalı makine öğrenimi kullanımının hem akademi hem iş hayatındaki yansımaları günümüzde açıkça görülebilmektedir. Daha çok mimarlık ile bağlantılı olan yaratıcılık kavramı için bile son beş yıldır makine öğrenimi ile tasarım alternatifini üretebilecek sistemler için çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Bu nedenle, bütün alanlarda olduğu gibi tasarım, yapım ve planlama literatüründe de yapay zekâ ve makine öğreniminin alanda kullanımını ve uyarlanmasını araştıran bilimsel çalışmalarda artış görülmektedir. Bu çalışmaların bibliyometrik analizi ile tasarım, yapım ve planlama alanlarındaki gelişimi, güncel durumu ve yönelimleri hakkında bilgi edinilmesi özellikle son 10 yıldır çok hızlı bir yükselişte olan makine öğrenimine dair araştırmaların geliştirilebilmesi ve geleceğe dair yorumlar yapılabilmesi için gereklidir. Nitekim bibliyometrik analiz bir alan için yapılmış bilimsel yayınların veri analizlerini yaparak o konu hakkında genel bir bakış açısı sunmaktadır. Hangi kaynağın etkin bir şekilde yayın çıkarttığı, hangi ülkenin veya kurumun aktif çalışmalar yaptığı, hangi yazarların yüksek atıflı ve sürekli olarak yayın yaptığı gibi sorular bibliyometrik analizle cevap bulabilir. Bu araştırmada da geniş kapsamlı mimarlık terimleri tabanında tasarım, yapım ve planlama alanlarından olan mimarlık, şehircilik ve inşaat konularında yapılan yayınların analizleri yapılmıştır. Bu kapsamda sırasıyla Web of Science ve Scopus veri tabanında belirlenen anahtar kelimelerle bahsedilen kategorik kapsamda veriler toplanmış, Rstudio yazılımında iki tarayıcıda aynı olan çalışmalar silinip tek bir dosya uzantısında birleştirilmiştir. Bilişim ve mimarlığın temel kavramlarının büyük benzerliğinden ötürü (strüktür, mimari, tasarım vb.) elde edilen dosya manuel olarak öncelikle başlıklarına bakılarak, gerektiğinde özetleri de okunarak tekrardan silme işlemi yapılmıştır. Bu aşamadan sonra bir Rstudio paketi olan Biblioshiny aracılığı ile son dosyanın analiz işlemleri yapılmıştır. Görsel analizler Biblioshiny'de çevrilerek VosViewer programından alınmıştır.

Yapay zekâ ve makine öğreniminin tasarım, yapım ve planlama literatüründeki durumunu inceleyen bu çalışma kapsamında 1992'den 2021'in ilk yarısına kadar olan dönemde yayınlanmış toplam 747 adet yayına ulaşılmıştır. Bu yayınların yarısından fazlası bilimsel makale, kalan yarısının çoğunluğu ise bildiridir; konuyla ilgili literatürde ayrıca iki adet de kitap bulunmaktadır. 747 adet yayına katkıda bulunan yazar sayısı en

az 2070'ken, dokümanların referans verdiği yayınların toplamı 29.983'tür. Yıllık yayınlar 2015 yılına kadar 20'nin altında seyrederken 2015 sonrası yükselişe başlamış, 2017'den sonra büyük bir sıçrayış yaşamıştır; her yıl da katlanarak artmaya devam etmektedir. Tasarım, yapım ve planlama alanlarında makine öğrenimi konusunun bu alanlar için yüksek potansiyeli olan yeni bir konu olduğu bu bilgilerden söylenebilir. Makine öğrenimi alanının bu disiplinler içerisindeki yeri detaylı analizlerde görülmüştür. Analiz sonuçlarının birbirilerini doğruladığını ölçebilmek ve paralelliklerini görebilmek amacıyla sırasıyla kaynak, ülke, kurum, yazar, doküman ve anahtar kelime analizi yapılmıştır.

Çalışmaların yayınlandığı kaynakların analizlerine göre, evrensel indeks (h, m ve g indeksi) ve diğer sayısal değerler ile birlikte yorumlandığında bu konuda en etkili dergi büyük denebilecek bir fark ile Automation in Construction dergisi çıkmıştır. Automation in Construction dergisi bir projenin tüm aşamalarına dair yayınlar içeren bir dergidir; bu sebeple tasarım, yapım ve planlama alanlarından belirli birine daha çok hizmet ettiği söylenemez. "h" ve "m" indeksine göre hesaplandığında 25 yıldır yayın yapmaktadır ve bu süreçte bünyesinde yayınladığı çalışmaların çoğu yüksek atıflı yayınlardır. Journal of Computing in Civil Engineering dergisi indeks, yayın sayısı ve atıf değerlerine göre ikinci en etkili dergi çıkmıştır. Çalışılan konuya dair ilk yayın yılları diğer dergilere kıyasla çok daha geç olan bina veya şehirlerde sürdürülebilirlik ve enerji temalı dergiler kısa sürede yüksek atıflar almıştır. Daha kapsamlı yorum yapabilmek için analizi yapılan dokümanların referans verdiği yayınların kaynaklarının ortak atıf analizi incelenmiştir. Görsel haritalanmadaki kümelenmelere göre akademik ilişkisi kuvvetli olan, kaynakça bölümünde birlikte atfedilen dergilerin ana temaları çoğunlukla yapı, malzeme, strüktür ve inşaat bazlı konulardır. Bu dergilerin tamamı haritada birbiri içerisine girmiştir. Bu durum çok sıkı olan akademik ilişkilerini gösterir. En sık birlikte atfedilen iki dergi, indekslere göre en etkili iki kaynak olan Automation in Construction ile Journal of Computing in Civil Engineering dergisidir. Yine yüksek atıflı ve yayın sayısı yüksek dergilerden enerji ve sürdürülebilirlik temalı dergiler, görsel haritalamada diğer inşaat tabanlı dergilerden uzak kalmıştır. En az kümelemede dahi bu temadaki dergilerin ayrılması, çalışılmış ve etkili konular olmalarına rağmen diğer dergilerle birlikte atfedilmediklerini ve diğer kaynaklarla zayıf bir ilişki içerisinde olduklarını gösterir.

En etkili kaynakların içerik ve ilişkilerinden sonra ülke-kurum bilgileri ile yazar-doküman paralelliği ölçülmüştür. Ülke ve kurumlar için dergilerin ortak atfında olduğu mantığına benzer şekilde veri değerleri ile görsel haritalanmadan yazar kapsamındaki iş birlikleri incelenmiştir. Sorumlu yazara göre en çok yayın yapılan ülke büyük bir fark ile ABD'dir; ikincisinin ise Çin'deki yazarlar olduğu görülmüştür. Yayın başına düşen ortalama atıflara göre en etkili yayınları Birleşik Krallık yapmaktadır. Ülkeler arasındaki yazarlar kapsamında iş birliğine bakıldığında ise bu etkili ülkelerin farklı ülkedeki yazarlarla yüksek oranda iş birliği yapmadığı tespit edilmiştir; en yüksek oran ABD ve Çin arasında bulunmaktadır. Ayrıca iş birliği yapan ülkelere ağ haritasından da bakıldığında, gelişmiş ülkelerin kendi içlerinde iş birliği yaptığı gözlenmektedir. Benzer şekilde kurumlara bakıldığında, yayın sayısı açısından Çin'de bulunan Hong Kong Politeknik Üniversitesi en çok çalışma çıkartan kurum olmuştur. İlk beşte bulunan Illinois Üniversitesi (ABD), Michigan Üniversitesi (ABD), Chongqing Üniversitesi (Çin) ve Carnegie Mellon Üniversitesinin (ABD) bulunduğu konumlara bakılınca etkili ülkeler analizi ile paralellik görülebilir. Yazarlar kapsamında iş birliğinde Hong Kong Politeknik

Üniversitesi en fazla farklı çeşitte kurumlarla çalışma yapan kurumdur. Ama Michigan Üniversitesi tasarım, yapım ve planlamada makine öğrenimi çalışmalarında en çok sayıda iş birliği yapan üniversite olmuştur. Bu durum da ülke analizi ile paralellliğini göstermektedir.

