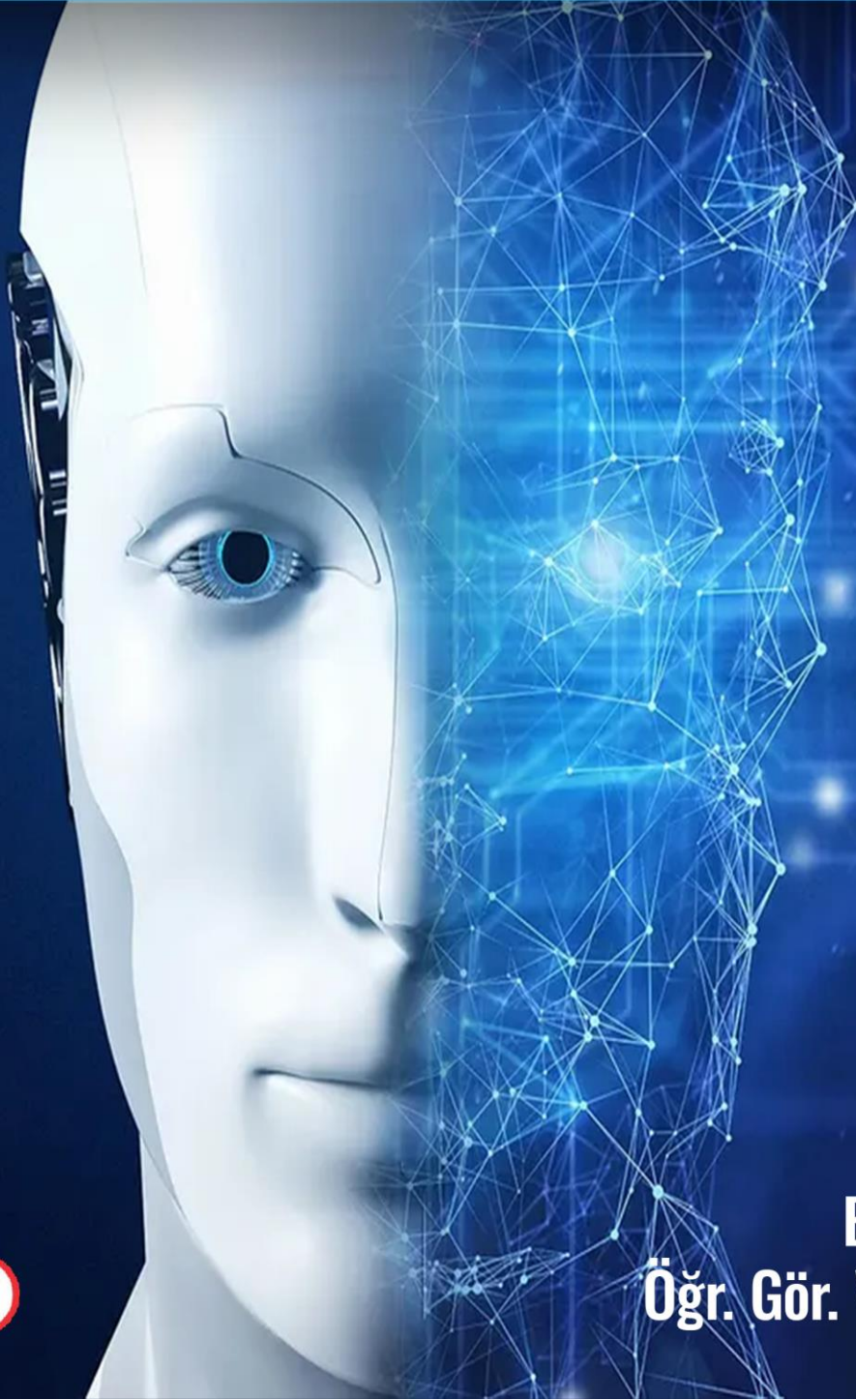


YAPAY ZEKA

UYGULAMALARINDA

GÜNCEL KONULAR VE ARAŞTIRMALAR-2



Editör
Öğr. Gör. Volkan ÇAVUŞ



YAPAY ZEKA

UYGULAMALARINDA

GÜNCEL KONULAR VE ARAŞTIRMALAR-2

EDİTÖR

Öğr. Gör. Volkan ÇAVUŞ

ÇİZGİ
KİTAP E Vİ

BÖLÜM YAZARLARI

Doç. Dr. Rıza BAYRAK
Dr. Öğr. Üyesi Ayşe CİLACI TOMBUŞ
Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül ÇAKIR ŞENCAN
Dr. Öğr. Üyesi Cenk GEZEGİN
Dr. Öğr. Üyesi Hasan DİRİK
Dr. Öğr. Üyesi Yavuz ÜNAL
Öğr. Gör. Ahmet SAĞLAM
Öğr. Gör. Salih DAĞLI
Öğr. Gör. Yakup İRİM
Arş. Gör. Ayhan ŞAVKLIYILDIZ
Tuğrul AKTAŞ

Akademik unvan ve harf sırası gözetilerek sıralanmıştır.

Bu kitapta yer alan her bölümün tüm sorumluluğu (görseller, tablolar, çizelgeler, çizimler, grafikler, direkt alıntılar, etik/kurum izni vb.) yazarlara aittir.

Herhangi hukuki bir olumsuzlukta Çizgi Kitabevi Yayınları ve kitap editörü hiçbir konuda bir yükümlülük ve hukuki sorumluluğu kabul etmez, hukuki yükümlülük altına alınamaz. Her türlü hukuki yükümlülük ve sorumluluk ilgili bölüm yazar(lar)ına aittir.

Çok bölümlü/yazarlı olan bu kitap maddi bir değer ile alınıp satılamaz. Kitapta yer alan bilgiler alıntı yapılmak ve ilgili alıntıya atıf yapılmak koşulu ile kaynak gösterilmek üzere bilimsel ya da ilgili araştırmacılar tarafından kullanılabilir.

ÇİZGİ
K İ T A B E V İ

Çizgi Kitabevi Yayınları (e-kitap)
Eğitim Bilim

Genel Yayın Yönetmeni
Mahmut Arlı

©Çizgi Kitabevi
Aralık 2022

ISBN: 978-605-196-912-1
Yayıncı Sertifika No: 52493

KÜTÜPHANE BİLGİ KARTI
- Cataloging in Publication Data (CIP) -
EDİTÖR
ÇAVUŞ, Volkan
YAPAY ZEKA UYGULAMALARINDA
GÜNCEL KONULAR VE ARAŞTIRMALAR-2

Sayfa Düzeni ve Kapak Tasarımı
Ozsum Academy
Tel: +90 541 191 57 41

Baskıya Hazırlık: Çizgi Kitabevi Yayınları
Tel: 0332 353 62 65- 66

ÇİZGİ KİTABEVİ

Sahibiata Mah. Alemdar Mah.
M. Muzaffer Cad. No:41/1 Çatalçeşme Sk. No:42/2
Meram/**Konya** Çağaloğlu/**İstanbul**
(0332) 353 62 65 - 66 - (0212) 514 82 93
www.cizgikitabevi.com
f t i / cizgikitabevi

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	iv
ÖNSÖZ	v
BÖLÜM 1: TURİZM SEKTÖRÜNDE METİN MADENCİLİĞİ <i>Tuğrul AKTAŞ & Ayşe CİLACI TOMBUŞ</i>	1-16
BÖLÜM 2: BİLGİSAYAR PROGRAMCILIĞI ÖĞRENCİLERİNİN PROGRAMLAMA ÖZ YETERLİLİKLERİNİN BULANIK MANTIK YÖNTEMİ İLE ÖLÇÜLMESİ <i>Ahmet SAĞLAM & Yavuz ÜNAL</i>	17-35
BÖLÜM 3: YAPAY ZEKÂ VE KİMYA UYGULAMALARI <i>Rıza BAYRAK</i>	36-53
BÖLÜM 4: ELEKTRİK GÜÇ SİSTEMLERİNDE OPTİMAL GÜÇ AKIŞI PROBLEMLERİ VE YAPAY ZEKÂ TABANLI ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ <i>Hasan DİRİK & Cenk GEZEGİN</i>	54-82
BÖLÜM 5: MEDİKAL GÖRÜNTÜLERDE YAPAY ZEKA UYGULAMALARI İLE HASTALIK TEŞHİSLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ <i>Yakup İRİM, Ayhan ŞAVKLIYILDIZ & Salih DAĞLI</i>	83-106
BÖLÜM 6: GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİĞİNİN TAHRİBATSIZ MUAYENE ALANINDA TATBİKİ <i>Ayşegül ÇAKIR ŞENCAN</i>	107-135

Bölüme ulaşmak için:



ÖNSÖZ

Yapay zeka, makinelerin insan beyni gibi çalışmasını destekleyen bir bilgisayar bilimi alanıdır. 1956 yılında John McCarthy tarafından ilk kez kullanılan yapay zeka terimi, geleneksel hesaplama teknikleri kullanılarak açığa kavuşturulması zor olan konuları ele almak için kullanılmaktadır. Yapay zeka teknolojisindeki hızlı gelişmeler ve çeşitlilik, endüstrilerin ve işletmelerin performansını ciddi oranda artırmıştır. Herhangi bir problemi çözmede yapay zeka tekniklerinin özü, veriler arasındaki işlevsel ilişkilerin yakalanması için kendilerine sunulan veri girdileri ve çıktıları örnekleriyle öğrenmektir. Bu nedenle, yapay zeka modelleri, bir sistemi yöneten yapı ve parametreleri belirlemek için veriye dayalı modellerdir. Yapay zeka uygulamaları pek çok alanda etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

Bu kitap birincisini 2021 yılında yayımladığımız kitabımızın ikincisi olup son zamanlarda yapay zeka uygulamalarında geline noktaıı vurgulamak için güncel konular ve araştırmalar üzerine odaklanmaktadır. “YAPAY ZEKA UYGULAMALARINDA GÜNCEL KONULAR VE ARAŞTIRMALAR-2” adlı kitapta farklı alanlarından bilim insanlarının yapay zeka uygulamaları üzerine yürüttükleri çok değerli çalışmalar bulunmaktadır. Kitap 6 farklı bölümden oluşmaktadır.

Emeği geçen bölüm yazarlarına teşekkür eder, kitabımızın okuyucular için verimli olması ve alana katkı sağlamasını temenni ederim.

Saygılarımla...

Editör

Öğr. Gör. Volkan ÇAVUŞ
Aralık 2022

BÖLÜM

1

TURİZM SEKTÖRÜNDE METİN MADENCİLİĞİ

Tuğrul AKTAŞ

Doktora Öğrencisi, Maltepe Üniversitesi, Türkiye

E-posta: tugrulaktas@gmail.com

 0000-0002-2018-8181

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe CİLACI TOMBUŞ

Maltepe Üniversitesi, Türkiye

E-posta: aysetombus@maltepe.edu.tr

 0000-0002-0556-7482

ATIF: Aktaş, T., Cilacı Tombuş, A (2021). Turizm Sektöründe Metin Madenciliği. Volkan ÇAVUŞ (Ed.), *Yapay Zeka Uygulamalarında Güncel Konular ve Araştırmalar-2* içinde (ss. 1-16). Konya, Çizgi Kitabevi Yayınları.

- BÖLÜM 1 -

TURİZM SEKTÖRÜNDE METİN MADENCİLİĞİ

Tuğrul AKTAŞ

*Doktora Öğrencisi, Maltepe Üniversitesi, Türkiye
E-posta: tugrulaktas@gmail.com*

 0000-0002-2018-8181

Ayşe CİLACI TOMBUŞ

*Dr. Öğr. Üyesi, Maltepe Üniversitesi, Türkiye
E-posta: aysetombus@maltepe.edu.tr*

 0000-0002-0556-7482

GİRİŞ

İşletmenlerin uzun dönemde rekabet ortamında hayatta kalabilmeleri için ortalamanın üzerinde performansa sahip olmaları gerekmektedir. İşletmelerin performanslarını yüksek düzeyde tutabilmeleri için önemli şartlardan biride müşterilerin tükettikleri ürün/hizmetlerden memnuniyet düzeyinin bilinmesi ve memnun olunmayan özelliklerin ve beklentilerinin iyileştirilerek karşılanabilmesinden geçmektedir. Aynı zamanda örgüt ekonomisi içinde yer aldıkları rakiplerin müşterilere sundukları ürün ve hizmetlerin değerlendirilerek kendi imkanları ve gerçekleride göz önüne alarak stratejik planlamalar yapması gerekmektedir.

İletmeler tüketicilere sundukları ürün ve hizmetlerin memnuniyet düzeylerini çeşitli tekniklerle ölçmektedir. Özellikle yapılandırılmış ölçme araçlarının kullanıldığı yöntemler pek çok işletmenin başvurduğu bir yöntemdir. Teknolojik iletişim araçlarının kullanımının artması, müşterilerin deneyimlerini çeşitli ortamlarda (bloglar, değerlendirme siteleri, açık paylaşım siteleri...) farklı veri türleriyle (ses, video, metin, emoji...) paylaşmasına yol açmıştır. Farklı veri türlerinin ve çok büyük hacimde verilerin dijital ortamda paylaşımsız büyük veri olarak adlandırılan yapılandırılmamış verilerin doğmasına neden olmuştur. Klasik olarak bilinen ölçme araçları ile bu veri türlerinin analiz edilmesi oldukça zordur. Büyük hacimli yapılandırılmamış veya yarı yapılandırılmış verilerin analizi için teknolojinin etkin kullanılması, Büyük Veri (Big Data) analitik çözümlerini doğurmuştur.

Turizm sektöründeki paylaşımlar da büyük verinin içinde hatırı sayılır bir paya sahiptir. Müşterilerin deneyimlerini çeşitli dijital ortamlarda paylaşması, bu

paylaşımlardan yola çıkarak yeni müşterilerin tüketecekleri mal ve hizmetlere yön vermesi söz konusudur. Devasa büyüklükteki bu verilerin doğru şekilde kullanılması hem müşteriler hem hizmet sağlayan işletmeler için önemli bir kaynaktır. Özellikle müşterilerin deneyiminin analitik yöntemlerle analiz edilmesi, anlamsız bir veri yığınının anlamlı bir bilgi üretimini ortaya çıkarmaktadır. Bu anlamlı veriler üzerine işletmeler kendilerinin ve rakiplerinin üstün ve zayıf yönlerini, gelecekteki tehdit ve fırsatları daha doğru olarak görebilirler. Bu sayede stratejilerini belirlerken büyük veriden yararlanarak daha doğru planlamalar yapabilirler.

Büyük Veri (Big Data)

Büyük veri, Doug Laney'in 2001 yılında kavram olarak tanımlanmasıyla literatürde kendine yer bulmuştur. Bu tanımda verinin hacim, hız ve çeşitliği üzerine üç parametresini ortaya koymuştur (Mariani, 2019, s.300). Özellikle sosyal medyadan elde edilen metinsel ifadeler, fotoğraf ve video gibi medya verileri, günlükler ve benzeri yüksek hacim ve veri türündeki dosyaların işlenebilir bir tipe sokulmuş hali büyük veri olarak tanımlanmaktadır (Kudyba, 2014: s.3).

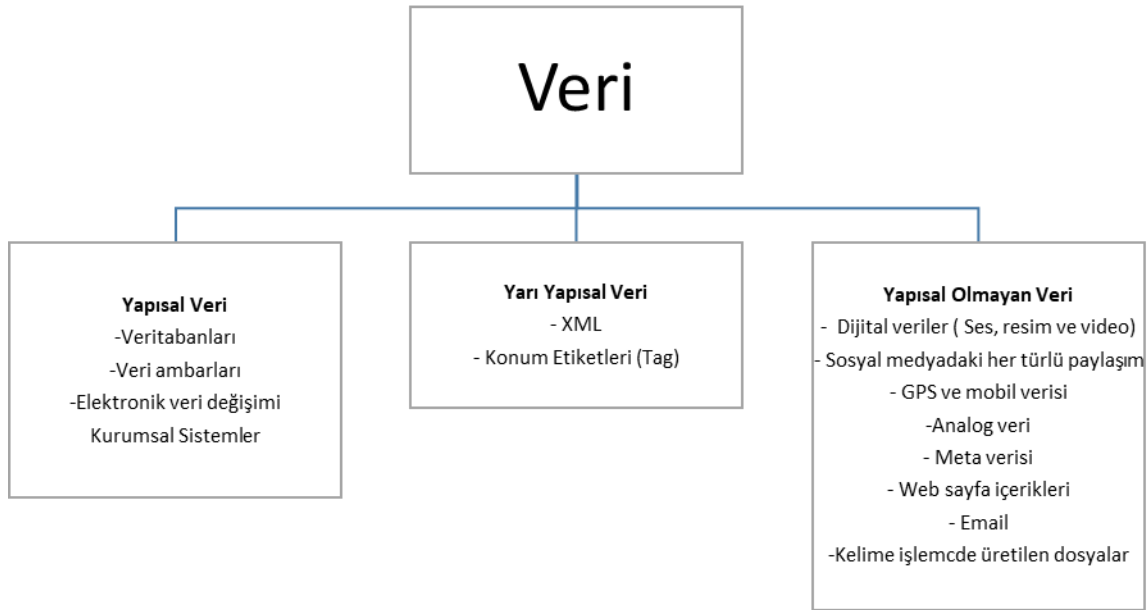
Çeşitli kurum, kuruluş ve işletmeler amaçları doğrultusunda farklı veri türlerini depolamaktadır (Dolgun, Özdemir & Oğuz, 2009, s.48). Bu verilerden anlamlı bir bilgi çıkarmak ve özetlemek için veri madenciliği teknikleri kullanılmaktadır (Mayer-Schönberger & Cukier, 2013, s.16). Bu teknikler sayesinde, verinin içindeki saklı olan bilgiler keşfedilebilmekte, bu sayede çeşitli bilim alanlarında yeni keşifler yapılabilmekte, tıp biliminde hastalığa sebep olan nedenlerin bulunması ve olası tedavi çeşitleri ve sonuçları hakkında bilgiler edinilebilmekte, işletme biliminde işletmelerin rekabet ortamında hayatta kalabilmeleri için yatırım, yenilik, karar verme gibi süreçlerde alternatifler koyulabilmektedir (Bramer, 2007, s.2). Veri madenciliği ile veriler, biçimsel açıdan yeni bir boyut kazanarak hayati öneme sahip "değer" oluşturulabilmekte, işletmelerin ürettikleri mal ve hizmetlerde yenilik yapılmasını sağlayabilmektedir. (Mayer-Schönberger ve Cukier, 2013, s.11- 13).

İşletmelerde, yeni iş modellerinin oluşturulmasında büyük veri önemli bir role sahiptir. Yirminci yüzyılın başlarında "değer" olarak fabrikalar ve fiziksel varlıklar ön plana çıkarken zamanla bu "değer" kendini fikri mülkiyet hakkına bırakmıştır. Günümüzde ise yeni bir evrilme gerçekleşmiş ve "değer" artık veri olarak kabul edilmektedir (Mayer-Schönberger & Cukier, 2013, s.23). İşletmeler, müşterilerin bakış açılarıyla kendilerinin ve ürettikleri mal ve hizmetlerin nasıl görüldüğünü büyük verilerin analizi sonucunda elde ederek kullanabilmektedir. (Wilkinson, 2018, s.166). Müşterilerin dijital dünyada yapmış

olduğu her bir eylem onların daha iyi anlaşılabilmesi için önemli bir veri kaynağıdır ve bu veriler müşterilerin doğal yaşamından doğrudan temin edilmektedir (Blossom & Alex, 2018, s.221-222). Temin edilen bu verilerin doğrudan herhangi bir anlamı yokken, bunların çeşitli analizlerle ile kategorize edilmesi, işletmelerin bunlardan bilgi üretmesine bu da işletmenin rekabet ortamında yenilikler yaparak öne çıkmasını sağlamaktadır (Ghasemaghaei & Calic, 2020, s.158).

Büyük Veri Türleri

Büyük veri üç farklı türde sınıflandırılır (Şekil 1). Bunlar; yapılandırılmış, yapılandırılmamış ve yarı yapılandırılmış şeklinde adlandırılır.



Şekil 1: Veri Türleri

Kaynak: (Esen ve Türkay, 2017, s.95)

Teknolojinin ilerlemesi, makinelerin hızının artmasına buda iletilen verilerin çeşitliliğini ve verilerin kapasitesinin artmasına sebep olmuştur. Farklı kaynaklardan (insan/makine) çeşitli türdeki (yapılandırılmış, yarı yapılandırılmış, yapılandırılmamış) temin edilen veriler büyük verinin “çeşitlilik” boyutunu ifade ederken, verinin “hız” boyutunu onun gerçek/statik zamanlı üretilme biçimi, üretilen ve saklanan veri miktarı ise onun “hacim”, boyutunu ifade etmektedir. Verinin iletilmesi esnasındaki kayıpsız ve hatasız yönü ise “doğrulama” boyutunu ifade etmektedir (Chen vd, 2014, s.5, Cavanillas, Curry & Wahlster, 2016, s.8).

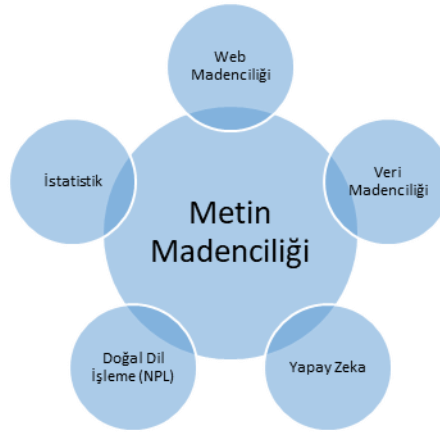
“Büyük veri”nin ana konusunu, verilerin kategorize edilerek saklandığı veritabanları ile, tedarfik zinciri yönetimi, müşteri ilişkileri gibi sisemlerin modellenmiş verilerinden ziyade, herhangi bir kategoriye ayrılmayarak organize edilmemiş veriler yani yapısal olmayan verilerdir(Esen ve Türkay, 2017, s.94).

Kısaca, veri madenciliğinde büyük veriler kullanılarak tahmin, sınıflama, özetleme ve verilerden farklı örüntüler çıkarılır. Bunlar analiz edilmeden önce doğru modelleme bilinmez, ancak analiz sonucunda doğru model keşfedilir (Shapoval vd., 2018, s.3).

Metin Madenciliği (Text Mining)

Metin madenciliği, düzensiz metinleri dijital formatta düzenleme ve nitelikli bilgi çıkarma işlemidir. Metin madenciliğinde verilerden bilgi keşfi yapmak olarak da ifade edilir (Delen ve Crossland, 2008, s.1710). Dijital ortamlardaki metinsel verilerin faydalı bilgilere dönüştürülme süreci metin madenciliğinin ana görevidir. Ancak web ortamlarındaki bu devası verilerin elde edilmesi (kazınması) ve bunların işlemlere tabi tutularak bilgiye dönüştürülmesi süreci oldukça meşakkatlidir. Ayrıca geleneksel bilgi sistemleri ve analiz yöntemleri ile bu işlemleri gerçekleştirerek kaliteli bilgi edinmek imkansıza yakındır (Özen, 2021, s.3).

Metin madenciliğinde birçok disiplinle ortak işlemler yürütülmektedir. Şekil 2’de genel bir ilişki türü gösterilmektedir.



Şekil 2: Metin Madenciliğinin Diğer Disiplinlerle İlişkisi

Kaynak: Ozen, 2021, s.5

Metin madenciliği birçok disiplin ile metin sınıflandırma, metin kümeleme, konu çıkarma, duygu analizi yöntemlerini kullanır (Li vd., 2019i).

Metin Sınıflandırma: Sınıflandırma, verilerin girdi ve çıktılarına göre otomatik olarak kategorize edilmesidir. Bu denetimli öğrenme yöntemidir. Metinsel veriler içerikleri baz alınarak önceden tanımlanmamış sınıflara ayrılır. Sınıflandırma süreci genel

olarak, verilerin ön işleme tabi tutulması, onların indekslenmesi, boyutsal açıdan indirgenmesi ve nihayetinde sınıflandırılması adımlarından oluşur (Lodhi vd., 2002 s.420). Sınıflandırmanın amacı, sınıflandırıcıyı bilinen örnekler temelinde eğitmek ve ardından bilinmeyen örnekleri otomatik olarak kategorize etmektir. En fazla Naif Bayes Sınıflandırıcı, En Yakın Komşu Sınıflandırıcı, Karar Ağacı ve Destek Vektör Makineleri gibi istatistiksel sınıflandırma teknikleri, metinsel verileri kategorileştirmekte kullanılır (Gaikwad vd, 2014. s.44).

Metin Kümeleme: Metinsel verilerin kendi aralarındaki benzerlikleri dikkate alarak onların önceden belirlenen herhangi bir kategori olmadan gruplanma işlemidir (Beil vd, 2002, s.437).

Konu Çıkarma: Büyük ölçekli metin verilerinden metni yazan kişinin konularını veya görüşlerini çıkarmak için kullanılır. Bu yöntem karar vericiye bazı bilgiler verir ve ilişkili duyguları tanımlamaya yardımcı olur (Feng vd., 2021, s.850).

Duygu Analizi: Duygu Analizi (SA), Fikir Madenciliği (OM) ve Öznellik Analizi kavramları genellikle eşanlı olarak kullanılır. SA, belirli bir konu, hizmet veya ürün hakkındaki fikir/düşünce/görüşlerin tarafsız, olumlu veya olumsuz olup olmadığını bulmak için metin cümlelerinde belirtilen görüşleri kategorilere ayırmak için hesaplama modellerini kullanan bir tekniktir (Abdalla, 2021, s.5).

Tüketici Davranışları

Tüketici, “kişisel ihtiyaç ve isteklerini karşılamak adına pazarlama bileşenlerini satın alan ya da satın alma gücüne sahip kişilerdir” (Karabulut, 1989, s.15). Olgun (2015, s.492) tüketici davranışlarını; “istek ve ihtiyaçlarını gidermek için fikir, deneyim, ürün ya da hizmetleri seçen, onları satın alan, kullanan ve daha sonra bunları elden çıkaran tüketicilerin davranışları” olarak anılmaktadır. Tüketici davranışları, satın alma karar süreci, ihtiyaç hissetme, alternatif belirleme, değerlendirme ve karar verme olarak dört aşamadan meydana gelmektedir (Kotler ve Armstrong, 2012, s.152). İhtiyacı ortaya çıkan tüketici bu aşamada seçenekleri araştıracağından daha fazla bilgiye ihtiyaç duyacaktır. Elde edilen bilgiler, ihtiyacı karşılayacak olan alternatifleri ortaya koyacaktır (Kotler ve Armstrong, 2012, s.153). İhtiyacı gidermek için belirlediği alternatiflerin değerlendirmesini yapacaktır. Müşterilerin deneyimleri, herhangi bir markaya yönelik bilgi ve tutumlar bu aşamada önemli derecede rol oynar. Nihai olarak tüketici bu değerlendirmeden sonra kararını vermiş ve satın almayı gerçekleştirmiş olacaktır (Mucuk, 2014, s.83). Tüketicinin gerçekleştirmesinden sonra beklenen durum ve gerçekleşen durum karşılaştırması yapılır. Eğer tüketicinin ürün veya hizmetten beklediği performans, ürün

veya hizmetin sunduğu fayda kadar ise tüketici tatmin olurken, sunulan fayda beklediği performansı sağlamıyorsa tüketici tatmin olmamıştır (Altunışık vd., 2017, s. 140).

Dijital çağ olarak adlandırılan günümüzde, bilgisayar gibi dijital bilgi ve iletişim aygıtlarını milyonlarca insan, bilgi kaynağı olarak görmekte ve bunları kullanmaktadır. Bilgisayar, tablet, cep telefonları gibi pek çok aygıt ile interneti bilgi edinimi için kullanmaktadır. Bu bilgi edinim şekli insanlarda alışkanlık haline dönüşmüştür. Ayrıca önemli bir kitle bu aygıt ve ortamları kullanarak kendi içeriklerini oluşturmakta ve diğer kullanıcılar ile paylaşmaktadır (Barlow ve Moller, 2009, s.227). Üretilen içerikler, birçok sosyal medya mecrasında, bilgi paylaşım sitelerinde ve etkileşim uygulamalarında diğer kullanıcılara katkı sağlamaktadır. İçeriklerin üretildiği uygulama ve platformların çokluğu nedeniyle de veri tipleri çeşitlenmektedir. Müşteriler, gezdikleri yerleri, gerçekleştirdiği seyahatleri ve konakladıkları işletmeleri değerlendirmekte, eleştirilerini ve önerilerini kullandıkları platform ve uygulamalar vasıtasıyla diğer kişilerle paylaşmaktadır. Veri iletim hızının artması, internet sitelerinin içeriklerini etkilediği gibi, müşterilerin profillerini de etkileyerek yeni müşteri türlerinin oluşmasına neden olmuştur (Eryılmaz ve Zengin, 2014, s.149).

Turizm işletmeleri, kullanıcıların oluşturduğu bu içerikten faydalanarak internet ortamındaki çeşitli platformlardan tanıtım ve pazarlama faaliyetlerini yapmaktadır. Diğer kanallara göre internet ortamındaki platformlar, müşterilerin işletmeler tarafından daha iyi anlanmasını ve iletilmek istenen bilgilerin hedef kitleye daha hızlı yayılmasını daha az maliyetle yapma olanağı sağlamaktadır (Esen ve Türkay, 2017, s.99).

Turizm sektöründe yapılan araştırmalara bakıldığında (Xiany vd. 2016, Gong vd., 2016, Park vd. 2016, Mariani vd., 2016, Choi vd., 2017, Arıcı, 2018) müşterilerin tatil planlamasında çevrimiçi yorumları dikkate aldığı, bu yüzden işletmelerin çevrimiçi yorumlara göre strateji belirlemeleri ve faaliyetlerini düzenlenmeleri gerektiği vurgulanmıştır.

Veri Madenciliğinin Turizm Sektöründe Kullanılması:

Müşterilerin internet platformunda oluşturdukları içerikte, onların tükettikleri herhangi bir mal ve hizmet hakkında şikâyetleri azımsanmayacak kadar fazladır. Bu şikâyetler işletmeler için değerli verilerdir. Çünkü bu şikâyetler onların karşılanmayan beklentilerini göstergesidir. Bu içerikten yola çıkarak, işletmeler müşterileri ile yeniden bağlantıya geçebilir ve hatalarını telafi edebilirler. Üstelik gelecekteki hatalarını önlemek için süreçlerinde iyileştirme yapabilirler. Müşterilerin olumsuz yorumları ve şikâyetleri

de işletme için iyileştirme süreçleriyle onların memnuniyetini sağlama ve sadık hale getirme fırsatı olarak görülmektedir (Barlow ve Moller, 2009, s.38).

Yeni müşterileri türü, satın aldıkları ürün veya hizmetlerle ilgili olumlu veya olumsuz düşüncelerini paylaşarak, potansiyel müşterilere fikir verme isteğiyle içerik oluştururlar (Marangoz vd., 2012, s.64). Müşterilerin tükettikleri mal veya hizmetler hakkında olumlu yorumları, diğer kullanıcıların için güvenilir bilgi olarak görülmektedir. Turizm işletmesi özelinde bu tip müşteriler markanın imajına pozitif etki ettiğinden bağımsız bir marka elçisi olarak görülür (Özer, 2009, s.63).