Etkili yazarların analizleri, konu kapsamındaki en önemli analizlerdendir; ülke ve kurum bilgileri ile birlikte önemli yazarların departmanlarını göstermekte ve çalıştığı konular hakkında bilgi vermektedir. İndekslere, atıf ve yayın sayısına bakıldığında, bu konudaki en etkili yazarın, Hong Kong Politeknik Üniversitesi İnşaat ve Gayrimenkul Departmanında akademisyen Heng Li olduğu tespit edilmiştir. Yine aynı değerler üzerinde sıralama yapıldığında, en etkili on yazarın tamamı inşaat mühendisidir. Buldukları üniversiteler ise çoğunlukla Amerika Birleşik Devletlerindeki üniversiteler olmak üzere, kurumlarla paralellığı incelenirse sadece Illinois ve Hong Kong Politeknik Üniversitesi bu listede bulunmaktadır. Bu yazarların çalıştıkları bilimlere ise optimizasyon, inşaat iş sağlığı ve güvenliği, inşaat bilişim, proje yönetiminde yapay zekâ gibi inşa bazlı makine öğrenimi temalarıdır. Mimarlık alanında etkili sorumlu yazar çıkmaması, çoğunlukla ortak yazarlı konulara dahil olması, mimarların makine öğrenimi konusunda diğer benzer disiplinlere kıyasla ne kadar geride olduğunu göstermektedir.

Analizi yapılan dosyada bulunan yayınların etkili yazarlarla bağlantıda olup olmadığı, bu yayınların hangi departmandaki yazarlar tarafından yapıldığı ve bu yayınların alıntılıdığı kaynakların içerikleri de makine öğreniminin tasarım, yapım ve planlama alanlarından hangileri ile güçlü bir akademik ilişkide olduğunu göstermektedir. En çok atıf alan yayın 2014 yılında bir mimarlık departmanından yayınlanmıştır ancak atıf sayısına göre sıralanan on yayından mimarlık departmanına ait olan tek dokümandır. Diğer dokuz yayının tamamı yapım veya inşaat mühendisliği departmanlarının yayınlarıdır. İçeriklerine bakıldığında, dördü çevre kontrolü, bina soğutma ve optimizasyon gibi enerji ile ilgili iken kalanının tamamı malzeme, inşaat zaman-maliyet problemi, inşaat işçisi verimliliği gibi inşaat temalı konulardır. Bu alanda da inşaat veya yapım mühendisliğinin makine öğrenimi çalışmaları içerisindeki baskınlığı görülmektedir. Analizlerin referans verdiği dokümanların içeriklerinde ise dikkat çeken durum sayısal olarak en çok referans edilen yayınların neredeyse tamamının temel makine öğrenimi terimleri, algoritmaları olmasıdır. Bu kaynakçadaki dokümanların, bu dosyadaki yayınlarca birlikte atfedilme durumuna haritalamadan bakıldığında merkez kümede temel terimlerin olduğu ve bu terimlerin diğer konularla güçlü bir akademik ilişkide olduğu tespit edilmiştir. Enerji temalı yayınlar burada da diğer yayınlara uzak kalması, izole bir konu olduğunu göstermektedir.

Makine öğrenimi ile ilgili tasarım, yapım ve planlamada konu eğilimlerini görmek için anahtar kelime analizi yapılmıştır. Bu alanda sık kullanılan kelimelerin konumlandığı düzlemler konuların günümüzdeki potansiyelini göstermektedir. En sık kullanılan kelimelerin çoğunluğu beklendiği üzere makine öğrenimi terimleridir. Bu alana dair temel tüm kavramlar ve iki temel algoritma ilk on anahtar kelime de görülmektedir. “Mimari tasarım” kavramının da sık geçen kelimeler arasında olması, anahtar kelime analizi haricindeki etki analizlerinde bu durumun gözlenmemesi, temanın potansiyelini ortaya koymaktadır. İlk on kelime içinde mimarlık alanına ait tek kavramın bu alanda olması ve geri kalan bilişim harici terimlerin beton ve inşaat sektörüne ait kelimeler olması, mimarlıkta bu konuya dair çalışmaların çoğunun mimari tasarım üzerinde yapıldığını göstermektedir. Bu anahtar kelimelerin yıllara göre kullanımları

incelendiğinde algoritma kavramlarının son yıllarda hızla artıyor olması, “yapay zekâ” kelimesinin ise azalışta olması makine öğrenimi alanının tasarım, yapım ve planlama alanlarında son yıllarda özelleştiğini gösterebilir. Ayrıca 2021 sonrası için ileri düzey teknolojik kavramların bu yayınlarda ortaya çıkışı da bu disiplinlerin makine öğrenimine dair iyi bir yolda olduğunun göstergesidir. Kelimelerin birlikte kullanılma ağ harita analizinde de yapay zekâ ve diğer kelimeler güçlü bağlantılar kurmamıştır. Bu durum da bilişim kavramlarının özelleşmesine yorulabilir. İnşaat malzemelerine dair kelimeler genellikle tahmin kavramları ile birlikte kullanılmıştır ve bu durum gerçek hayattaki veya akademik çalışmalardaki malzeme testleri ile örtüşmektedir. Yapı bilgi modellemesinin de mimari tasarım ile güçlü bir bağ kurması ve aynı grupta olması, mimarların makine öğrenimi kullanımına dair bir örnek olabilir.

Anahtar kelimelere ait tematik haritalar, konuların günümüz potansiyelini göstermektedir. Bu tema ile gelecekteki eğilimler tespit edilebilir. Hem şu anda önemli olan hem de konunun gelecekteki gelişiminde önemli rol oynayan motor konular makine öğrenimi, tahmin, öğrenim sistemleri ve algoritmaları, sinir ağları ve strüktür tasarımı ve inşaat sektörü ve proje yönetimi gibi konulardır. Bu konuların yapılan analizlerde de etkili konular olması eğilimin başka bir göstergesidir. Üzerinde çalışılmış ama diğer konularla akademik ilişkisi zayıf olan temalar sürdürülebilirlik ve enerji temalı konulardır. Bu olgu da diğer analizlerle doğrulanmıştır. Çoğu enerji yayınının yüksek atıflar alması, enerji temalı etkili dergilerden bu konulara dair yüksek sayıda yayınlar yapılması ama ağ haritalarında hep izole olması, bu temaların yakın disiplinlerden izole olduğunu gösterir. Optimizasyon, model ve tahmin gibi kelimelerin yorumu yeni kavramlar olmasına dayanabilir. Özellikle tahmin ve optimizasyon kavramları kelime gelişimlerinde de son yıllarda yükselişte olan temalar olarak çıkmıştır. Son olarak mimari tasarım, yapı bilgi modellemesi ve otomasyon gibi konular yüksek potansiyelli ve alanın gelişmesine katkıda bulunacak ancak yoğun çalışılmamış konulardır. Anahtar kelime analizi de inşaat sektörünün şu anda ve gelecekte makine öğrenimi konusunda en yüksek potansiyele sahip alan olduğunu doğrulamaktadır. İnşaat sektörü içerisinde ise “beton” veya “güçlendirilmiş beton” kavramı en etkin kelimelerdendir. Bu durum verilerin arasındaki ilişkiden de görülebilmektedir. Yapı bilgi modellemesi ile birlikte beton kavramı kurumlar ve kaynaklarca en sık kullanılan anahtar kelimeler olmuştur.