Turizm sektöründe dijital ortamda yapılandırılmış, yarı yapılandırılmış ve yapılandırılmamış olarak üç farklı veri türü vardır. Stok kontrol, muhasebe, müşteri ilişkileri ve bilgilendirilme, sipariş sistemi, yiyecek-içecek hizmetleri gibi birimlerde yapılandırılmış veriler, işletmelerin sosyal medya içerikleri, çeşitli aygıtlar için geliştirdikleri uygulamalar, konum bilgisi ve internet sitelerinden elde edilen yarı yapılandırılmış-yapılandırılmamış veriler, müşterilerin ihtiyaçlarının planlanması işletme faaliyetlerinin sürdürülmesi ve optimize edilmesi, özellikle rekabet stratejilerinin geliştirilmesi yönüyle önemli bir avantaj sağlamaktadır. Büyük veri sayesinde müşterilerin istek ve ihtiyaçlarının belirlenmesi, onların davranışlarının izlenmesi ve ölçülmesini de kolaylaştırmaktadır. Müşterilerin seyahat öncesi yapmış oldukları aramalar ve web trafiği değerli bilgileri içermektedir. Ayrıca seyahatleri esnasında paylaştıkları her türlü paylaşımlarda, hizmet sonrası paylaştıkları yorumlar da işletmeler açısından değerli verilerdir. İşletmeler bu verilerden planlama, iyileştirme ve operasyonel süreçlerin geliştirmesinde yararlanırlar (Esen ve Türkay, 2017, s.107).

Turizm sektörü, bilgi ve iletişim teknolojilerinden doğrudan etkilenecek diğer birçok sektör gibi önemli derecede dönüşüm geçirmektedir. Bu dönüşümün en belirgin özelliği işletmelerin küresel pazarda oyuncu haline dönmesidir. Küresel çapta artan talebe bağlı olarak müşteriler daha farklı lokasyonlardan gelmekte ve farklı beklentiler içinde olabilmektedir. Bu beklentilerin karşılanması için işletmeler bilgi ve iletişim teknolojilerini daha etkin kullanarak stratejik yönetim alanında dönüşüm gerçekleştirmeye çalışmaktadır (Law, Buhalis ve Cobanoglu, 2014, s.728).

Seyahat planı yapan müşteriler, daha önce bu deneyimi yaşamış müşterilerin paylaşımlarını dikkate almaktadırlar. Bu deneyimleri özellikle arayarak bulurlar ve ön bilgi edinirler ve seyahat planını edindiği bilgilerle şekillendirebilmektedir (Pertheban vd., 2020, s.2-3). Müşteriler bilgi ve iletişim teknolojilerini; seyahat öncesi bilgi edinmek, seçeneklerin karşılaştırılarak değerlendirmesini yapmak, bu değerlendirmeye göre satın alma kararının verilmesi ve satın alınmasında kullanabilmektedirler. Bilgi paylaşımı

açısından özellikle sosyal medya, müşterilerin karar vermelerinde etkin bir rol üstlenmektedir (Law, Buhalis ve Cobanoglu, 2014, s.729-732). Yani, bilgi ve iletişim teknolojileri, hem arz tarafında hem de beklentilerini en iyi şekilde karşılama amacı güden talep tarafında da önemli derecede kullanılmaktadır. Çevrimiçi platformlarda birbirini tanımayan hatta gerçek hayatta çok farklı lokasyonlarda yaşayan insanların etkileşimi artarak devam etmektedir. Bu verilerin büyüklüğü, onların doğru analiz edilerek değerli bilgiler elde edilme çabası büyük bir dijital veri gerçeğiyle karşılaşılmasına neden olmuştur (Mariani, 2019, s. 299; Mistilis ve Dwyer, 1999, s.58-59). Turizm sektöründe veri madenciliği alanında en fazla metin madenciliği üzerine çalışmalar yapılmıştır. Aşağıdaki bölümde yapılan çalışmalardan başlıcalarına yer verilmiştir.

Turizm Sektöründe Metin Madenciliği Kullanımı Örnekleri

Turizm sektöründe metin madenciliği ile ilgili yapılan araştırmalara bakıldığında hem Türkiye’de hem dünyada çok az çalışma olduğu görülmektedir. Bu çalışmaların başlıcaları ve kullanılan yöntemler şöyledir.

Sözlük Tabanlı Yaklaşım

Metin madenciliğinde temel amaç sözcük ve kavramların sınıflandırılmasıdır. Turizm sektöründe misafirlerin bir ürün veya hizmet hakkında yorumları, onların duygu ve hislerini ortaya çıkarmaktadır. Bu his ve duygular mutluluk, neşe, şaşkınlık, üzüntü, kızma, nefret vb. olabilir. Bu his ve duyguları ifade eden her dile ait kelime veya kelime grupları vardır. Sözlük tabanlı yaklaşımda analiz edilecek dile ait duyguları içeren kelime veya kelime grupları bir sözlükte toparlanmıştır. Duygu analizinde misafirlerin yapmış oldukları yorumlarda geçen kelimeler kaynaktaki sözlük baz alınarak çeşitli algoritmalara tabi tutulur. Bu algoritmalar vasıtasıyla yorumlarda geçen kelimeler sözlükte aranarak eşleştirmeler yapılır. Nihai olarak misafirlerin yorumları olumlu, olumsuz veya tarafsız olarak sınıflandırılır (Eliaçık & Erdoğan, 2015, s. 786). Araştırmacılar, tüm his ve duyguları içeren bir sözlükte ortak karar kılamamasına rağmen dünyada Bing ve Laugran gibi Türkiye’de TS Corpus ve STC Sözlük Türkçe Derlemi çokça kullanılmaktadır.

Turizm alanında yapılan çalışmalar incelendiğinde en fazla sözlük tabanlı yaklaşım ile analizlerin yapıldığı görülmektedir. Gonzalez ve arkadaşlarının “*Post-visit and pre-visit tourist destination image through EWOM sentiment analysis and perceived helpfulness*” adlı çalışmasında, Barselona şehrindeki turistik mekanlara ait 200 yorum sözlük tabanlı yaklaşımıyla ADINN-11 programı kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma “*International Journal of Contemporary Hospitality Management*” dergisinde yayınlanmıştır (Gonzalez & Torres, 2016, s. 2616) .

Diğer bir çalışma Philander ve Zhong tarafından 2016 yılında yapılmıştır. “*Twitter sentiment analysis: Capturing sentiment from integrated resort tweets*” adlı çalışmada, Las Vegas’taki 34 otele ait 31550 tweet analiz edilerek misafirlerin duygu analizi yapılmıştır. Bu çalışma “*International Journal of Hospitality Management*” dergisinde yayınlanmıştır (Philander & Zhong, 2016, s. 19).

Gan ve arkadaşlarının “*A Text Mining and Multidimensional Sentiment Analysis of Online Restaurant Reviews*” adlı çalışmasında Yeld üzerinden alınan 268.442 restoran yorumları üzerinden duygu analizi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma 2017 yılında “*Journal of Quality Assurance in Hospitality & Tourism*” dergisinde yayınlanmıştır (Gan, Ferns, Yu, & Jin, 2017).

Gitto ve Mancuso tarafından 2017 yılında yapılan “*Improving airport services using sentiment analysis of the websites*” adlı araştırmada Airport Reviews platformu üzerinden alınan 5 havalimanı hakkında Eylül 2013’ten Şubat 2014’ tarihleri arasındaki müşteri yorumları analiz edilmiştir. Analizde KNIME 1 programı kullanılmış ve çalışma “*Tourism Management Perspectives*” dergisinde yayınlanmıştır (Gitto & Mancuso, 2017). KNIME 1 programı açık kaynak kodlu bir programdır. Eclipse tabanlı olan program java dilini kullanmaktadır. Node’lar arası ilişkilendirmenin yapılarak verilerin işlendiği, yorumlandığı ve görselleştirmelerin yapılarak nihayetinde raporlandığı bir uygulamadır. Genellikle İş zekâsı, metin madenciliği ve CRM süreçlerinde kullanılır (Knime, 2022).

Makine Öğrenmesi Yaklaşımı

Makine öğrenmesi (ML), verileri kullanarak öğrenen ya da performans arttıran sistemler oluşturmak için kullanılan yapay zekânın bir alt kümesidir. Genellikle makine öğrenmesi ve yapay zekâ kavramları karıştırılarak birbirleri yerine kullanılmaktadır. Ancak temelde tüm makine öğrenmeleri yapay zekâ iken, tüm yapay zekâ çözümleri makine öğrenmesi değildir. Makine öğrenmesinin iki çeşidi vardır. Bunlar denetimli ve denetimsiz makine öğrenmelerdir. Denetimli makine öğrenmeleri modelinde, veride giriş ve her bir giriş için çıkış sonuçları sisteme verilir. Sistem girişler ve çıkışlar arasında gizli katmanlar ve nöronlar vasıtasıyla bir bağıntı kurarak öğrenme işlemini gerçekleştirir. Bu model en fazla kullanılan makine öğrenme çeşididir. Denetimsiz makine öğrenmesinde ise sisteme sadece giriş verileri girilir. Sistem giriş verilerini kendi çözümlemeleri ile sınıflandırarak öğrenme işlemini gerçekleştirmeye çalışır. Denetimli modele göre daha hızlıdır (Nabiyev, 2007, s. 87,137).

Turizm alanında metin madenciliği ile ilgili yapılan çalışmalara örnek olarak;

Yu ve Zhang tarafından 2020 yılında Çin’deki Portekiz restoranlarına yönelik 4203 yorum makine öğrenmesi yaklaşımıyla analiz edilmiştir. “*The embedded feelings in local*

gastronomy: a sentiment analysis of çevrimiçi reviews” adlı çalışma “*Journal of Hospitality and Tourism Technology*” dergisinde yayınlanmıştır (Yu & Zhang, 2020, s. 466).

Luo, Huang ve Wang “*A fine-grained sentiment analysis of çevrimiçi guest reviews of economy hotels in China*” adlı çalışmasında, Pekin ve Şangay şehirlerindeki ekonomi sınıfındaki otellerin misafir yorumlarını analiz etmiştir. Toplamda 363,723 yorum elong.com sitesinden alınmış ve Word2Vec programıyla analiz edilmiştir. Bu çalışma “*Journal of Hospitality Marketing & Management*” dergisinde yayınlanmıştır (Luo, Huang, & Wang, 2020, s. 76-77).

Bazı çalışmalar hem sözlük tabanlı hem makine öğrenmesi yaklaşımlarında analizleri yapılmıştır. Kimi yaklaşımlarda sözlük tabanlı, kimi yaklaşımlarda makine öğrenmesi daha iyi başarımlar elde etse de bu iki yaklaşımın birbirine karşı bariz bir üstünlüğü bulunamamıştır.

Doğal Dil İşleme Yaklaşımı:

Doğal Dil İşleme, (NLP-Natural Language Processing) yapay zekâ ve dilbilimin alt çalışma alanıdır. Çince, İngilizce, Türkçe, Arapça, İspanyolca gibi doğal dillerin işlenmesi ve kullanılması amacıyla araştırma yapan bilim dalıdır. NLP doğal dillerin yapısını çözümleyerek anlatılmak istenenin anlaşılması ve yeniden üretilmesini amaçlar. Bu sayede konuşmaların otomatik olarak yazıya çevrilmesi, komutların makineler tarafından anlaşılması, konuşmaların analizleri, sistemlerin konuşma üretmesi, otomatik metin özetleme gibi birçok işlemde kullanılmaktadır. Yapay zekâ biliminin en zor alt alanlarından biridir. Metin madenciliğinde yazılı dokümanların analizinde oldukça fazla kullanılmaktadır (Wikipedia).

Turizm sektöründe metin madenciliği çalışmalarında da doğal dil işleme yaklaşımları kullanılmaktadır. Bazı çalışmalar;

Sann ve Lai tarafından 2020 yılında “*Understanding homophily of service failure within the hotel guest cycle: Applying NLP-aspect-based sentiment analysis to the hospitality industry*” adlı çalışmasıdır. Bu çalışmada İngiltere’deki örneklem otel grubuna ait TripAdvisor sitesindeki şikâyetler analiz edilmiştir. Toplamda 390.000’nin üzerinde yorum analiz edilmiştir. Bahse konu çalışma “*International Journal of Hospitality Management*” dergisinde yayınlanmıştır (Sann & Lai, 2020, s. 4-5).

Moreno ve arkadaşlarının yapmış olduğu araştırmada TripAdvisor sitesinden 20.000 ve malagacar.com adreslerinden araç kiralama ile ilgili alınan 15.000, toplamda 35.000 yorum ile İngiltere ve İspanya destinasyonlarına yönelik konaklama, yemek ve araç kiralama hizmetleri doğal dil işleme ile analiz edilmiştir. “*Design and validation of annotation schemas for aspect-based sentiment analysis in the tourism sector*” adlı çalışma

“*Information Technology & Tourism*” dergisinde yayınlanmıştır (Moreno-Ortiz, Salles, & Orrequia-Barea, 2019, s. 540-541).

Tüm bu yaklaşımlarla beraber bazı araştırmaların hibrit metotlarla yapıldığı görülmüştür. Bu tip çalışmalardan biri hem makine öğrenmesi hem sözlük tabanlı yaklaşımın kullanıldığı Guerreiro ve Rita tarafından 2020 yılında yapılan “*How to predict explicit recommendations in çevrimiçi reviews using text mining and sentiment analysis*” adlı çalışmadır. Yelp’de yer alan 2004 ile 2017 arasında 661 farklı şehirdeki 47.263 farklı restoranın toplam 1.112.708 yorumu hem NLP hem sözlük tabanlı yaklaşımlarla analiz edilmiştir. Çalışma “*Journal of Hospitality and Tourism Management*” dergisinde yayınlanmıştır (Guerreiro & Rita, 2020, s. 270).

Diğer bir çalışma ise; Andrei ve arkadaşlarının 2018 yılında yapmış olduğu “*Automated Sentiment Analysis in Tourism: Comparison of Approaches*” çalışmada Sydney şehrindeki bir restoran hakkında toplam 762.445 veri kullanılmıştır. TripAdvisor, Twitter yorumları ve görüşmelerden elde edilen verilerle yapılan bu çalışma “*Journal of Travel Research*” dergisinde yayınlanmıştır. Verilerin analizinde Leximancer programı kullanılmıştır (Kirilenko, Stepchenkova, Kim, & Li, 2017).

Leximancer, makine öğrenme tekniği ile nicel verilerin içerik analizini yapan yazılımdır. Metin içinde geçen sözcüklere bakarak, ana kavramların neler olduğunu bulmaya çalışır. Ayrıca ana kavramlar arasındaki ilişkinin nasıl olduğunu öğrenir. Özellikle görüşme metinlerinin ilişkisel ve mantıksal tematik analizini gerçekleştirir. Metinlerdeki sözcüklerin tekrarlanma sıklıklarını ve birlikte bulunma durumlarını baz alır. Bu yöntemde kullanılan algoritmalar istatistikeldir. Makine öğrenme sürecini tamamladıktan sonra, çıkarımda bulunduğu kavramların sözlüğünü oluşturur. Böylece nitel verilerden oluşan metinlerde, hangi kavramların daha sıklıkla yani daha önemli olduğu ortaya çıkarılmış olur. Tekrarlanan sözcükler ve o sözcükle ilişkili diğer sözcüklerin bulunmasında BAYES istatistiği kullanılır. Bunun sonucunda da sözcükler ve kavramlarla ilgili nicel büyüklük verisini kullanıcıya sunar. Kavramlar ve onunla ilişkili sözcükleri tohum kavramı mantığıyla eş anlamlılar olarak işaretler ve bunları görselleştirir. Görsellerin oluşturulmasıyla birlikte kullanıcılar hızlı bir şekilde kavramları ve ilişkilerini görebilirler (www.ncbi.nlm.nih.gov, 2022).

Türkiye’de de turizm alanında yapılan araştırmalardan bazılarına bakıldığında; Küpeli’nin 2022 yılında yapmış olduğu “*Turizm Sektöründe Çevrimiçi Müşteri Değerlendirmelerinin Veri Madenciliği ve Görüşme Teknikleriyle İncelenmesi*” adlı doktora tezinde Türkiye’de 7 bölgedeki 4 ve 5 yıldızlı otellerin metin madenciliği yöntemiyle müşteri yorumları analizi yapılmıştır. Toplamda 35 görüşme tutanakları ve 212.285

çevrimiçi müşteri değerlendirmeleri (CMD) analiz edilmiştir (Küpeli, 2022, s. 127-128,132).

Aksu'nun 2021 yılında yapmış olduğu "*Turizm İçin Sosyal Medya Temelli Mekânsal Karar Destek Sisteminin Geliştirilmesi ve Uygulaması: Artvin İli Örneği*" adlı doktora çalışmasında Artvin'deki turistik mekânlar için sosyal medya sitelerinde yer alan Türkçe paylaşımlar veri seti olarak kullanılmıştır. Tripadvisor, Foursquare, Google Haritalar, Twitter ve Instagram'dan veriler elde edilmiştir. Doğal dil işleme yaklaşımıyla yorumlardan sadece Türkçe olanlar analize dâhil edilmiştir. Toplamda 25.747 adet paylaşım analize dahil edilmiştir (Aksu, 2021, s. 60).

İnan ve Ongun'un 2021 yılında yapmış olduğu çalışmada Yeşilova Salda Gölü hakkında TripAdvisor web sayfalarında yer alan 708 adet ziyaretçi yorumları içerik analizine tabi tutulmuştur. Çalışma amacına yönelik, kazılan yorumlar kategori ve alt kategorilere ayrılmıştır. Verilerin analizi sonucunda yöreyi ziyaret eden turistlerin yorumları olumlu ve olumsuz başlıkları altında alt kategorilere ayrılarak ortaya çıkarılmıştır. "*Yeşilova Salda'yı Ziyaret Eden Turistlerin Deneyimlerinin İncelenmesi*" adlı çalışma "*Türk Turizm araştırmaları Dergisi*"nde yayınlanmıştır (İnanır & Ongun, 2021, s. 1032).

Turizm alanında yapılan çalışmalar incelendiğinde son yıllarda azda olsa artmıştır. Ancak turizm alanında veri madenciliği konusu hala bakir bir alandır ve araştırmaların artarak çoğalmasına ihtiyaç vardır. Literatür incelendiğinde, veri madenciliği, daha çok teknik yönüyle ele alınmaktadır (Bach, Schatten ve Marušić, 2013, s. 28; Li, Li, Zhang, Hu ve Hu, 2019, s. 20). Turizm sektörü verileri daha çok "araç" olarak kullanıldığından, veri madenciliği kavramının turizm literatüründeki teorik gelişimi yetersiz düzeydedir. Bundan dolayı veri madenciliği kavramının turizm bağlamında kapsamlı bir şekilde ele alınması ihtiyacı vardır (Küpeli ve Ünlüönen, 2021, s.276).

Turizm sektöründe elektronik ortamda oldukça fazla büyük veri (big veri) vardır. Bu verilerin sektör temsilcilerine yön verebilmesi için araştırmacıların turizm ile ilgili her boyuta analizler yapması gerekmektedir. Ancak veri analizi bilişim dalındaki araştırmacıların tekelindedir. Turizm alanında çalışan akademisyenlerin büyük veri analizi konusunda uzman olması da beklenemez. Bu durumda multidisipliner çalışmanın önemi ön plana çıkmaktadır. Farklı disiplinler olan bilişim ve turizm alalarında çalışma yapan araştırmacıların ortak çalışmalar yaparak verilerin doğru analiz edilmesi ve kavramsal olarak turizmle ilişkilendirmesi ancak bu tip ortak çalışmalarla yapılabilir. Turizm sektöründeki büyük verilerin analizi ve kavramsal bir literatürün oluşturulması çalışılmaya müsait bakir bir alandır.

KAYNAKÇA

- Abdalla, Mohammed Huseyin. (2021). "Improving sentiment analysis based on deep learning by using feature selection". Yüksek lisans tezi. Fırat Üniversitesi. Doğa ve Uygulamalı Bilimler Enstitüsü, Yazılım Mühendisliği.
- Aksu, M. Ç. (2021). Turizm için sosyal medya temelli mekânsal karar destek sisteminin geliştirilmesi ve uygulaması: Artvin ili örneği. Turizm için sosyal medya temelli mekânsal karar destek sisteminin geliştirilmesi ve uygulaması: Artvin ili örneği. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Bilişim ABD Doktora Tezi.
- Altunışık, Remzi, Özdemir, Şuayip. ve Torlak, Ömer. (2017). "Pazarlama ilkeleri ve yönetimi". İstanbul: Beta Basım Yayım ve Dağıtım.
- Arıcı, Semih. (2018). "Konaklama işletmelerinin sosyal medya kullanım şekillerinin tüketici tutum ve satın alma niyeti üzerindeki etkileri". Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Bach, Mirjana Pejic., Schatten, Markus. ve Marušić, Zrinka. (2013). "Data mining applications in tourism: A keyword analysis". 24. Central European Conference on Information and Intelligent Systems Tam metin Kitabı. pp:26-32.
- Barlow, Janelle., Moller Claus. (2009). "Her şikâyet bir armağandır". Çeviri: Gülten Bilgili, İstanbul: Rota Yayınları
- Beil, Florian, Ester, Martin, Xu, Xiaowei. (2002). "Frequent Term-Based Text Clustering". <https://www.cs.sfu.ca/~ester/papers/KDD02.Clustering.final.pdf> adresinden 22.02.2002 tarihinde edinilmiştir.
- Blossom, Heidi D., & Alex, Neal. (2018). "Ehealth". In August. E. Grant & Jennifer. H. Meadows (Eds.), "Communication technology update and Fundamentals" (16 ed.). New York: Routledge.
- Bramer, Max. (2007). "Principles of data mining". (180), Springer.
- Cavanillas, Jose Maria, Curry, Edward, & Wahlster, Wolfgang. (2016). The big data value opportunity. In Jose Maria Cavanillas, Edward Curry, ve Wolfgang Wahlster (Eds.), New horizons for a data-driven economy (pp. 3-11): Springer, Cham.
- Chen, Min, Mao, Shiwen, Zhang, Yin, Leung, Victor. C. M. (2014). "Big data: related technologies, challenges and future prospects". Heidelberg: Springer
- Choi, Tae Rang., Sung, Yongjun., Lee, Jung-Ah. ve Choi, Sejung Marina. (2017). "Get behind my selfies: the big five traits and social networking behaviors through selfies". Personality and Individual Differences, Sayı:109. pp:98-101
- Delen, Dursun, Crossland, Martin D..(2008). "Seeding the survey and analysis of research literature with text mining" Expert Systems with Applications. Cilt:34. pp. 1707-1720. doi:10.1016/j.eswa.2007.01.035.
- Dolgun, M. Özgür., Özdemir, Tülin Güzel ve Oğuz Doruk. (2009). "Veri madenciliğinde yapısal olmayan verinin analizi: Metin ve web madenciliği". İstatistikçiler Dergisi, Cilt 2009, Sayı:2 pp.48-58.
- Eliacık, A. B., & Erdoğan, N. (2015). Mikro Bloglardaki Finans Toplulukları için Kullanıcı Ağırlıklandırılmış Duygu Analizi Yöntemi. Proceedings of the 9th Turkish National Software Engineering Symposium (s. 782-793). İzmir: Yaşar Üniversitesi.
- Eryılmaz, Burak., Zengin Burhanettin. (2014). "İş-sosyal medyada konaklama işletmelerine yönelik tüketici yaklaşımları üzerine bir araştırma", İşletme Bilimi Dergisi, Cilt:2. Sayı:1. pp:147-166

- Esen, M. Fevzi, Türkay Bahar. (2017). "Turizm endüstrilerinde büyük veri kullanımı". Journal of Tourism and Gastronomy Studies Cilt:5, Sayı:4 (2017) pp.92-115.
- Feng, Hou., Wang, Ruili., Zhou, Yi. (2021). "Transfer learning for fine-grained entity typing". Knowledge and Information Systems, cilt: 63. Pp845-866. Springer [HYPERLINK "https://doi.org/10.1007/s10115-021-01549-5"](https://doi.org/10.1007/s10115-021-01549-5) <https://doi.org/10.1007/s10115-021-01549-5>
- Gaikwad, Sonali Vijay, Chaugule, Archana ve Patil, Pramod. (2014). "Text Mining Methods and Techniques". International Journal of Computer Applications Cilt:85. Sayı:17. pp42-45..
- Gan, Q., Ferns, B., Yu, Y., & Jin, L. (2017). A Text Mining and Multidimensional Sentiment Analysis of Online Restaurant Reviews. Journal of Quality Assurance in Hospitality & Tourism, 18(4), 460-492.
- Ghasemaghaei, Maryam., & Calic, Goran. (2020). "Assessing the impact of big data on firm innovation performance: Big data is not always better data". Journal of business research, 108, 147-162. doi:10.1016/j.jbusres.2019.09.062.
- Gong, Li., Liu, Xi., Wu, Lun., Liu, Yu. (2016). "Inferring trip purposes and uncovering travel patterns from taxi trajectory data". Cartography and Geographic Information Science, Cilt:43. Sayı:2. Pp:103-114.
- Gonzalez, R., & Torres, R. M. (2016). Post-visit and pre-visit tourist destination image through eWOM sentiment analysis and perceived helpfulness. "International Journal of Contemporary Hospitality Management", 28(11), 2609-2627.
- Guerreiro, J., & Rita, P. (2020). How to predict explicit recommendations in online reviews using text mining and sentiment analysis. Journal of Hospitality and Tourism Management, 43, 269-272.
- İnanır, A., & Ogun, U. (2021). Yeşilova Salda'yı Ziyaret Eden Turistlerin Deneyimlerinin İncelenmesi. Türk Turizm Araştırmaları Dergisi, 3(4), 1028-1041.
- Karabulut, Muhuttin. (1989). Tüketici Davranışları. İstanbul: İ.Ü. İşletme İktisadi Enstitüsü.
- Kirilenko, A., Stepchenkova, S., Kim, H., & Li, X. (2017). Automated Sentiment Analysis in Tourism: Comparison of Approaches. Journal of Travel Research, 57(10), 10.1177/0047287517729757.
- Kotler, Philip T. ve Armstrong, Gary. (2012). "Principles of marketing". New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Kudyba, Stephan.. (2014). "Big data, mining, and analytics". Boca Raton: Auerbach Publications.
- Küpel, T. (2022, Nisan). Turizm sektöründe çevrimiçi müşteri değerlendirmelerinin veri madenciliği ve görüşme teknikleriyle incelenmesi. Turizm sektöründe çevrimiçi müşteri değerlendirmelerinin veri madenciliği ve görüşme teknikleriyle incelenmesi. Ankara: Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi.
- Küpel Şen, Tuğba. ve Ünlüöner, Kurban. (2021). "Veri Madenciliği ve Turizmde Veri Madenciliği Çalışmaları" Journal of Tourism and Gastronomy Studies. Cilt:9. Sayı:1. pp:275-298.
- Law, Rob., Buhalis, Dimitrios., ve Çobanoğlu, Cihan. (2014). "Progress on information and communication technologies in hospitality and tourism". International Journal of Contemporary Hospitality Management, Cilt:26. Sayı:5. pp:727-750. doi:10.1108/Ijchm-08-2013-0367
- Li, Qin, Li, Shaobo, Zhang, Sen, Hu, Jie ve Hu, Jianjun. (2019). "A review of text corpus-based tourism big data mining". Applied Sciences (Switzerland), Cilt:9. Sayı:16

- Lodhi, Huma, Saunders, Craig, Shawe-Taylor, John, Cristianini, Nello ve, Watkins, Chris. (2002). "Text Classification Using String Kernels," J. Machine Learning Research, vol. 2, pp. 419- 444.
- Luo, J., Huang, S., & Wang, R. (2020). A fine-grained sentiment analysis of online guest reviews of economy hotels in China. *Journal of Hospitality Marketing & Management*, 30(1), 71-95.
- Marangoz, Mehmet, Yeşildağ, Burak., Arıkan, Saltık Işıl. (2012). "E-ticaret işletmelerinin web ve sosyal ağ sitelerinin içerik analizi yöntemiyle incelenmesi", *İnternet Uygulamaları ve Yönetim Dergisi*, Cilt:3. Sayı:2. pp:53-78.
- Mariani, Marcello., Di Felice, Marco., Mura Matteo. (2016). "Facebook as a destination marketing tool: Evidence from Italian Regional Destination Management Organizations". *Tourism Management*, 54: 321-343.
- Mariani, Marcello. (2019). "Big data and analytics in tourism and hospitality: A perspective article". *Tourism Review*, 75(1), 299-303
- Mayer-Schönberger, Viktor ve Cukier, Kenneth (2013). "Büyük veri: yaşama, çalışma ve düşünme şeklimizi dönüştürecek bir devrim". (Çeviren: Banu Erol) İstanbul: Paloma.
- Mistilis, Nina. ve Dwyer, Larry. (1999). "Information technology and service standards in mice tourism". Paper presented at the *Journal of Convention & Exhibition Management*. Cilt:2. Sayı:1. pp:55-65.
- Moreno-Ortiz, A., Salles, S., & Orrequia-Barea, A. (2019). Design and validation of annotation schemas for aspect-based sentiment analysis in the tourism sector. *Information Technology & Tourism*, 21, 535-557.
- Mucuk, İsmet. (2014). "Pazarlama ilkeleri". İstanbul: Türkmen Kitabevi Yayınları.
- Nabiyev, V. V. (2007). *Yapay Zeka Uygulamaları*. İstanbul: Seçkin Yayınevi.
- Olgun, Büşra. (2015). "Sosyal medyanın tüketici satın alma davranışları üzerindeki etkisi". *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Elektronik Dergisi*, cilt:12. pp:484-507.
- Özen, İbrahim Akin. (2021). "Tourism products and sentiment analysis". In Çobanoğlu, Cihan, Doğan, Seden, Berezina Katerina ve Collins, Galen. (Eds.), *Advances in Hospitality and Tourism Information Technology* (pp. 1-44). USF M3 Publishing
- Özer, Kezban. (2009). "WOMM (ağızdan ağıza pazarlama) iletişimi ve MSN (Messenger) reklamları", *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, Konya: Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Park, Kisoo., Park, Jumin., Kwon, Young Dae., Kang, Yoonjeong. ve Noh, Jin Won. (2016). "Public satisfaction with the healthcare system performance in South Korea". *Health Policy*, Cilt:120. Sayı:6. pp:621-629
- Pertheban, Sivakumar., Narayana Samy, Ganthan. ve Shanmugam, Bharanidharan. (2020). "A systematic literature review: Information accuracy practices in tourism". *Journal of Quality Assurance in Hospitality & Tourism*, Cilt:21. Sayı:1. pp:1-30. doi:10.1080/1528008x.2018.1563016
- Philander, K., & Zhong, Y. (2016). Twitter sentiment analysis: Capturing sentiment from integrated resort tweets. *International Journal of Hospitality Management*, 55, 16-24.
- Sann, R., & Lai, P.-C. (2020). Understanding homophily of service failure within the hotel guest cycle: Applying NLP-aspect-based sentiment analysis to the hospitality industry. *International Journal of Hospitality Management*, 91, 1-13.
- Shapoval, Valeriya, Wang, Morgan C., Hara, Tadayuki, Shioya, Hideo. (2018). *Data Mining in Tourism Data Analysis: Inbound Visitors to Japan. Empirical Research Articles*. HYPERLINK "https://journals.sagepub.com/toc/jtr/57/3" Volume: 57 issue: 3, page(s): 310-323.

Wilkinson, James S. (2018). "Internet of things (iot)". In A. E. Grant & J. H. Meadows (Eds.), Communication technology update and fundamentals (16 ed., pp. 159-168). New York: Routledge.