Tasarım, yapım ve planlamada makine öğrenimi konusunun bu disiplinlerce akademide kullanımına dair analizlere genel bir bakış atıldığında inşaat ve yapım mühendisliğinin, dergi, departman, yayın ve anahtar kelimeler gibi veriler açısından, her analizde baskın çıktığı görülmektedir. Mimarlık alanının bu bağlamda çok daha kısıtlı kaldığı, mimari tasarım çalışmalarından veya diğer alanlara ortak yazar olarak katılmaktan daha öteye gidemediği görülmektedir. Enerji ve sürdürülebilirlik ile ilgili yayınların bile çoğunlukla mimarlıkla bağdaşmasına rağmen diğer mühendislik alanlarınca çalışması da mimarlık disiplininin makine öğrenimi konusunda henüz ilerleyemediğini gösterir. Şehircilik ile ilgili disiplinler için de mimarlığa benzer bir durum bulunmaktadır. Dokümanların bulunduğu analizde oldukça kısıtlı sayıda şehircilik disiplinlere ait departmanlar bulunmaktadır; çalıştıkları konular çoğunlukla akıllı şehirler üzerine yoğunlaşmıştır. Bu disiplinlerin gerçek hayatta sektöre katkı olması için geliştirdikleri yazılımlara bakılınca, mimarlıktaki temel çalışmalar mimari tasarım veya tasarım sürecindeki performans optimizasyonudur. Mimari tasarım bazlı çalışmalar beta ya da deney aşamasındayken, bina performansı ile ilgili yazılımlar sektörde yerini almaya



başlamıştır. İnşaat ve yapım temaları akademide olduğu gibi sektörde de benzer disiplinler arasında öncüdür. Tahmin, test ve optimizasyon bazlı birçok uygulama geliştirilmiş ve piyasaya sunulmuştur.

Sonuç olarak inşaat ve yapım temaları akademide olduğu gibi sektörde de benzer disiplinler arasında öncüdür. Tahmin, test ve optimizasyon bazlı birçok uygulama geliştirilmiş ve piyasaya sunulmuştur. Sektör ve akademi birlikte düşünüldüğünde beton malzemesi başta olarak farklı malzeme tahminleri yapılmakta, yaralanma tahminleri gibi inşaatta güvenlik konuları işlenmekte veya inşaat işçileri ya da inşaat sektörünün durumu ile ilgili konular ön plana çıkmaktadır. Bu bağlamda referans analizine göre inşaat iş güvenliği, sektörün durumu gibi konular ile ilgili tahminler yapılırken destek vektör, rassal orman ve karar ağacı gibi algoritmalar kullanılabilen; bilgisayarla görü gibi metotlar uygulanabilmektedir. Konu sektörle birlikte incelendiğinde makine öğrenimine dair mimarlıktaki temel çalışmalar mimari tasarım veya tasarım sürecindeki performans optimizasyonudur. Enerji ile alakalı çalışmalar akademik yayınlarda ve sektörde bina enerji performansı analizleri yapma, tahmin etme veya idealini bulma/optimize etme gibi sorunların çözümünde kullanılır. Enerji ve sürdürülebilirlik dergileri diğer alanlara kıyasla daha geç çıkmasına rağmen hızlı bir yükseliştedir. Bu konuların ağ analizlerinde diğer kümelerden uzak kalması ve büyük dairelere sahip olması, bu alanın üzerinde çalışıldığını ve konunun bu alanda geliştiğini ama diğer konularla güçlü akademik ilişki kurmadığı için izole bir konu olduğunu gösterir. 2010'lara kadar öne çıkan anahtar kelimeler “inşaat mühendisliği”, “inşaat yönetimi”, “bilgi tabanlı sistemler” ve “uzman sistemler” iken son yıllarda yapılan çalışmalarda özellikle “tahmin” ve “beton ve betonarme türevleri” başta olmak üzere “mimari tasarım”, “öğrenim sistemleri”, “karar verme”, “sinir ağları” ve “yapım sektörü” anahtar kelimeleri ön plana çıkmaktadır. “Mimari tasarım”, “yapı bilgi modellemesi” mimarlık alanı için potansiyeli olan temalardandır. Etkili yayın yapan yazarların çoğu inşaat alanında özelleşmiş mühendislerken bu konularda toplamda en çok yayın Amerika Birleşik Devletleri ve Çin'den çıkmaktadır. Ne yazık ki bu çok güncel konuda en çok yayın yapan ülkeler sıralamasında ülkemiz sorumlu yazarın yayın sıklığına göre 14. sıradadır.

Açıklanan analiz bilgileri ışığında bu alanda çalışma yapmak isteyen bir araştırmacı benzer alanlar başta olmak üzere diğer disiplinlerle de entegre olacak şekilde, alanının gereksinimi doğrultusunda bina enerji performansı, inşaat sektörü – inşaat güvenliği, malzeme, mimari tasarım ve yapı bilgi modellemesi potansiyel temaları üzerinde çalışmalar yapabilir. Bu tez bir rehber olmanın yanı sıra, makine öğreniminin artık bütün alanlar için kolaylaştırıcı bir etmen olduğunu, makine öğrenimi algoritmalarının mimarlar ve mühendisler için tasarım, yapım ve planlama işlerinin her aşamasında zaman ve maliyet tasarrufu sağlayacağını, dünyada inşaat ve yapımın teknoloji ile olan hızlı ve etkili birleşiminin mimarlık ve şehircilikte de uygulanmaması için bir neden olmadığını göstermiştir.