Xiang, Zheng., Fesenmaier, Daniel R. (2016). "Analytics in smart tourism design: concepts and methods", Springer.

Yu, C.-E., & Zhang, X. (2020). The embedded feelings in local gastronomy: a sentiment analysis of online reviews. Journal of Hospitality and Tourism Technology, 11(3), 461-478.

Knime,, 22 Ekim 2022 tarihinde <https://www.knime.com/> adresinden alındı

Wikipedia. 22 Ekim 22, 2022 tarihinde Wikipedia: https://tr.wikipedia.org/wiki/Do%C4%9Fal_dil_i%C5%9Fleme adresinden alındı

ncbi.nlm.nih.gov. 20 Ekim 2022 tarihinde [www.ncbi.nlm.nih.gov: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK374057/](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK374057/) adresinden alındı

BÖLÜM

2

BİLGİSAYAR PROGRAMCILIĞI ÖĞRENCİLERİNİN PROGRAMLAMA ÖZ YETERLİLİKLERİNİN BULANIK MANTIK YÖNTEMİ İLE ÖLÇÜLMESİ

Öğr. Gör. Ahmet SAĞLAM

Amasya Üniversitesi Merzifon Meslek Yüksekokulu,

Bilgisayar Teknolojileri Bölümü,

E-posta: ahmet.saglam@amasya.edu.tr

 0000-0002-2616-8253

Dr. Öğr. Üyesi Yavuz ÜNAL

Amasya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi,

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

E- posta: yavuz.unal@amasya.edu.tr

 0000-0002-3007-679X

ATIF: Sağlam, A., Ünal, Y (2022). Bilgisayar Programcılığı Öğrencilerinin Programlama Öz Yeterliliklerinin Bulanık Mantık Yöntemi İle Ölçülmesi. Volkan ÇAVUŞ (Ed.), *Yapay Zeka Uygulamalarında Güncel Konular ve Araştırmalar-2* içinde (ss. 17-35). Konya, Çizgi Kitabevi Yayınları.

- BÖLÜM 2 -

BİLGİSAYAR PROGRAMCILIĞI ÖĞRENCİLERİNİN PROGRAMLAMA ÖZ YETERLİLİKLERİNİN BULANIK MANTIK YÖNTEMİ İLE ÖLÇÜLMESİ

Ahmet SAĞLAM

*Öğr. Gör., Amasya Üniversitesi Merzifon Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü,
E-posta: ahmet.saglam@amasya.edu.tr*

 0000-0002-2616-8253

Yavuz ÜNAL

*Dr. Öğr. Üyesi, Amasya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
E- posta: yavuz.unal@amasya.edu.tr*

 0000-0002-3007-679X

GİRİŞ

Bilgi ve teknolojinin sürekli ve hızla geliştiği günümüzde gerçekleşen gelişmeler eğitim alanıyla birlikte bir alanda etkisini göstermiştir (Üredi ve Üredi, 2005). Bu gelişmeler neticesinde eğitim alanında eski yöntem olan öğretmen odaklı klasik eğitim modeli yerini öğrenci ve öğrenen odaklı bir sisteme dönüşmüştür. Öğreneni ve öğrenciyi merkeze alan bu öğrenim sistemi ile öz yeterlilik algısı da büyük önem kazanmıştır (Tekerek vd. 2012). Bilgisayar programcılığı, günümüzde hızla gelişmekte olan bilişim sektöründe her geçen gün önemi artan bir meslek dalıdır (Özyurt ve Özyurt, 2015:56). Günümüz teknolojisinde yaşanan gelişmeler işe önem kazanan programlama eğitimi üniversitelerin Bilgisayar Programcılığı bölümünde önemli bir yere sahiptir. Bilgisayar programcılığında bulunan öğrencilerin giriş seviyesinde olması nedeniyle programlama dersleri öğrenciler tarafından zor bir ders olarak görülmekte ve öz yeterlilik algılarının da düşük olmasına sebep olmaktadır (Mazman, 2013). Programlama alanı, problemi algılama, problemi çözme gibi mantıksal düşünme ve matematiksel çözümler gibi yüksek düzeyde düşünme becerisine sahip olmayı gerektirir (Özyurt ve Özyurt, 2015:56). Bu sayılan özellikler neticesinde programlama öğrenimi öğrenciler için üst düzey bilişsel düşünme becerilerine sahip olmayı gerektirir (Lau ve Yuen, 2009). Bu bağlamda programlama dili öğrenme sürecinde çoğu kavramlar ve yapılan işlemler öğrenciler için soyut kalmaktadır. Bilgiyi somutlaştıramayan ve öğrenme zorluğu yaşayan bu öğrencilerin programlamaya ilişkin öz yeterlilik algıları da düşük seviye kalmaktadır. Bu durumlar neticesinde öğrenciler programlama öğreniminden ve programlama dillerinden

uzaklaşmakta ve programlamayı öğrenememektedir (Özdinç ve Altun, 2014:1532). Programlama eğitiminde başarıya ulaşmada öğrencinin tutumu, motivasyonu ve demografik özellikleri faktörler önemli bir yer almaktadır (Yağcı, 2016: 1419). Bu çalışmada Merzifon Meslek Yüksekokulu Bilgisayar Programcılığı bölümü öğrencilerinin programlama yönelik özyeterlilik algılarının yapay zekâ modellerinden biri olan ve son zamanlarda eğitim alanında da kullanılan Bulanık Mantık Yöntemi ile ölçülmüştür. Böylece öğrencilerin programlamaya bakış açıları ve programlamaya ilişkin öz yeterlilikleri değerlendirilmiştir.

Özyeterlilik Algısı

Öz yeterlilik kavramı, bireyin yapacağı işi başarabilmesi için yaptığı seçimler, sarf ettiği çaba ve karşılaştığı zorluklara vermiş olduğu tepkiler olarak tanımlanır. Tekerek vd. (2004) çalışmalarında öz yeterliliğin, günümüzde öğrenme aşamasında bireylerin duyuşsal boyutunu tamamlamada çok önemli olduğunu ifade etmişlerdir. (Tekerek vd., 2012). Öz yeterlilik kavramı kişilerin kendilerini izlemesi ve değerlendirmesi, benlik algısı, yapılan bir iş karşılığında beklentisinin olması ve algılanan kontrol gibi otonom değerlerle de ilişkilidir. Ayrıca öz yeterlilik, öğrencilerin bir hedefe başarılı bir şekilde ulaşması için strateji belirleme ve öz düzenleme tercihinde önemli bir etkidir (Sağlam, 2016). Öğrencilerin başarılarını ve motivasyonunu da önemli derecede etkilemektedir. Öğrenme, hayat boyu süren ve sürekli gelişen bir etkinliktir. Öğrenmede aynı bilişsel seviyeye sahip olan öğrencilerin öz yeterlilik algıları ise kişiden kişiye değişiklik göstermektedir. Öz yeterliliği yüksek olan kişiler karşılaştıkları zorluklarla daha rahat başa çıkmakta ve sonuca ulaşmada diğer insanlara göre daha fazla direndikleri görülmüştür. Öz yeterlilik algısı düşük olan insanlarda ise karşılaştıkları sorunları çok büyüttükleri ve hemen pes ettikleri çözüm üretmedikleri kendilerini başarısızlığa ittikleri tespit edilmiştir (Mazman, 2013).

Öz yeterlilik, düzeyi, gücü ve genellenebilirliği ile üç temel ölçek üzerinden değerlendirilebilir (Bandura, 1997; Aktaran: Arseven, 2016).

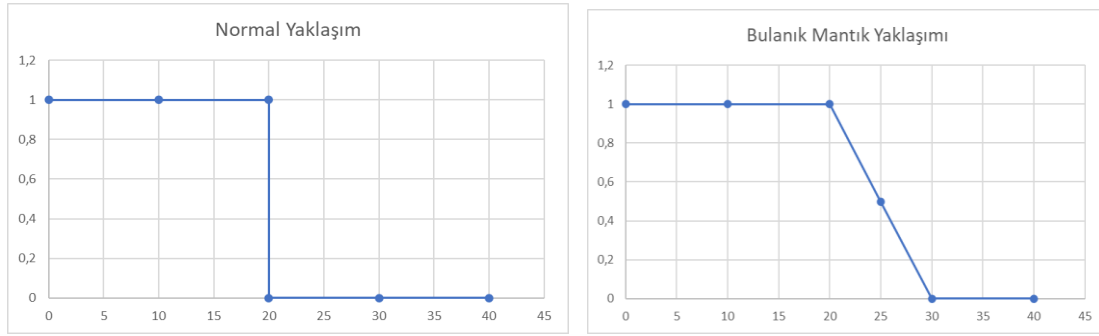
- Öz yeterlilik düzeyi: Kişilerin yapacakları işlerde karşılaşacakları zorlukların derecesi olarak belirtilir. Örneğin bir öğrencinin “Programlama dersim zor mu, kolay mı?” diye sorması.

- Öz yeterlilik gücü: İnsanların karşılaştıkları zorluklar karşısında gösterdiği inanç ve performans öz yeterlilik gücünü ifade etmektedir. Bir öğrencinin dersleri başaracağına ne derecede inanması buna bir örnek olarak gösterilebilir.
- Öz yeterliliğin genellenebilirliği: “Beklentilerin farklı durumlara ne derece genellenebileceğini” gösterir. Öğrencinin “Öğrendiklerimin işime yarayacağından ne derece eminim?” sorusunu buna bir örnektir.

Öz yeterlilik kavramı, kişinin ne derecede başarılı olabileceği konusundan kendisine olan inancı, gösterdiği performans ve işe olan motivasyonauna dayanmaktadır (Arseven, 2016).

Bulanık Mantık

Bulanık Mantık kavramı ilk kez 1965 yılında Zadeh tarafından yayınlanan bir makalede tanımlanmıştır (Dilsiz, 2005; Sabah, vd., 2017). Bu yaklaşım aslında “Boolean mantığı” olarak bilinen klasik tarz yaklaşımlı mantığa karşı bir mantıktır (Biçen ve vd., 2016). Bulanık mantık yaklaşımında sonuçlar sadece 0 veya 1 değeri yerine bu iki değer arasındaki değerler alarak daha sağlıklı sonuçların çıkmasında avantaj sağlar (Korkmaz, vd., 2017; Timuçin, vd., 2017). Şekil 1’de normal yaklaşım ile bulanık mantık yaklaşımları değinilmiştir.



Şekil 1: Normal Yaklaşım ile Bulanık Mantık Yaklaşımının Grafiksel Görünümü

Şekil incelendiğinde normal yaklaşımın keskin karar verdiği ve bir elemanın o kümenin ya elemanıdır ya da elemanı olmadığını kararını verir hiçbir zaman kısmi üyelik söz konusu değildir. Nesnenin üyelik değeri 1 ise kümenin elemanı, 0 ise kümenin elemanı değildir. Bulanık mantıkta ise 0-1 aralığında tüm değerler küme elemanı olabilmektedir. Bu durum da sonuçların sonsuz değerli kümeler içinde ifade edilmesi sağlanarak daha geniş bir sonuç kitlesine sahip olması sağlanır (Gonzales vd., 2009).

Bulanık mantıkta amaç, belirsiz durumlar karşısında verilecek olan kararın daha doğru sağlanması için oluşturulan düşünce mekanizmalarıdır (Göksu ve Güngör, 2008: Güler ve Yücedağ, 2017). Bulanık mantık kuramı, enformatik ve yapay zeka gibi değerli olan iki geleneksel mantık kuramına alternatif bir yol olmuş ve bu dalların son derecede hızlı gelişmesine önemli derecede katkı sağlamıştır (Güner ve Çomak, 2014: Güler ve Yücedağ, 2017). Bulanık mantık, belirli ya da yaklaşık bilgilerden kesin çözümler üretme başarısı ile insanın karar verme becerisine benzer bir biçimde hareket etmektedir (Bayraktar vd. ,2015). İnsan zekâsı gerektiren problemlerin çözümünde ihtiyaç duyulan matematiksel modellemelerde klasik küme teorisi yetersiz kalmaktadır. Bulanık mantık teorisi bu duruma alternatif olarak ortaya çıkmış ve Klasik mantık teorisine göre çok daha hassas sonuçlar vermektedir (Durgut vd. 2017).

Zadeh tarafından bulanık mantık teorisinin özellikleri şu şekilde belirtilmiştir (Zadeh, 1997: Yücedağ, 2015);

- Bulanık mantık yönteminde düşünme kesin değerlere değil yaklaşık değerlere göre yapılır.
- Bulanık mantık yönteminde tüm değerler 0-1 aralığında belirlenen bir derece ile gösterilir.
- Bulanık mantık yönteminde bütün değişkenler düşük, orta, kuvvetli, güçlü şeklinde dilsel ifadeler ile tanımlanır.
- Bulanık mantık yönteminde çıkarımlar tanımlanan ve kullanılan dilsel ifadeler arasından belirlenen kurallar ile gerçekleştirilir.
- Her mantıksal sistem bulanık olarak ifade edilebilir.
- Bulanık mantık yöntemi, matematiksel modelin yetersiz kaldığı veya çok zor elde edildiği problemler için çok uygundur.

Bulanık Mantık Teorisinin Avantajları

- Bulanık mantık yöntemi insan zekasına ve düşünme tarzına yakındır.
- Bulanık mantık yöntemi uygulamada matematiksel modele ihtiyaç duyulmaz.
- Bulanık mantık yönteminde birçok denetim işlemi dilsel ifadelerle yapılmaktadır.

- Bulanık mantık yaklaşımında işaretlerin bir ön işlemeye tabi tutulmaları ve geniş bir alana yayılmış değerlerin az sayıda üyelik işlevlerine indirgenmeleri, uygulamaların daha hızlı bir şekilde sonuca ulaşmasını sağlar.
- Bulanık mantık yönteminde, yazılımın basit olması ve bu sebepten dolayı daha ucuza mal edilmesi,

Bulanık Teorinin Dezavantajları

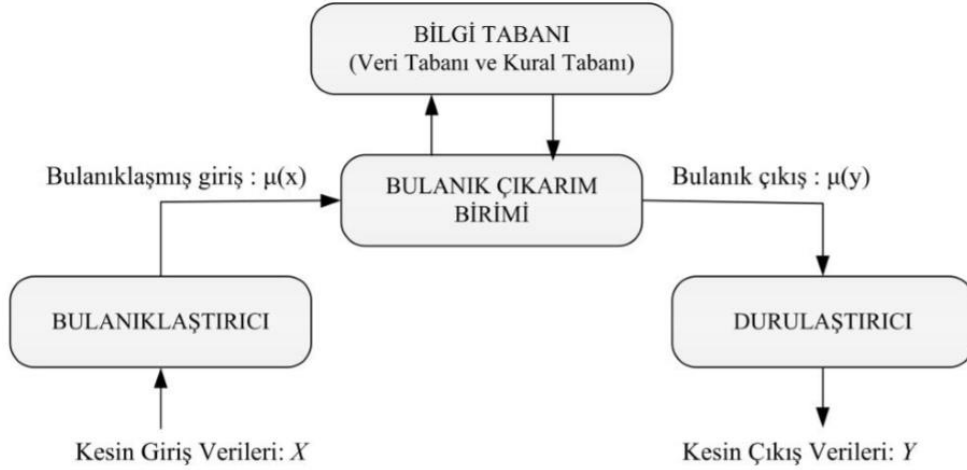
- Bulanık mantık yönteminde üyelik işlevleri ve kuralları tanımlamak kolay değildir. Uygulamalarda tanımlanacak kuralların bir uzman ile birlikte yapılması gereklidir.
- Bulanık mantık yönteminde, değişkenlerin ve üyelik işlevlerinin tanımlanmasında kesin bir öğrenme bulunmamaktadır. Bu nedenle işleri tanımlamak ve uygulamayı hazırlamak daha fazla zamana sebep olabilir. Uygun üyelik tespiti yapabilmek için uzun süren testler yapılabilmektedir.
- Bulanık mantık yönteminin en temel sorunu, kararlılık, denetlenebilirlik ve gözlemlenebilirlik gibi analizler yapılmasında yaşanan zorluklar ve bu analizlerde ispatlanmış kesin bir yöntem bulunmasıdır.
- Bulanık mantık yönteminde kullanılan üyelik ve kural gibi işlevler hazırlanan sisteme özeldir, başa bir sisteme uyarlanması zor bir durumdur.
- Bulanık mantık yönteminin sık belirtilen dezavantajlarından biri de üyelik işlevlerini uzun zaman almasıdır (Allahverdi, 2007).

Bulanık Mantık Denetleyici Yapısı

Dört temel birimden oluşan bulanık mantık sistemlerdeki birimler şu şekildedir.

- Bulanıklaştırma birimi
- Kural tabanı Birimi
- Sonuç çıkarım birimi
- Durulaştırma birimidir.

Bulanık Mantık denetleyicisinin yapısı Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1: Bulanık Mantık Denetleyici Yapısı (Ataşoğlu,2019)

Bulanık Mantık denetleyicisinde verilerin, en basit halinden sisteme alınması ile başlayan giriş kısmından, kullanıcıya anlamlı sonuçlar verecek hale dönüşüp geldiği çıkış kısmına kadar geçen bütün süreçler 4 birimde işlenerek ortaya çıkmaktadır (Ataşoğlu, 2019).

Bulanıklaştırma Birimi: Giriş değişkenlerinin, üyelik fonksiyonlarına bağlı olarak dilsel değişkenlere dönüştürüldüğü birimdir (Reisi vd., 2013). Denetlenecek olan sistemden alınan bilgiler bulanıklaştırma biriminde dilsel ifadelere dönüştürülerek uygulama için hazır hale getirilir (Tarı, 2010).

Bilgi Tabanı Birimi: Veri tabanı ve Kural tabanı olarak 2 alt bileşenden oluşur. Veri tabanının temel görevi, bulanıklaştırma birimi, çıkarım birimi ve durulaştırma biriminde yapılacak olan işlemlerde ihtiyaç duyulan üyelik ve kural tablolarına ait bilgilerin Bulanık Mantık Denetleyicisinin tüm birimlerinin kullanımına sunmaktır (İşlek, 2021). Bu veriler, Bulanık Mantık Denetleyicisinde hazırlanan giriş ve çıkış üyelerine ait dilsel ifadelerin tanımlandığı bulanık kümeleri, uygulamadaki üyelik fonksiyonlarını ve ölçeklendirme faktörlerinden oluşmaktadır. Sistemde tanımlanan her değişkenin tanım aralığı belirlenir. Bulanık kümelerin sayısı ve değer aralıkları tanımlanarak seçilecek üyelik fonksiyonlarına karar vermesiyle veri tabanı oluşturulmaktadır. Bir Bulanık Mantık Denetleyicisinin hassasiyetinin belirleyen en temel etken, her değişken için oluşturulan bulanık küme sayısıdır (Sinecen, 2002). Kural Tabanı ise dilsel ifalardan oluşan bulanık mantıkta bu ifadelerden oluşan ve değişkenler arasındaki ilişkiler ve kuralların tanımlandığı kısımdır. Bu kurallar if- then yapısı ile yazılmaktadır. Kural ifadesinde “IF” kısmında, denetleyicide bulunan giriş üyeleri için oluşturulan önermelerin yer aldığı

koşullar kısmıdır. “THEN” kısmı ise denetleyicinin oluşturulan koşullar karşısında çıkış değişkeni için bulduğu sonuçtur.

Örnek olarak X, Y giriş Z çıkış değişkeni olarak tanımlana bir sistemde

IF X= a and Y=b THEN Z=c

Şeklinde kural tanımlanır. Burada tanımlanan kuralda X değişkeni a ve Y değişkeni b olduğu zaman sonuç olarak Z değişkeni c değerini verecektir.

Yukarıdaki örnekte olduğu gibi giriş üyelikleri ait ilişkiler göz önüne alınarak sistem bir çıkarım yapmaktadır (İşlek, 2021). Bu kuralların oluşturulması giriş verilerinin yazılmasında sistemde bulunan giriş verileri ile çıktı olarak tanımlanan değişkenler arasında oluşabilecek bütün olasılıklar belirlenerek bulanık küme yaratılmış olur böylelikle, her giriş üyesinin parçası ile çıkış üyeleri arasında kurallar sayesinde mantıksal bir bağ oluşturulur (Onur, 2015).

Bulanık Çıkarım Birimi: Bulanık Mantık Denetleyicisinde, kural tabanı biriminde giriş ve çıkış üyeleri arasında ilişki kurulmasını sağlayarak bulanık kümelerin tümünü bir arada toplayan ve uygulama sonunda çıkış davranışı sağlayan bir sistemdir. Bu birim, tanımlana her kuralın çıkarımlarını bir arada tutan ve sisteme yapılan girdiler neticesinde vereceği çıktıyı belirlenmesi sağlar (Onur, 2015). Bulanık Mantık Denetleyicisinde, çıkarım yöntemleri farklılıklar göstermektedir. En sık kullanılan çıkarım modelleri, Mamdani, Takagi-Sugeno ve Tsukamoto yöntemleridir (İşlek, 2021).

Mamdani Yöntemi: İlk defa 1975 yılında buhar makinesinin kontrolünde Mamdani ve Assilian tarafından kullanılmış olan bir yöntemdir (Mamdani ve Assilian, 1975). Kolay kurulan yapısı ve insan sezgisine ve davranışına uygunluğu ile en çok kullanılan modellerin başındadır. Diğer çıkarım modelleri Mamdani modelini baz alır ve üzerine kurulmuş modeldir. Mamdani Yöntemi tipik 5 aşamadan oluşur:

- Giriş değerlerini bulanıklaştırmak
- Uygulamada Kural tabanını oluşturulmak
- Giriş değişkenlerinin derecelerine “VE” işlemini uygulayarak “MİN.” işlemi ile en küçük değer olarak kısmi çıkarımlar üretmek.
- Uygulama neticesinde bulunan kısmi çıkarımlar arasında “VEYA” işlemi uygulayıp “MAX” işlemi ile en büyük değer olarak bütünleşik bir bulanık çıkarım elde etmek.

- Uygulama sonunda elde edilen bulanık çıkarımın tek bir sayıya dönüştürülmesi ile durulaştırılmasını sağlamak.

Takagi-Sugeno Yöntemi: 1985 yılında ilk kez kullanılmış olan bu metod, Mamdani yönteminin bir uyarlamasıdır. Bu metod da, bulanıklaştırma, bulanık mantık işlemleri Mamdani yöntemi ile aynı iken çıkış fonksiyonu bulanık değil lineer bir fonksiyona ya da bir sabite eşittir (Şen, 2009).

Tsukamoto Yöntemi: Bu yöntemde çıkarım metodundakullanılan kuralların öncül kısımlarına ait işlemler Mamdani modelindeki ile bire bir aynıdır. Ancak kuralların sonucunda ortaya çıkan kısım, monoton olarak azalan veya üyelik fonksiyonlarından oluşur. Tsukamoto Yönteminde çıkış, durulaştırma aşamasına ihtiyaç duymadan keskin bir değer olarak belirlenir (Mamdani ve Assilian 1975).

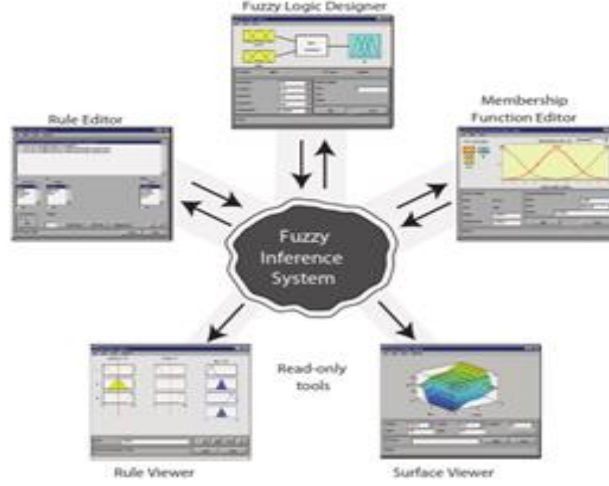
Durulaştırma Birimi: Bulanık çıkarım sonucunda elde edilen veri de yine bulanık bir küme olarak karşımıza çıkar. Bu elde edilen sonucun sisteme uyarlanabilmesi için girdi değeri gibi sayısal bir değere dönüştürülmesi sağlayan birimdir. Bu birimde gerçekleştirilen olaya da durulaştırma denir. Durulaştırma birimi, karar biriminden gelen bulanık bilgiyi durulaştırarak bulanık olmayan ve uygulama için uygun bir değerin dönüştürülmesi sağlar (Karal, 2004).

Bulanık Mantık Denetleyicisi durulaştırma aşamasında farklı yöntemler kullanır. İlk aşamada her kural için üyelik derecesinden alınan değer ve kural tespit edilir ardından en uygun olan yöntem tespit edilerek durulaştırma işlemini gerçekleştirir. Durulaştırma biriminde en sık kullanılan yöntemler şu şeklide sıralanır;

- Maksimum üyelik yöntemi, tanımlanan üyelik dereceleri içerisinde yer alan en büyük dereceye eşittir (Karal, 2004).
- Ağırlık merkezi yöntemi, Sistemde elde edilen toplam bulanık sonucun bütünleşik bulanık küme alanının ağırlık noktası ile değer ekseninin kesişmesi ile sistemin kesin çıktısı elde edilir. Bu yöntem, durulaştırma yöntemleri içerisinde en sık kullanılan yöntemdir (Ünal, 2009).
- Ağırlık ortalaması yöntemi, girişlerde elde edilen tüm üyelik ve bulanık değerleri kullanarak durulaştırma yapmasıdır.

Bulanık Mantık Sistemi

Bulanık çıkarım sistemi (Fuzzy Inference System), bulanık mantık tasarımcısı, üyelik işlevi editörü, kural editörü, kural görüntüleyici ve yüzey görüntüleyici olmak üzere beş alt ara yüzden oluşmaktadır. Bu ara yüzler Şekil 2’te gösterilmektedir.



Şekil 2: Bulanık Mantık Sistemi (Sağlam ve Yücedağ, 2022)

Bulanık mantık tasarımcısı (Fuzzy Logic Designer), sol tarafta giriş değişkenlerinin, sağ tarafta çıkış değişkenlerinin adlarının bulunduğu ve orta kısımda da kullanılan bulanık mantık çıkarım yönteminin olduğu ekrandır. Üyelik işlevi editörü (Membership Function Editor), uygulamadaki giriş ve çıkış değişkenleriyle ilişkili tüm üyelik fonksiyonlarının görüntülenmesini ve düzenlenmesini sağlar. Kural editörü (Rule Editor), Bulanık Mantık Tasarımcısı ile tanımlanan giriş ve çıkış değişkenlerinin açıklamalarına dayanarak, Kural Düzenleyicisi kural deyimlerini otomatik olarak oluşturmanıza olanak sağlar (Mathworks, 2019). Kurallar, giriş değerlerine göre çıkış değerine ulaşmak için yazılan mantıksal sınamalardır. Bu sınamalar if-else (eğer-ise) sorgu türündedir. Bu kurallar ile her bir giriş değişkeni çıkış değişkenine bağlanmış olur (Güler ve Yücedağ, 2017). Kural görüntüleyici (Rule Viewer), tüm bulanık çıkarım işleminin bir yol haritasını görüntüler. Önceki bölümde açıklanan bulanık çıkarım diyagramına dayanmaktadır. Yüzey görüntüleyici (Surface Viewer), Yüzey Görüntüleyici, herhangi iki girişi ve çizim için herhangi bir çıkışı seçmenize izin veren açılır menüler X (giriş), Y (giriş) ve Z (çıkış) ile donatılmıştır. Bu menülerin altında, kaç tane x eksen ve y eksen ızgara çizgisi eklemek istediğinizi belirtmenize izin veren iki giriş alanı olan X ızgaraları ve Y ızgaraları bulunur. Bu özellik, hesaplama süresini karmaşık problemler için makul tutmanıza olanak sağlar (Mathworks, 2019).

YÖNTEM

Araştırma Grubu

Çalışmanın amacı doğrultusunda Sağlam (2016) tarafından 2015-2016 yılı Merzifon Meslek Yüksekokulu Bilgisayar Programcılığında aktif olarak öğrenim gören 98 öğrenciye uygulanan Ramalingam ve Wiedenbeck (1998) tarafından geliştirilen ve Altun ve Mazman (2012) tarafından Türkçeye uyarlanan “Programlamaya İlişkin Öz Yeterlilik Algısı Ölçeği” kullanılmıştır.

Veri Toplama Araçları

Çalışmada Sağlam (2016) tarafından hazırlanan 2015-2016 yılı Merzifon Meslek Yüksekokulu Bilgisayar Programcılığında aktif olarak devam etmekte olan 98 öğrencinin demografik bilgileri ve programlamaya yönelik özyeterlilik algısı ölçeği kullanılmıştır. Ölçek “karmaşık programla görevleri” ve “basit programlama görevleri” olmak üzere iki faktörden oluşmaktadır. Sorular 6’lı Likert ölçeği ile cevaplanması istenmiş ve elde veriler SPSS 22.0 ve MATLAB programında analize tabi tutulmuştur.

Verilerin Analizi

Çalışmada kullanılan veri setine ait ölçek “karmaşık programla görevleri” ve “basit programlama görevleri” olmak üzere iki faktörden oluşmaktadır. 98 öğrencinin katılmış olduğu çalışmada elde edilen veriler SPSS 22.0 paket programı ile frekans analizleri yapılmış ve MATLAB programında analize tabi tutularak Bulanık Mantık yöntemi ile öğrencilerin özyeterlilikleri ölçülmüştür.

BULGULAR

Çalışmada kapsamında toplanan verilerde öğrenci bilgileri Tablo-1 yer almaktadır. Tablo incelendiğinde öğrencilerin sınıflara göre dağılımının eşit olduğu görülmektedir. Cinsiyetleri ise Kadınların %37,8 erkeklerin ise %62,2 orana sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Katılımcı Bilgileri

	Değişkenler	f	%
Sınıf	1	49	50
	2	49	50
Cinsiyet	Kadın	37	37,8
	Erkek	61	62,2

Soruların ortalama değerlerinin incelendiği Tablo-2 'de ise en düşük ortalamanın Karmaşık Programlama Görevlerinde yer alan "Bir programın daha okunabilir ve açık olması için uzun ve karmaşık kısımları yeniden yazabilirim." sorusu 3,1 ortalama ile çıkmıştır. En yüksek değer ise 4,97 ortalama ile Basit Programlama Görevlerinden "Merhaba Dünya" mesajının görüntülenebileceği bir program yazabilirim" sorusudur. Tablo incelendiğinde öğrencilerin basit programlama görevlerini yapabildikleri karmaşık programlama görevlerine gelindiğinde ise öğrencilerin zorlandıkları görülmektedir.