## 6. KAYNAKLAR

- Anonim 1: <https://www.mediaclick.com.tr/tr/blog/endustri-4-0-nedir> [Son erişim tarihi: 17.05.2022].
- Anonim 2: <https://akademi40.org/makine-ogrenimi-tarihi> [Son erişim tarihi: 11.04.2022].
- Anonim 3: <https://veribilimcisi.com/2017/07/18/polinomsal-regresyon-polynomial-regression/> [Son erişim tarihi: 20.02.2022].
- Anonim 4: <https://www.datacamp.com/community/tutorials/decision-tree-classification-python> [Son erişim tarihi: 21.12.2021].
- Anonim 5: <https://www.datacamp.com/community/tutorials/random-forests-classifier-python> [Son erişim tarihi: 21.12.2021].
- Anonim 6: <https://www.sisasoft.com.tr/pekistirmeli-ogrenme/> [Son erişim tarihi: 21.12.2021].
- Anonim 7: <https://tr.newworldai.com/yapay-sinir-aglari-ve-klinik-arastirmalarda-kullanimi/yapay-sinir-aglari-7/> [Son erişim tarihi: 13.01.2022].
- Anonim 8: <https://www.turhost.com/blog/deep-learning-nedir/#serp> [Son erişim tarihi: 13.01.2022].
- Anonim 9: [https://www.youtube.com/watch?v=rVTThzwuhL8&list=PLQ45kJKYgpbmhyO9dIXe2ur2evFRQA5\\_U&index=4&ab\\_channel=ResearchHUB](https://www.youtube.com/watch?v=rVTThzwuhL8&list=PLQ45kJKYgpbmhyO9dIXe2ur2evFRQA5_U&index=4&ab_channel=ResearchHUB) [Son erişim tarihi: 15.01.2022].
- Anonim 10: <https://www.kampusula.com/h-indeksi-i10-indeksi-g-indeksi/#4-m-indeksi-m-quotient-> [Son erişim tarihi: 28.01.2022].
- Anonim 11: <https://research.polyu.edu.hk/en/persons/heng-li> [Son erişim tarihi: 28.01.2022].
- Anonim 12: <https://www.researchgate.net/profile/Heng-Li-5> [Son erişim tarihi: 28.01.2022].
- Anonim 13: [https://faculty.utah.edu/u6013686-Abbas\\_Rashidi/hm/index.html](https://faculty.utah.edu/u6013686-Abbas_Rashidi/hm/index.html) [Son erişim tarihi: 28.01.2022].
- Anonim 14: [https://scholar.google.com/citations?user=u\\_ble2QAAAAJ&hl=en](https://scholar.google.com/citations?user=u_ble2QAAAAJ&hl=en) [Son erişim tarihi: 28.01.2022].
- Anonim 15: <https://www.researchgate.net/profile/Nhat-Duc-Hoang> [Son erişim tarihi: 28.01.2022].
- Anonim 16: <https://cee.illinois.edu/directory/profile/mgolpar> [Son erişim tarihi: 28.01.2022].
- Anonim 17: <https://www.researchgate.net/profile/Mani-Golparvar-Fard> [Son erişim tarihi: 28.01.2022].
- Anonim 18: <https://cee.illinois.edu/directory/profile/gohary> [Son erişim tarihi: 30.01.2022].
- Anonim 19: <https://ce.gatech.edu/node/6252> [Son erişim tarihi: 30.01.2022].
- Anonim 20: <https://scholar.google.com/citations?user=EVC47ZUAAAAJ&hl=en> [Son

- erişim tarihi: 30.01.2022].
- Anonim 21: <https://www.plymouth.ac.uk/staff/pieter-de-wilde> [Son erişim tarihi: 30.01.2022].
- Anonim 22: <http://fa.bianp.net/pages/about.html> [Son erişim tarihi: 15.04.2022].
- Anonim 23: <https://techcrunch.com/2020/10/14/pitching-tech-to-optimize-building-design-for-sustainability-atlanta-based-cove-tool-raises-5-7-million/> [Son erişim tarihi: 15.05.2022].
- Anonim 24: <https://www.archdaily.com/929300/can-a-machine-perform-the-work-of-an-architect-a-chat-with-jesper-wallgren-founder-at-finch-3d> [Son erişim tarihi: 15.05.2022].
- Anonim 25: <https://redshift.autodesk.com.tr/mimarligin-gelecegi/> [Son erişim tarihi: 15.05.2022].
- Anonim 26: <https://sp3risk.com/> [Son erişim tarihi: 16.05.2022].
- Anonim 27: <https://theconstructor.org/artificial-intelligence/machine-learning-applications-construction/553770/> [Son erişim tarihi: 23.05.2022].
- Anonim 28: <https://www.sidewalklabs.com/products/delve> [Son erişim tarihi: 23.05.2022].
- Anonim 29: <https://www.journals.elsevier.com/automation-in-construction> [Son erişim tarihi: 27.11.2021].
- Anonim 30: <https://ascelibrary.org/page/jccee5/editorialboard> [Son erişim tarihi: 27.11.2021].
- Anonim 31: <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-cleaner-production/about/aims-and-scope> [Son erişim tarihi: 27.11.2021].
- Anonim 32: <https://www.journals.elsevier.com/sustainable-cities-and-society> [Son erişim tarihi: 27.11.2021].
- Anonim 33: <https://www.journals.elsevier.com/expert-systems-with-applications> [Son erişim tarihi: 27.11.2021].
- Anonim 34: <https://www.journals.elsevier.com/energy-and-buildings> [Son erişim tarihi: 27.11.2021].
- Adalı, E. (2016). Doğal Dil İşleme. *Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi*, 5(2).
- Al, U. (2008). Bilimsel Yayınların Değerlendirilmesi: H-endeksi ve Türkiye'nin Performansı. *Bilgi Dünyası*, (9)2: 263-285.
- Albayrak, A. S., & Yılmaz, Ş. K. (2009). Veri Madenciliği: Karar Ağacı Algoritmaları ve IMKB Verileri Üzerine Bir Uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(1): 31-52.
- Alpaydın, E. (2014). Introduction to Machine Learning Third Edition. Londra: The MIT Press.

- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Biblioshiny: Bibliometrix for No Coders. Bibliometrix: <https://bibliometrix.org/biblioshiny/assets/player/KeynoteDHTMLPlayer.html#0> [Son Erişim Tarihi: 25.05.2022]
- Atalay, M., & Çelik, E. (2017). Büyük Veri Analizinde Yapay Zeka ve Makine Öğrenmesi Uygulamaları. *Mehmet Akif Eroy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(22): 155-172.
- Atan, S. (2020). KNN, Naive Bayes ve Karar Ağacı Makine Öğrenme Algoritmaları, Bu Algoritmaların Sosyal Bilimlerde Kullanım İmkânları. *Open Science Framework*.
- Ay, Ş. (2019). Ensemble Learning — Bagging ve Boosting. <https://medium.com/deep-learning-turkiye/ensemble-learning-bagging-ve-boosting-50643428b22b> [Son erişim tarihi: 20.04.2022].
- Biswas, B., Sultana, Z., Priovashini, C., Ahsan, M. N., & Mallick, B. (2021). The Emergence of Residential Satisfaction Studies in Social Research: A Bibliometric Analysis. *Habitat International*, 109: 1-12.
- Bonci, A., Clini, P., Martin-Talaverano, R., & Pirani, M. (2018). Collaborative intelligence Cyber-Physical System for The Valorization and Re-use of Cultural Heritage. *Journal of Information Technology in Construction*, (23): 305-323.
- Bozöyük, T., Gökçe, İ., Yağcı, C., & Akar, G. (2005). Yapay Zeka Teknolojilerinin Endüstrideki Uygulamaları. *Marmara Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Elektrik Programı*. 1-67
- Brownlee, J. (2016). Master Machine Learning Algorithms Discover How They Work and Implement Them From Scratch. *Machine Learning Mastery*.
- Çalış, A., Kayapınar, S., & Çetinyokuş, T. (2014). Veri Madenciliğinde Karar Ağacı Algoritmaları ile Bilgisayar ve İnternet Güvenliği Üzerine Bir Uygulama. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 25(3-4): 2-19.
- Choi, J., Gu, B., Chin, S., & Lee, J.-S. (2020). Machine Learning Predictive Model Based on National Data for Fatal Accidents of Construction Workers. *Automation in Construction*, 110: 1-14.
- Chou, J.-S., Chiu, C.-K., Farfoura, M., & Altaharwa, I. (2011). Optimizing the Prediction Accuracy of Concrete Compressive Strength Based on a Comparison of Data Mining Techniques. *Journal of Computing in Civil Engineering* 25(3): 242-253.
- Cobo, M., Jürgens, B., Herrero-Solana, V., Martínez, M., & E.Herrera-Viedma. (2018). Industry 4.0: A Perspective Based on Bibliometric Analysis. *Procedia Computer Science*, 139: 364-371.
- Çolak, B., Durdağ, Z., & Erdoğan, P. (2016). K-Means Algoritması ile Otomatik Kümeleme. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 3(2): 315-323.
- deWilde, P. (2014). The Gap Between Predicted and Measured Energy Performance of Buildings: A Framework for Investigation. *Automation In Construction* (41): 40–49.
- Doğan, F., & Türkoğlu, İ. (2019). Derin Öğrenme Modelleri ve Uygulama Alanlarına İlişkin Bir Derleme. *DÜMF Mühendislik Dergisi* 10(2):409-445.

- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How To Conduct A Bibliometric Analysis: An Overview And Guidelines. *Journal of Business Research*(133): 285-296.
- Dönbak, E. (2020). Kültür ve Turizm Araştırmalarının Bilim Haritalama Teknikleri ile Bibliyometrik Analizi. *Journal of Travel and Tourism Research*, 17: 52-78.
- Eisenhower, B., O'Neill, Z., Narayanan, S., Fonoberov, V., & Mezic, I. (2012). A Methodology for Meta-model Based Optimization in Building Energy Models. *Energy and Buildings*, 47: 292-301.
- Erdoğan, G. (2021). Yapay Zekâ ve Hukukuna Genel Bir Bakış. *Adalet Dergisi*, 66: 117-192.
- Eremenko, K., & Ponteves, H. d. (2022). Machine Learning A-Z™: Hands-On Python & R In Data Science. Udey: <https://www.udemy.com/course/machinelearning/#reviews> [Son erişim tarihi: 15.02.2022].
- Fernandes, E. C., Fitzgerald, B., Brown, L., & Borsato, M. (2019). Machine Learning and Process Mining Applied to Process Optimization: Bibliometric and Systemic Analysis. *Procedia Manufacturing*, 38: 84-91.
- Géron, A. (2019). Hands-on Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems. *O'Reilly Media*: 1-483
- Gökkurt, Ö. (1994). Bibliyometri (Bibliometrics), Enformetri (Informetrics), Bilimetri (Scientometrics) ve Librametri (librametrics). *Prof. Dr. Berin U. Yurdadoğ'a Armağan*. Türk Kütüphaneciler Derneği. Ankara: 54-59
- Guo, Y.-M., Huang, Z.-L., Guo, J., Li, H., Guo, X.-R., & Nkeli, M. (2019). Bibliometric Analysis on Smart Cities Research. *Sustainability*: 11(3):1-18.
- Gültekin, B., & Doğan, G. (2021). İnşaat Mühendisliğinde Yapay Zekâ Çalışmaları. *İleri Mühendislik Çalışmaları ve Teknolojileri Dergisi*, 2(2), 17-138.
- Hebb, D. (1949). *The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory*. New York.
- Hu, M., & Milner, D. (2020). Visualizing The Research of Embodied Energy and Environmental Impact Research in The Building and Construction Field: A Bibliometric Analysis. *Developments in the Built Environment*, 3: 1-14.
- Jain, K. (2015). Machine Learning Basics for A Newbie. <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2015/06/machine-learning-basics/> [Son erişim tarihi: 15.04.2022].
- Kaygın, E., Zengin, Y., & Topçuoğlu, E. (2019). Endüstri 4.0'a Akademik Bakış. *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 33(4): 1065-1081.
- Keskin, M. V. (2019). Ağaca Dayalı Yöntemlerde Bagging ve Boosting Arasında ne Fark var? Veri Bilimi Okulu. <https://www.veribilimiokulu.com/agaca-dayali-yontemlerde-bagging-ve-boosting-arasinda-ne-fark-var/> [Son erişim tarihi: 15.05.2022].

- Kılınc, D., Borandağ, E., Yücalar, F., Tunalı, V., Şimşek, M., & Özçift, A. (2016). KNN Algoritması ve R Dili ile Metin Madenciliği Kullanılarak Bilimsel Makale Tasnif. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 3: 89-94.
- Korkmaz, E., & Tektaş, N. (2019). Türkiye'de Ekonometri Alanında Yapılmış Tezlerin Bibliyometrik Analizi (2016-2019). *II. International Conference on Empirical Economics and Social Sciences (ICEESS' 19)*. Bandırma: 581-589.
- Kwak, Y., Park, C., & Deal, B. (2020). Discerning the Success of Sustainable Planning: A Comparative Analysis of Urban Heat Island Dynamics in Korean New Towns. *Sustainable Cities and Society*.
- Li, H., Cao, J.-N., & Love, P. (1999). Using Machine Learning And GA To Solve Time-Cost Trade-Off Problems. *Journal Of Construction Engineering and Management* 125: 347-353.
- Maleki, F., Ovens, K., Najafian, K., Forghani, B., Reinhold, C., & Forghani, R. (2020). Overview of Machine Learning Part 1: Fundamentals and Classic Approaches. *Neuroimaging Clinics of North America*, 30(4): 17-32.
- Mishra, M., Bhatia, A. S., & Maity, D. (2020). Predicting The Compressive Strength of Unreinforced Brick Masonry Using Machine Learning Techniques Validated on A Case Study of A Museum Through Nondestructive Testing. *Journal of Civil Structural Health Monitoring*, 10(3): 389–403.
- Mohri, M., Rostamizadeh, A., & Talwalkar, A. (2018). Foundations of Machine Learning Second Edition. London, England. Second Edition. *The MIT Press*: 1-486
- Neapolitan, R., & Jiang, X. (2018). Artificial Intelligence With an Introduction to Machine Learning. Second Edition. *CRC Press*:
- Omran, B. A., Chen, Q., & Jin, R. (2016). Comparison of Data Mining Techniques for Predicting Compressive Strength of Environmentally Friendly Concrete. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 30(5): 1-13.
- Omran, H., Chang, R., Soebarto, V., Zhang, Y., Ghaffarianhoseini, A., & Zuo, J. (2022). A Bibliometric Review of Net Zero Energy Building Research 1995–2022. *Energy and Buildings*, 262.
- Özdemir, M., & Selçuk, S. A. (2021). Mimarlıkta Makine Öğrenmesi: Bibliyometrik Bir Analiz. *Online Journal of Art and Design*, 9(4): 194-207.
- Özinönü, K. (1970). Growth in Turkish Positive Basic Sciences, 1933-1966. ODTÜ Fen - Edebiyat Fakültesi Yayını: Ankara.
- Öztürk, K., & Şahin, M. (2018). Yapay Sinir Ağları ve Yapay Zekâ'ya Genel Bir Bakış. *Takvim-i Vekayi*, 6(2): 25-36.
- Paterson, G., Mumovic, D., Das, P., & Kimpian, J. (2017). Energy Use Predictions with Machine Learning During Architectural Concept Design. *Science and Technology for the Built Environment*, 23(5), 1-13.
- Pereira, F., & Borysov, S. (2019). Chapter 2 - Machine Learning Fundamentals. Mobility Patterns, Big Data and Transport Analytics. Tools and Applications for Modeling: 9-29.

- Pritchard, A. (1969). Statistical Bibliography or Bibliometrics? *Journal of Documentation*, 25(4), 348-349.
- Romero, L., & Portillo-Salido, E. (2019). Trends in Sigma-1 Receptor Research: A 25-Year Bibliometric Analysis. *Frontiers in Pharmacology*, 10: 1-17.
- Shalev-Shwartz, S., & Ben-David, S. (2014). Understanding Machine Learning From Theory to Algorithms. Cambridge University Press.
- Shukla, A. K., Janmajaya, M., Abraham, A., & Muhuri, P. K. (2019). Engineering applications of artificial intelligence: A bibliometric analysis of 30 years (1988–2018). *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 85: 517-532.
- Şeker, A., Diri, B., & Balık, H. (2017). Derin Öğrenme Yöntemleri ve Uygulamaları Hakkında Bir İnceleme. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(3): 47-64.
- Şeker, S. E. (2012). İstatistiksel Normalleştirme (Statistical Normalisation). Bilgiyar Kavramları: <https://bilgisayarkavramlari.com/2012/01/29/istatistiksel-normallestirme-statistical-normalisation/#:~:text=%C4%B0statistiksel%20normalle%C5%9Ftirme%2C%20%20%3%B6zellikle%2C%20veri%20madencili%C4%9Fi,bir%20d%C3%BCzen%20i%C3%A7erisinde%20ele%20almakt%C4%B1r.> [Son erişim tarihi: 15.05.2022].
- Şeker, S. E. (2018). Python ile Makine Öğrenmesi. [https://www.udemy.com/course/makine-ogrenmesi/] [Son erişim tarihi: 20.04.2022].
- Şentürk, A. (2006). Veri madenciliği: Kavram ve Teknikler. Bursa: Ekin Basın Yayın.
- Tamke, M., Nicholas, P., & Zwierzycki, M. (2018). Machine Learning for Architectural Design: Practices and Infrastructure. *International Journal of Architectural Computing*, 16(2), 123-143.
- Thai, H.-T. (2022). Machine Learning for Structural Engineering: A State-Of-The-Art Review. *Structure*, 35: 448-491.
- Tsigkari, M., Tarabishy, S., & Kosicki, M. (2021). Towards Artificial Intelligence in Architecture: How Machine Learning Can Change The Way We Approach Design. Foster and Partners. [https://www.fosterandpartners.com/plus/towards-artificial-intelligence-in-architecture/] [Son erişim tarihi: 10.05.2022].
- Tüfekçi, M., & Karpat, F. (2019). Derin Öğrenme Mimarilerinden Konvolüsyonel Sınır Ağları (CNN) Üzerinde Görüntü İşleme-Sınıflandırma Kabiliyetinin Arttırılmasına Yönelik Yapılan Çalışmaların İncelenmesi. *International Congress on Human-Computer Interaction Optimization and Robotic Applications*. Nevşehir. HORA2019: 28-31.
- Ülgen, E. K. (2021). Hiyerarşik Kümeleme. Veri Bilimi Okulu: <https://www.veribilimiokulu.com/hiyerarsik-kumeleme/> [Son Erişim Tarihi: 25.05.2022]
- Vijipriya, J., Ashok, J., & Suppiah, S. (2016). A Review of Significance of Sub Fields in Artificial Intelligence. *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*, 6(3): 542-548.

- Wang, H., Pan, Y., & Luo, X. (2019). Integration of BIM and GIS in Sustainable Built Environment: A Review and Bibliometric Analysis. *Automation in Construction*, 103: 41-52.
- Wehle, H.-D. (2017). Machine Learning, Deep Learning, and AI: What's the Difference? *Data Scientist Innovation Day*: 1-5
- Yıldırım, Y. (2018). Destek Vektör Regresyonu ve Destek Vektör Makineleri. Yavuz Blog. <https://yavuz.github.io/destek-vektor-regresyonu-ve-makineleri/> [Son erişim tarihi: 07.01.2022].
- Zan, B. U. (2012). Türkiye’de Bilim Dallarında Karşılaştırmalı Bibliyometrik Analiz Çalışması. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Bilgi ve Belge Yönetimi Anabilim Dalı.
- Zan, B. U. (2019). Doğrudan Atıf, Ortak Atıf ve Bibliyografik Eşleşme Yaklaşımlarına Dayalı Olarak Araştırma Alanlarının Değerlendirilmesi. *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*: 501-516.
- Zhang, J., Li, D., & Wang, Y. (2020). Toward Intelligent Construction: Prediction of Mechanical Properties of Manufactured Sand Concrete Using Tree Based Models. *Journal of Cleaner Production* 258: 1-12.
- Zhang, J., Yu, Q., Zheng, F., Long, C., Lu, Z., & Duan, Z. (2016). Comparing Keywords Plus of WOS and Author Keywords: A Case Study of Patient Adherence Research. *Journal of The Association for Information Science And Technology*, 64(4): 967-972.




## 7. EKLER

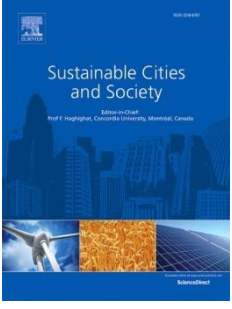
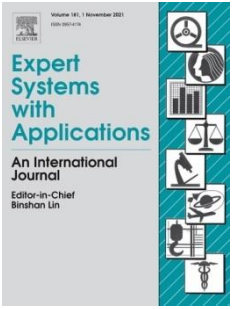
### EK-1. Alana ait önemli dergiler hakkında bilgi

Dergi Kapağı	Dergi İsmi	Açıklaması
	<p>Automation in Construction (ISSN: 0926-5805)</p>	<p>Elsevier firması bünyesinde olan uluslararası dergi, 1992 yılından bu zamana, temelde tasarım ve mühendislik alanlarında yayın yapmaktadır. İnşaat ve tasarımdaki ilk süreç olan planlama sürecinden, söküm sürecine kadar olan bütün döngünün tüm aşamalarında, bilgi teknolojilerinin, inşaat teknolojileri, tasarım, mühendislik ve şantiye tesislerindeki yönetim ve bakımda kullanımıyla ilgili hakemli yayınlar yapmaktadır. Yapay zekânın bütün dallarını kullanarak bilgisayar destekli tasarım, mühendislik, modelleme, sınıflandırma, yönetim bilgi sistemleri gibi birçok alanda çalışmalara yer vermektedir. Dergi “Education in Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe), International Association for Automation and Robotics in Construction (IAARC), International Council for Research and Innovation in Building and Construction (C.I.B.)” kuruluşları tarafından desteklenmektedir. Genel yayın yönetmeni, inşaat ve çevre mühendisi Prof. Miroslaw J. Skibniewski olan derginin hakemli belge başına alınmış olan ortalama alıntı skoru (4 yıllık atıf sayılarına göre hesaplanan skor) 12’dir (Anonim 29). Analizi yapılan belgeler içerisinde Automation in Construction dergisinden yayınlanmış en yüksek atıflı yayın, bütün belge içerisinde de totalde en çok atıf alan çalışma olan (420 atıf), Pieter de Wilde’nin 2014 yılında yayınladığı “The Gap Between Predicted and Measured Energy Performance Of Buildings: A Framework for Investigation” yayındır (EK-2).</p>