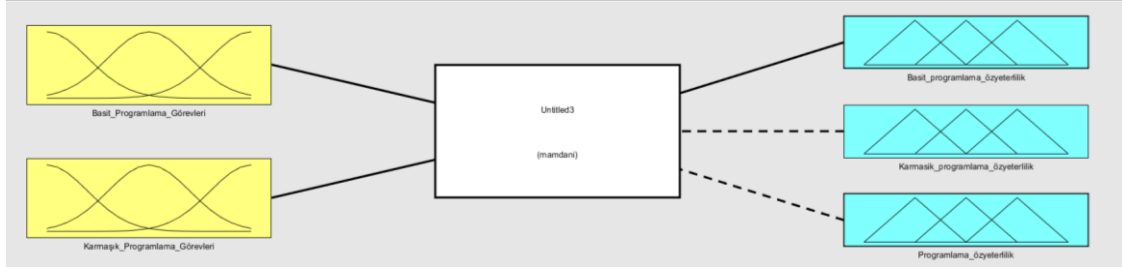
Tablo 2. Soruların Ortalama Değerleri

	Değişkenler	Ortalama Değer
Basit Programlama Görevleri	"Merhaba Dünya" mesajının görüntülenebileceği bir program yazabilirim	4,97
	Üç sayının ortalamasını hesaplayan bir program yazabilirim	4,71
	Verilen herhangi bir sayı dizisinin ortalamasını hesaplayan bir program yazabilirim	4,17
Karmaşık Programlama Görevleri	İstenilenler açıkça tanımlandığında bir problemin çözümüne yönelik oldukça karmaşık ve uzun bir program yazabilirim	3,30
	Yazacağım bir programı modüler bir biçimde organize edip tasarlayabilirim	3,19
	Yazdığım uzun ve karmaşık bir programdaki tüm hataları ayıklayabilir ve çalışabilir hale getirebilirim	3,32
	Uzun, karmaşık ve birden fazla dosya gerektiren bir programı kavrayabilirim	3,29
	Bir programın daha okunabilir ve açık olması için uzun ve karmaşık kısımları yeniden yazabilirim	3,1
	Çevrede bir sürü dikkat dağıtıcı olsa bile programa odaklanma yollarını bulabilirim	3,19

Araştırmamıza konu olan öğrencilerin özyeterliliklerinin bulanık mantık yöntemi ile tespit edilmesi aşamasında öncelikle oluşturulan bulanık mantık modeline göz atmakta fayda vardır.

Bulanık Mantık Çıkarımı

Öğrencilerin özyeterliliklerinin tespiti için oluşturulan Bulanık Mantık modelinin yöntemi ile bulunması amacıyla oluşturulan programına ait bilgiler ve tasarım aşamalarına aşağıda yer verilmiştir. Öncelikle Bulanık Mantık Tasarım Ekranı, Üyelik giriş- çıktı bilgileri, Kural Tablosu, kural görüntüleyicisi ve yüzey görüntüleyicisi hakkında bilgilere yer almaktadır.



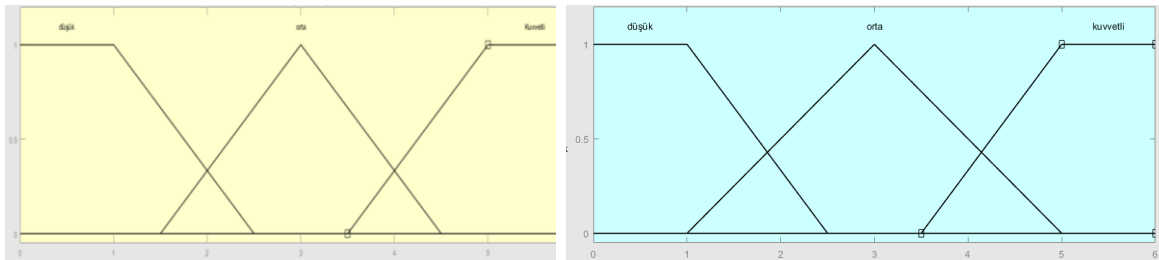
Şekil 2. Uygulamanın Bulanık Mantık Tasarım Ekranı

Şekil-2’de uygulama için geliştirilen bulanık mantık tasarım ekranı görüntülenmektedir. Tasarımda ölçekte bulunan iki faktöre ait bilgilerin ortalama değerleri alınarak her öğrencinin Programlama özyeterlilik algıları hesaplanmıştır. 2 giriş üyeliği ve özyeterlilik algılarının ölçüldüğü 3 çıkış üyesi bulunmaktadır. Çıkış üyelikleri Basit programlara karşı, karmaşık programlara karşı ve genel anlamda programlaya karşı özyeterliliklerinin hesaplandığı çıkış üyelikleridir. Basit ve karmaşık programlamaya ait ortalamalar girildiğinde öğrencilerin özyeterlilikleri hesaplanarak özyeterlilik durumları ekrana vermektedir. Giriş ve çıkış üyeliklerinin parametre değerleri Tablo 3’te yer almaktadır.

Tablo 3. Giriş ve Çıkış Üyelik Parametreleri

Değer Aralığı	Karşılığı
0 – 2,5	Düşük
1,5 – 4,5	Orta
3,5 – 6	Kuvvetli

Şekil 3’te uygulamada kullanılan üyelik giriş işlevleri ile Üyelik çıkış ekranları görüntülenmektedir. Her bir giriş üyeliği için Düşük- Orta- Kuvvetli şeklinde üç farklı işlev seçilmiştir. Bu girişler her bir faktöre ait sorular göz önüne alınarak bölümlenmiştir. Çıkış ekranında ise uygulamada bulanık mantık sonucunda elde edilecek olan çıktılarından bir kesit görüntülenmektedir. Her bir çıkış üyeliği için yine Düşük- Orta- Kuvvetli şeklinde üç tanımlama yapılmış ve faktörlere göre her öğrencinin özyeterlilik durumları ekrana verilmektedir. Bu tanımlamada her üyelik eşit boyutta irdelenmiştir.



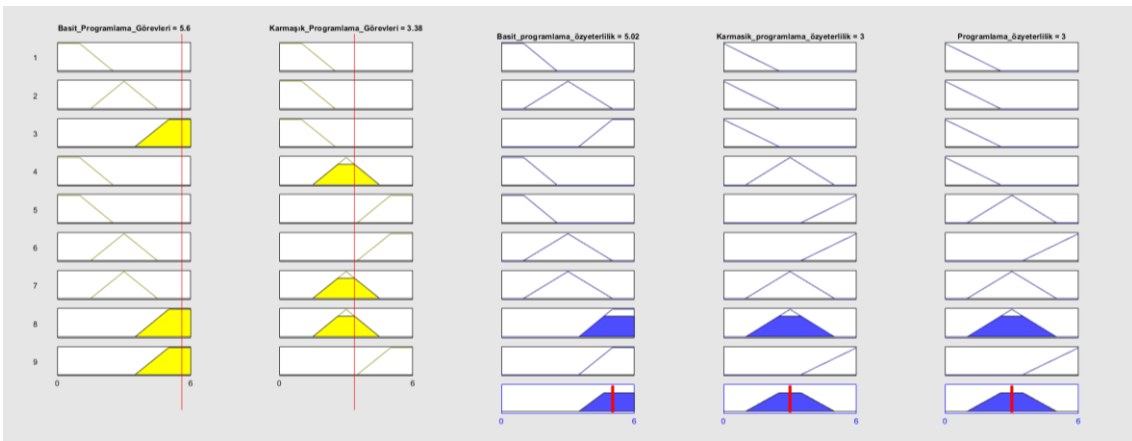
Şekil 3. Üyelik Giriş- Çıkış Ekranı

Üyelik fonksiyonu editöründe giriş- çıkış kümeleri ve ağırlıkları belirlendikten sonra bu sistemin çalışma esnasındaki girdi – çıktı ilişkini belirlemek için giriş ve çıkış üyeleri arasında kuralları tanımlamak gereklidir. Tanımlanan kurallar, girdi fonksiyonlarına bağlı olarak sistemin üreteceği çıkış değerini belirleyecek şekildedir. Sistemde tanımlanan kurallar ve kuralların doğruluğu Bulanık mantık modelinin performansını etkileyen en önemli faktörlerdendir. Bulanık mantık modelinde oluşturulacak olan kurallar tanımlanırken deneysel çalışmalarda elde edilen değerler iyi bir şekilde analiz edilerek belirlenir. Bulanık küme oluştururken tanımlanan dilsel değişkenler iyi tanımlanmadığında yapılan her yanlış adım yanlış kural yazımına ve yanlış sonuca götürür. Bu durum, Bulanık Mantık uygulamasının doğruluk hassasiyetinin bozulmasına neden olur. (Ata, 2015). Çalışma kapsamında 2 girdi ve 3 çıktılı bir sistem tanımlanmış ve toplamda 9 kural if- else yapısında “ve” bağlacı kullanılarak oluşturulmuştur. Oluşturulan kurallar Şekil 4’te görülmektedir.

1	if (Basit_Programlama_Görevleri is düşük) and (Karmaşık_Programlama_Görevleri is düşük) then (Basit_programlama_özyeterlilik is düşük)(Karmaşık_programlama_özyeterlilik is düşük)(Programlama_özyeterlilik is Düşük) (1)
2	if (Basit_Programlama_Görevleri is orta) and (Karmaşık_Programlama_Görevleri is düşük) then (Basit_programlama_özyeterlilik is orta)(Karmaşık_programlama_özyeterlilik is düşük)(Programlama_özyeterlilik is Düşük) (1)
3	if (Basit_Programlama_Görevleri is güçlü) and (Karmaşık_Programlama_Görevleri is düşük) then (Basit_programlama_özyeterlilik is kuvvetli)(Karmaşık_programlama_özyeterlilik is düşük)(Programlama_özyeterlilik is Düşük) (1)
4	if (Basit_Programlama_Görevleri is düşük) and (Karmaşık_Programlama_Görevleri is orta) then (Basit_programlama_özyeterlilik is düşük)(Karmaşık_programlama_özyeterlilik is Orta)(Programlama_özyeterlilik is Düşük) (1)
5	if (Basit_Programlama_Görevleri is düşük) and (Karmaşık_Programlama_Görevleri is kuvvetli) then (Basit_programlama_özyeterlilik is düşük)(Karmaşık_programlama_özyeterlilik is Yüksek)(Programlama_özyeterlilik is Orta) (1)
6	if (Basit_Programlama_Görevleri is orta) and (Karmaşık_Programlama_Görevleri is kuvvetli) then (Basit_programlama_özyeterlilik is orta)(Karmaşık_programlama_özyeterlilik is Yüksek)(Programlama_özyeterlilik is Yüksek) (1)
7	if (Basit_Programlama_Görevleri is orta) and (Karmaşık_Programlama_Görevleri is orta) then (Basit_programlama_özyeterlilik is orta)(Karmaşık_programlama_özyeterlilik is Orta)(Programlama_özyeterlilik is Orta) (1)
8	if (Basit_Programlama_Görevleri is güçlü) and (Karmaşık_Programlama_Görevleri is orta) then (Basit_programlama_özyeterlilik is kuvvetli)(Karmaşık_programlama_özyeterlilik is Orta)(Programlama_özyeterlilik is Orta) (1)
9	if (Basit_Programlama_Görevleri is güçlü) and (Karmaşık_Programlama_Görevleri is kuvvetli) then (Basit_programlama_özyeterlilik is kuvvetli)(Karmaşık_programlama_özyeterlilik is Yüksek)(Programlama_özyeterlilik is Yüksek) (1)

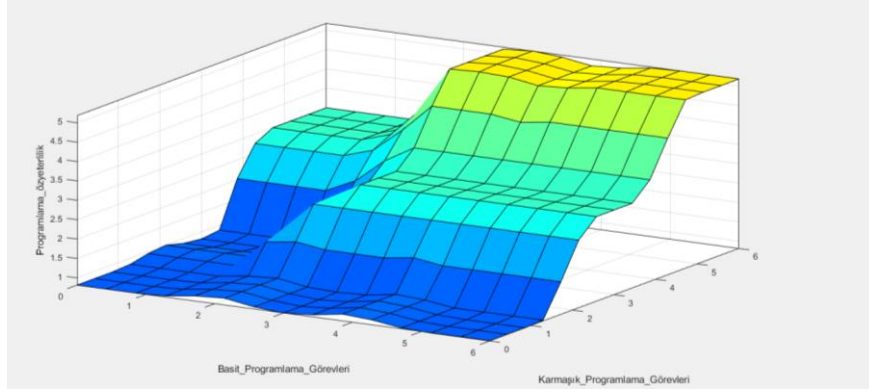
Şekil 4. Kural Tablosu

Uygulamada hazırlanan kuralların eşleşmesi sonucu elde edilen kural görüntüleyici ekranı Şekil 5’de gösterilmektedir. Uygulamaya girilen değerler sonrasında oluşturulan 2 giriş üyeliğindeki durum ve kurallar sonrasında çıkış üyeliklerinin her birindeki sonucu göstermektedir.



Şekil 5. Kural Tablosu

Şekil 6’da hazırlanan kurallar sonucunda elde edilen yüzey görüntüleyicisinden bir kesit gösterilmektedir. Kontrol Yüzeyi belgesi, iki giriş değişkeninin tüm olası kombinasyonları için FIS çıkış değerini gösterir (Matworks, 2019). Her bir üye girişin bir diğer üye girişi ve üye çıkış arasında tanımlanan kurallara göre yüzey görüntüleyicisinde farklılıklar oluşmaktadır. kurallar ile giriş değişkenleri arasında ilişkiler sonucunda çıktı olarak kullanıcının programlama özyeterlilik durumları tespit edilmektedir.



Şekil 6. Uygulamanın Yüzey Görüntüleyici Ekranı

Uygulamada oluşturulan Bulanık Modeli sonucunda elde edilen veriler ise tablo Tablo-4 ‘de yer almaktadır. Tablo 4 incelendiğinde öğrencilerin Basit programlara karşı özyeterliliklerinin kuvvetli olduğu görülmektedir. Karmaşık Programlara karşı özyeterliliklerinin düştüğü ve orta seviye olduğu gözlemlenirken. Programlamaya karşı özyeterliliklerinin ise orta seviye olduğu tespit edilmiştir. Karmaşık Programlara karşı özyeterliliklerinin Programlamaya karşı özyeterlilik algıları hemen hemen eşit olduğu da ayrıca gözlemlenmiştir.

Tablo 4. Öğrencilerin Programlama Algılarına Yönelik Özyeterlilik Durumları

Öz Yeterlilik	Düşük		Orta		Kuvvetli	
	f	%	f	%	f	%
Basit Programlara Karşı Özyeterlilikleri	2	2,0	38	38,8	58	59,2
Karmaşık Programlara Karşı Özyeterlilikleri	21	21,4	59	60,2	18	18,4
Programlama Dillerine Karşı Özyeterlilikleri	20	21,4	60	61,2	18	18,4

SONUÇ

Yapılan çalışmada Sağlam (2016) tarafından Ramalingam ve Wiedenbeck (1998) tarafından geliştirilen ve Altun ve Mazman (2012) tarafından Türkçeye uyarlanan “Programlamaya İlişkin Öz Yeterlilik Algısı Ölçeği” kullanılan veri seti kullanılarak öğrencilerin Programlamaya ilişkin öz yeterlilik algılarının Bulanık Mantık yöntemi ile tespiti gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan veri setinde katılımcıların sınıflara göre homojen olarak dağıldığı görülürken erkek öğrenci sayısının kadın öğrenci sayısından fazla olduğu görülmüştür. Meslek Yüksekokullarına gelen öğrencilerin seviyelerinin düşük olduğu göz önüne alındığında bu verilerin ortaya çıkması ile de Programlamaya ilişkin öz yeterliliklerinin de düşük seviyede olduğu görülmektedir. Günümüz çağının teknoloji çağı olduğu ve yazılımın önem kazandığı bir dönemde programlamaya karşı özyeterliliklerinin daha yüksek seviyeye getirilmesi için çeşitli çalışmaların olduğu görülmektedir. Özellikle uzaktan eğitim yolu ile kişilere programlama temelini oluşturulması bu konuda önemli bir adımdır. Öğrencilerin öğrenim hayatlarında bu eğitimlere katılmaları teşvik edilerek boş zamanlarında programlama daha fazla zaman ayırmaları sağlanarak öz yeterliliklerinin arttırılmasında önemli bir rol oynayacaktır.