**EK-1.** Alana ait önemli dergiler hakkında bilgi

	<p>Journal of Computing in Civil Engineering (ISSN: 0887-3801)</p>	<p>Bir inşaat mühendisliği veri tabanı olan ASCE Kütüphanesinden çevirim içi olarak ulaşılabilen Journal of Computing in Civil Engineering dergisi inşaat mühendisliğindeki bilişim alanında, öğrenci, araştırmacı ve gerçek hayatta uygulamak isteyen kişiler için önemli bir kaynak oluşturmaktadır. 1987’den günümüze yayın yapan dergi, yapay zekâ teknolojisinin bütün alt dallarını disiplinler arası kullanarak inşaat mühendisliği temelinde yayın yapmaktadır (Anonim 30). Bu derginin analiz edilen belgeler içerisinde çıkardığı en yüksek atıflı çalışması 118 atıfla Jui-Sheng Chou, Chien-Kuo Chiu, Mahmoud Farfoura ve Ismail Al-Taharwa’nın 2011 yılında yazdığı “Optimizing the Prediction Accuracy of Concrete Compressive Strength Based on a Comparison of Data-Mining Techniques” yayınıdır (EK-2).</p>
	<p>Journal of Cleaner Production (ISSN: 0959-6526)</p>	<p>Elsevier firması bünyesinde olan disiplinler arası bu dergi atık üretimini önleme amacı taşıyan Temiz Üretim (Cleaner Production) kavramıyla birlikte, çevresel ve sürdürülebilir çalışmalara odaklanan bir dergidir. Sürdürülebilir çevre ve ürünlerden, sürdürülebilirlik için mevzuat ve politikaya kadar birçok çevresel konuyla ilgilenmektedir. 1993 yılında yayın yapmaya başlayan derginin ortalama alıntı skoru 13.1’dir (Anonim 31). Journal of Cleaner Production dergisinde tasarım, yapım ve planlamada makine öğrenimi alanında yayınlanmış en yüksek atıflı çalışma 21 atıfla Junfei Zhang, Dong Li ve Yuhang Wang’ın 2020 yılında yayınladığı “Toward Intelligent Construction: Prediction of Mechanical Properties of Manufactured Sand Concrete Using Tree Based Models” isimli yayınıdır (EK-2).</p>


**EK-1.** Alana ait önemli dergiler hakkında bilgi

	<p><b>Sustainable Cities and Society Journal</b> (ISSN: 2210-6707)</p>	<p>Elsevier firması bünyesinde 2011’den bu zamana çalışma yayınlayan dergi, sürdürülebilir çevre ve esnek şehirler tasarlamayı, anlamayı ve teşvik etmeyi amaçlayan ve bunu uygulamalı araştırmalarla yapan uluslararası çok disiplinli bir dergidir. Sustainable Cities and Society dergisi akıllı şehirler başta olmak üzere, şehirlerin hava kalitesinin izlenmesi ve iyileştirilmesi, enerji verimli, yeşil binalar, akıllı altyapı gibi birçok sürdürülebilir kent konusunda çok detaylı ve uygulamalı çalışmalar yapmaktadır. Ortalama alıntı skoru 10.7 olan derginin yeni bir dergi olmasına karşı hızlı bir yükseliş gösterdiği gözlemlenmektedir (Anonim 32).</p>
	<p><b>Expert Systems with Applications</b> (ISSN: 0957-4174)</p>	<p>Elsevier firması bünyesinde olan ve 1990 yılından günümüze yayın yapan ve ortalama alıntı puanı 12.7 olan dergi, temelde akıllı sistemler üzerinde çalışmalar yayınlamaktadır. Finans, pazarlama, hukuk ve birçok mühendislik dalı gibi çok çeşitli disiplinlerde yayın yapan dergi, yapı alanında da proje yönetimi, risk değerlendirmesi gibi konularda da akıllı sistemlerin tasarlanması, uygulanması ve geliştirilmesi tabanında önemli yayınlar yapmıştır (Anonim 33). Analizi yapılan belgeler içinde bu dergide yayınlanmış bir çalışma bulunmaktadır; bu çalışma Yıldız Teknik Üniversitesi ve Orta Doğu Teknik Üniversitesi akademisyenleri Ozan Okudan, Cenk Budayan ve İrem Dikmen’in yaptığı “A Knowledge-Based Risk Management Tool for Construction Projects Using Case-Based Reasoning” isimli çalışmadır.</p>

**EK-1.** Alana ait önemli dergiler hakkında bilgi

	<p>Energy and Buildings (ISSN: 0378-7788)</p>	<p>Elsevier firması bünyesinde olan ve yayın hayatına 1977’de başlayan dergi, binalardaki enerji kullanımı ile ilgili çalışmalar yapmakta; binada enerji kullanımını azaltma, iç mekân kalitesini artırma gibi amaçlarla güncel çalışmalar yapıp uygulama önerileri sunmaktadır. Bina enerji talebi, havalandırma çeşitleri, binalarda yenilenebilir kaynak uygulamaları, ısı kazanımı için sistemler, yapı fiziği, enerji verimli bina tasarımı gibi çok çeşitli konu başlıkları altında, önemli çalışmalar ortaya koyan bir dergidir (Anonim 34). Analiz edilen dosyada bu dergide yayın yapan toplam 17 çalışma bulunmaktadır ve bu yayınların çoğu yüksek atıf almış çalışmalardır. Bunlardan en yükseği 147 atıfla Bryan Eisenhower, Zheng O’Neill , Satish Narayananb, Vladimir A. Fonoberovc ve Igor Mezic’ adlı yazarların yazdığı “A Methodology for Meta-Model Based Optimization in Building Energy Models” isimli çalışmadır (EK-2).</p>
---	---	--

**EK-2.** Alanda yayınlanmış önemli çalışmaların içerikleri

Makale Kapağı	Makale İsmi	İçeriği
	<p>The Gap Between Predicted and Measured Energy Performance of Buildings: A Framework for Investigation</p>	<p>Bu çalışma, bina enerji performansının, uygulama öncesi ve sonrası ölçümleri arasındaki farkı inceleyen bir araştırmadır. Yazar konuya dair derinlemesine literatür taraması yaptıktan sonra üç farklı boşluğu tasnif edecek tipoloji geliştirmiştir. “Performans açığı/boşluğu” (performance gap) olarak geçen fark kavramının üç türü: ilk varsayımlar ve ölçümler arasındaki fark, makine öğrenimi ve ölçümler arasındaki fark ve tahminler ve enerji sertifikasındaki sonuçlar arasındaki fark olarak geçmektedir. Yazar, performans açığını kapatmanın yolunun, tahmin doğruluğunu yükseltmek ve bunun için gelişmiş ve koordineli bir yaklaşımla modellerin kombinasyonunu sağlayıp, geniş bir veri kümesinin elde edilmesinden geçtiğini belirtmektedir (deWilde 2014).</p>

**EK-2.** Alanda yayınlanmış önemli çalışmaların içerikleri

	<p>Optimizing the Prediction Accuracy of Concrete Compressive Strength Based on a Comparison of Data-Mining Techniques</p>	<p>Yapılan bu çalışma, yüksek performanslı basınç dayanımı tahmininin optimize edilmesinde veri madenciliği tekniklerinin karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Modelleme dinamiği oldukça zorlayıcı olan yüksek performanslı betonun basınç dayanımının sayısal analizi için beş farklı veri madenciliği yöntemi kullanılmıştır; destek vektör makineleri, yapay sinir ağları (ANNs), çoklu regresyon, MART ve BRT. California Üniversitesi makine öğrenimi havuzundan deneyim için alınan 1030 örnek veri 10 sete ayrılmış, dokuzu eğitim verisi olarak, onuncusu test verisi olarak kullanılmıştır. Yapılan prosedür test verilerinin her seferinde değiştirilmesi ile 10 kere tekrarlanmıştır. En iyi performansı gösteren modelin seçilmesinde R2, RMSE, MAPE indeksleri ve eğitim süresi ölçütleri baz alınmış, analiz sonucunda MART R2 ve RMSE indeksine göre en doğru sonucu verirken; MAPE indeksine göre görünmeyen verilerin tahmininde en iyi iki model destek vektör makinesi ve ANNs olurken, ANNs en kötü eğitim süresi performansını göstermiştir. Çoklu regresyon modeli en kısa sürede öğrenmesine nazaran en kötü doğruluk performansını göstermiş; bunların sonucunda totale bakıldığında tahmin doğruluğu, öğrenme süresi ve aşırı öğrenmeden (overfitting) kaçınmada en güvenilir modelin MART olduğu tespit edilmiştir (Chou vd. 2011).</p>
---	--	--

**EK-2.** Alanda yayınlanmış önemli çalışmaların içerikleri


	<p>Toward Intelligent Construction: Prediction of Mechanical Properties of Manufactured Sand Concrete Using Tree Based Models</p>	<p>2020 yılının başında yayınlanan bu çalışma çok yüksek oranda beton üretimi sonucunda, üretimde kullanılan nehir kumlarının tükenmesinin birçok çevre sorununa sebep olması sorununa çözüm olarak atık depolarında üretilen kumların beton üretiminde kullanılmasını sağlamak için ağaç tabanlı makine öğrenimi algoritmalarından yararlanarak, üretilen betonun tek eksenli basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı gibi mekanik özelliklerinin tahminlerini yapmıştır. Önceki kaynakların verileri kullanılarak eğitilen modeller; Regresyon ağacı, rassal ağaç ve gradyan artırma regresyon ağacı algoritmalarıdır. Tek eksenli basınç dayanımı ve çekme dayanımı tahmininde üç modelin de yüksek doğrulukta sonuç verdiği bu çalışmada en yüksek korelasyon katsayılarına gradyan artırma regresyon ağacı tarafından ulaşılmış; önceki kaynaklardaki veri sonuçlarına kıyasla artış gözlenmiştir. Sonuçlar, bu iki mekanik özelliğin kürlenme süresine yüksek duyarlılıkta olduğunu göstermekte ve ileride yapılacak çalışmalar için tahmin modellerinin geliştirilmesi ve farklı modellerle karşılaştırmalı teknikler de eklenerek bu şekilde üretilen kumun en yüksek verimde elde edilmesinin sağlanmasını önermektedir (Zhang vd. 2020).</p>
---	---	--

**EK-2.** Alanda yayınlanmış önemli çalışmaların içerikleri

	<p>A Methodology for Meta-Model Based Optimization in Building Energy Models</p>	<p>Yapılan çalışmanın temel amacı, örnek tasarımlardan ve farklı senaryolardan geliştirilen bir meta model ile çeşitli yazılımlarla enerji tüketiminin ölçüldüğü bina enerji modellemesinde optimizasyon için bir yaklaşım sunmaktır. Meta modelin oluşturulması ile birçok farklı fonksiyonun veya optimizasyon algoritmalarının üzerinde tekrarlayan ve zaman alan simülasyonlar olmadan çalışılabilmektedir. Ayrıca çalışmada geliştirilen metotla geleneksel yöntemler de karşılaştırılmıştır.</p> <p>Optimizasyon için geliştirilen model üzerinden yapılan analizlerde hangi verilerin konfor ve enerji tüketiminde büyük etkisinin olduğu incelenmiş; gelecekte yapılacak olan yayınlar içinse konfor ve tüketimi de etkileyen maliyet fonksiyonunu da analizlerdeki gerçekçi etkisini görebilmek için gerçek hayat ile geliştirilen modeldeki miktar arasındaki farkı en aza indirgeyecek şekilde türetilmesi doğrultusunda önerilerde bulunmuştur (Eisenhower vd. 2012).</p>
---	--	---



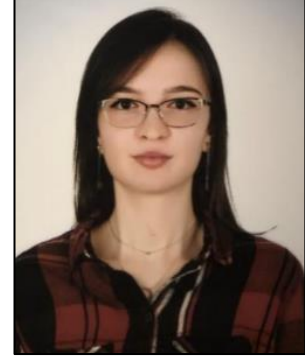
**EK-2.** Alanda yayınlanmış önemli çalışmaların içerikleri

	<p>Using Machine Learning and GA To Solve Time-Cost Trade-Off Problems</p>	<p>Journal of Construction Engineering and Management dergisinde 1999 yılında yayınlanan bu çalışmada, zaman-maliyet değiş-tokuş dengesi (Time-Cost Trade-Off) problemlerinin çözümü için makine öğrenimi ve genetik algoritma kullanılmıştır. Zaman-maliyet değiş tokuş dengesi, bir inşaatın tamamlanması gereken sıralı görevlerinde doğru ekipman, metot, teknoloji gibi uygun kaynakların seçimine dayanıp bu projenin gerekli sürede minimum maliyetle sonlandırılması problemi. Bu sorunun çözümü için önceden geliştirilmiş olan genetik algoritmaların sadece doğrusal eğriler oluşturma problemleri gibi sınırlarından kaynaklı, bu çalışma yöntemi geliştirmek için genetik algoritmaları (GA) makine öğrenimi ile birleştiren bir bilgisayar sistemi geliştirmişlerdir. Makine öğrenimi zaman-maliyet ikinci dereceden oluşturur; doğruluğunu ölçer. Tecrübeli proje yöneticisinin çözümleri ile dahi kıyaslandığında geliştirilen bu yöntemin zaman-maliyet değiş-tokuş dengesi problemlerini daha iyi çözdüğü yapılan araştırmalar sonucunda görülmüştür (Li vd. 1999).</p>
---	--	---

## ÖZGEÇMİŞ

HATİCE HAZAL EMSEN

hazalemsen@gmail.com



### ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2018-2022	Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2014-2018	Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Antalya

### ESERLER

#### Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1- Emsen, H. H. ve Örmecioğlu, H. T. (2020). Üniversite Kütüphanelerinin Mekânsal Tasarımının Kullanıcı Üzerindeki Etkisine İlişkin İstatistiksel Bir Çalışma: Akdeniz Üniversitesi Merkez Kütüphanesi Örneği. *Türk Kütüphaneciliği Dergisi*, 34 (2):187-207. DOI: 10.24146/tk.696331

#### Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1- Emsen, H. H. ve Örmecioğlu, H. T. (2019). Değişime Uyum Sağlamak: Akademik Kütüphanelerde Esnek Tasarım. *5. Uluslararası Mühendislik, Mimarlık ve Tasarım Kongresi*. Tam Metin Kitabı, 997-1006.