KAYNAKÇA

- Allahverdi, N. (2007). Bulanık mantık problemleri için Türkçe görsel bir arayüz tasarımı. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Elektronik ve Bilgisayar Sistemleri Eğitimi Ana Bilim Dalı, Konya.
- Altun, A., & Mazman, S. G. (2012). Programlamaya ilişkin öz yeterlilik algısı ölçeğinin Türkçe formunun güvenirlik ve geçerlik çalışması. *Journal of Measurement and Evaluation in Education and Psychology*, 3(2), 297-308.
- Arseven, A. (2016). Öz Yeterlilik: Bir Kavram Analizi. *Electronic Turkish Studies*, 11(19).
- Ata, S.(2015). Pem yakıt hücresinin membran performansının deneysel olarak incelenmesi ve enerji ayrışımı olayının bulanık mantık yöntemi ile modellenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- Ataşoğlu, A. (2019). Bulanık Mantık #3: Bulanık Kurallar ve Çıkarım. Erişim Linki: <https://ahmetatasoglu98.medium.com/bulan%C4%B1k-mant%C4%B1k-3-bulan%C4%B1k-kurallar-ve-%C3%A7%C4%B1kar%C4%B1m-8f9d411080c> (Erişim Tarihi: 01.11.2022)
- Bandura, A. (1997). *Self-Efficacy (The Exercise of Control)*, New York: W. H. Freeman and Company. BF637.S38B36.
- Bayrakdar, M. E., Bayrakdar, S., Yücedağ, İ. ve Çalhan, A. (2015). Bilişsel radyo kullanıcıları için bulanık mantık yardımıyla kanal kullanım olasılığı hesabında farklı bir yaklaşım. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(1), 88-99
- Dilsiz, S. (2005). Bulanık mantık ve yapay sinir ağları ile Türkçe yazım denetleyicisi. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Durgut, A., Biroğul, S., & Yücedağ, İ. (2017). Forex Piyasasındaki Değişimlerin Bulanık Mantık Yöntemiyle Tahmin Edilmesi. *Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi*, 10(2), 19-27.
- Gozalez, R.C., Woods, R.E. & Eddins, S.L. (2009). Digital image processing using MATLAB. Gatesmark.
- Göksu, A. (2008). Bulanık analitik hiyerarşik proses ve üniversite tercih sıralamasında uygulanması. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Güler, O., Yücedağ, İ. (2017). Mesleki ortaöğretim öğrencilerinin alan seçimi problemine bulanık mantık temelli yaklaşım. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi (HU Journal of Education)*, 32(1), 111-122.
- Güner, N., & Çomak, E. (2014). Lise öğrencilerinin matematik dersine yönelik tutumlarının bulanık mantık yöntemi ile incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(5), 189-196.
- Haşlamam, T., & Aşkar, P. (2007). Programlama dersi ile ilgili özdüzenleyici öğrenme stratejileri ve başarı arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 32(32), 110-122.
- İşlek, C. (2021). Robot elin hassas kavrama görevi için bulanık mantık ile kavrama kuvvetinin kontrolü (Master's thesis, İskenderun Teknik Üniversitesi/Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü/Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Hatay.
- Korkmaz, M., Timuçin, T. ve Yücedağ, İ. (2017). Kredi Risk Analizinde Bulanık Mantık Kullanılarak Aday Durum Tespitinin Yapılması. *International Academic Research Congress 18-21 Ekim 2017 içinde* (s. 1355- 1359). Antalya
- Kotaman, H. (2008). Özyeterlilik inancı ve öğrenme performansının geliştirilmesine ilişkin yazın taraması. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(1), 111-133.

- Lau, W. W., & Yuen, A. H. (2009). Exploring the effects of gender and learning styles on computer programming performance: implications for programming pedagogy. *British Journal of Educational Technology*, 40(4), 696-712.
- Mamdani, E. H., & Assilian, S. (1975). An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *International journal of man-machine studies*, 7(1), 1-13.
- Mathworks (2019). MATLAB R2019. MathWorks.
- Mazman G.S.(2013). Programlama Performansını Etkileyen Faktörlerin Bilişsel Tabanlı Bireysel Farklılıklar Temelinde Modellenmesi. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü, Ankara.
- Özdiñç, F., & Altun, A. (2014). Bilişim Teknolojileri Öğretmeni Adaylarının Programlama Sürecini Etkileyen Faktörler. *İlköğretim Online*, 13(4).
- Özyurt, Ö., & Özyurt, H. (2015). Bilgisayar programcılığı öğrencilerinin programlamaya yönelik tutumları ve programlama öz-yeterliliklerini belirlemeye yönelik bir araştırma. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 11 (1), 51-67.
- Ramalingam, V., & Wiedenbeck, S. (1998). Development and validation of scores on a computer programming self-efficacy scale and group analyses of novice programmer self-efficacy. *Journal of Educational Computing Research*, 19(4), 367-381.
- Reisi, A. R., Moradi, M. H., & Jamasb, S. (2013). Classification and comparison of maximum power point tracking techniques for photovoltaic system: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 19, 433-443.
- Sabah L, Yücedağ İ. ve Yalçın C. (2017). Earthquake hazard analysis for districts of Düzce via AHP and fuzzy logic methods, *The Journal of Cognitive Systems*, 2(1),1-5
- Sağlam, A. (2016). Bilgisayar Programcılığı Öğrencilerinin Programlama Öz Yeterliliklerinin Ölçülmesi: Merzifon MYO Örneği. V. Uluslararası Meslek Yüksekokulları Sempozyumu: UMYOS'2016, Prizren/ Kosova, 18-20 Mayıs 2016.
- Sağlam, A., & Yücedağ, İ. (2022). Determination Of Personality Analyzes Of Vocational School Students By Fuzzy Logic Method: Case Of Merzifon Vocational School. *Ejovoc (Electronic Journal of Vocational Colleges)*, 12(1), 1-14.
- Sinecen, M. (2002). Klima sistem kontrolünün bulanık mantık ile modellenmesi. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Şen, Z. (2020). Bulanık mantık ilkeleri ve modelleme. *Su Vakfı*.
- Tarı, E. (2010). Ölü zamanlı sistemlerde üyelik fonksiyonlarının taban aralığının ayarlanmasına dayalı bulanık kontrolör tasarımı. *Yayınlanmamış Doktora Tezi* İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tekerek, M., Ercan, O., Udum, M. S., & Saman, K. (2012). Bilişim teknolojileri öğretmen adaylarının bilgisayar öz-yeterlilikleri. *Turkish Journal of Education*, 1(2), 80-91.
- Timuçin T, Korkmaz M, Yücedağ İ ve Biroğul S. (2017). Fuzzy logic based product selection with SQL query method in computer industry. *International Academic Research Congress* 18-21 Ekim 2017 içinde (s. 1253-1259). Antalya.
- Ünal, C. (2009). Bulanık mantık uygulamasıyla konfeksiyonda işin personelin değerlendirilmesi. *Yayınlanmamış Doktora Tezi*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Üredi, İ., & Üredi, L. (2005). İlköğretim 8. sınıf öğrencilerinin öz-düzenleme stratejileri ve motivasyonel inançlarının matematik başarısını yordama gücü. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(2).

Yağcı, M. (2016). Bilişim teknolojileri (BT) öğretmen adaylarının ve bilgisayar programcılığı (BP) öğrencilerinin programlamaya karşı tutumlarının programlama öz yeterlik algılarına etkisi. *International Journal of Human Sciences*, 13(1), 1418-1432.

Yücedağ. İ. (2015). Bulanık Mantık [PDF belgesi].

Zadeh, L. A. (1996). Fuzzy logic, neural networks, and soft computing. In *Fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy systems: selected papers by Lotfi A Zadeh* (pp. 775-782).

BÖLÜM

3

YAPAY ZEKÂ VE KİMYA UYGULAMALARI

Doç. Dr. Rıza BAYRAK

Sinop Üniversitesi,

E-posta: bayrakriza@sinop.edu.tr

 0000-0002-0398-7694

ATIF: Bayrak, R (2022). Yapay Zekâ ve Kimya Uygulamaları. Volkan ÇAVUŞ (Ed.), *Yapay Zeka Uygulamalarında Güncel Konular ve Araştırmalar-2* içinde (ss. 36-53). Konya, Çizgi Kitabevi Yayınları.

- BÖLÜM 3 -

YAPAY ZEKÂ VE KİMYA UYGULAMALARI

Rıza BAYRAK

*Doç.Dr., Sinop Üniversitesi,
E-posta: bayrakriza@sinop.edu.tr*

 0000-0002-0398-7694

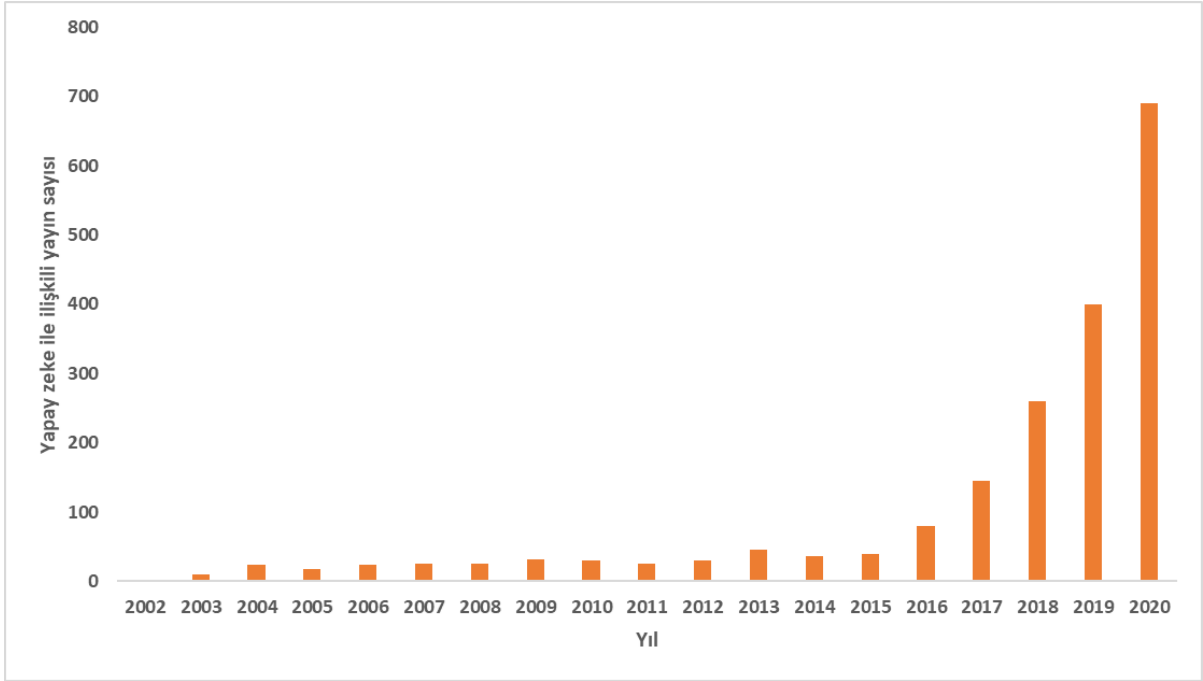
GİRİŞ

Yapay zekâ, makinelerin herhangi bir programlama olmaksızın, veri girişlerini kullanarak bir işlem için karar verme ve buna bağlı olarak hareket etme yeteneğini ifade etmektedir. Tipik bilgisayar programları açık talimat setlerine göre çıktılar üretirken, yapay zekâ sistemleri tahminlerde bulunmak için veriye dayalı modelleri kullanmaktadırlar. Bir yapay zekâ modeli genellikle ilk olarak bilinen çıktı değerlerine sahip temsili veri kümeleri üzerinde eğitilir, böylece girdi-çıktı ilişkilerini öğrenir. Sonrasında ise eğitilmiş bu model benzer verilerin çıktı değerlerini tahmin etmek veya yeni veriler oluşturmak için kullanılabilir. Kompleks veri dizinleri gibi karmaşık ilişkileri içeren birçok sorunun giderilmesi oldukça zor görünürken yapay zekâ teknolojisi günümüzde önemli bir fırsat olarak karşımıza çıkmaktadır (Baum ve ark., 2021, Gill, 2021, Karthikeyan, 2022).

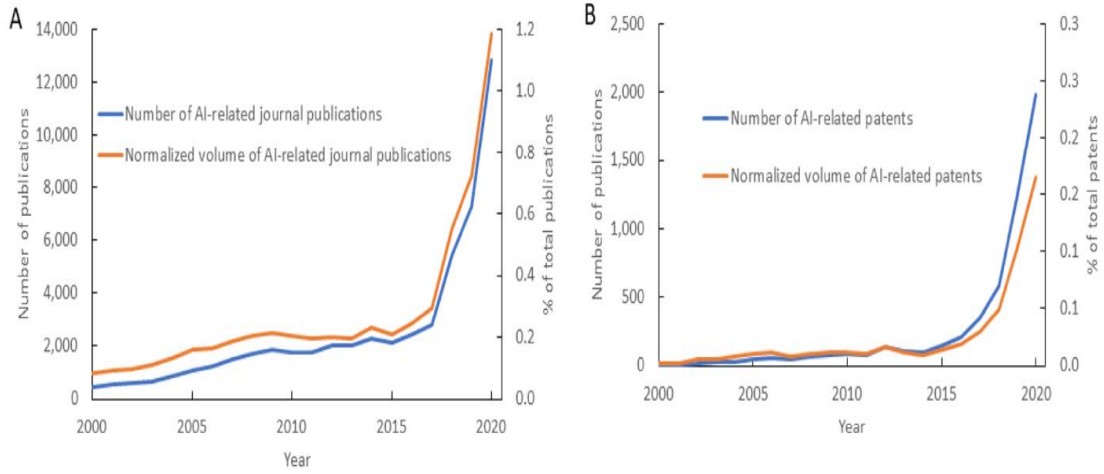
Kimyagerler, bilgilerini büyük ölçüde deneyler yaparak elde eder ve bu sayede veri toplamaktadır. Kimyagerler, çeşitli verileri bir araya getirip bunları analiz ederek kimya anlayışlarını geliştirmişlerdir. Karmaşık ilişkilerin oldukça fazla bulunduğu kimya alanında yapay zekâ özellikle son yıllarda çeşitli işlemlerde kullanılmaktadır. Örneğin laboratuvarlarda gerçekleştirilecek bir sentez reaksiyonunda elde edilecek bileşiğin yapısı, çözünürlüğü vb. özellikleri basit verilere dayalı denklemler yardımıyla yapay zekâ teknolojisi yardımıyla tahmin edilebilmektedir. Yapay zekânın özellikle kimya alanındaki kullanımı, bilgi işlem gücündeki ani büyüme ve kimyagerlerin veri okuryazarlığının gelişmesi gibi nedenlerle son yıllarda hızlı bir artış göstermiştir. Yapay zekâ uygulamaları sayesinde yeni ilaçların biyoaktivitelerinin tahmin edilmesi, reaksiyon şartlarının optimize edilmesi ve kompleks molekül sentezleri için sentez yolları önerilmesi gibi işlemler yapılmakta, bu da tasarım ve deneysel prosedürler için harcanan çabanın önemli ölçüde azaldığını göstermektedir (Baum ve ark., 2021, Gasteiger, 2020, Gill, 2021, Karthikeyan, 2022).

YAPAY ZEKÂ İLE KİMYA İLİŞKİLİ YAPILAN ARAŞTIRMALARA GENEL BAKIŞ

Küresel çapta artış gösteren araştırma faaliyetleri nedeniyle bilimsel araştırma sayılarında bilhassa son 20 yılda sıçrama yaşanmıştır. Bu sıçrama kimya alanında da doğal olarak gerçekleşmiştir. Ancak kimya alanında gerçekleştirilen bu araştırma faaliyetlerinin ne kadarının yapay zekâ ile ilişkili olduğunun kıyaslanması gerekmektedir. 2000 ile 2020 yılları arasında gerçekleştirilen araştırma faaliyetleri incelendiğinde yapay zekâ ile ilişkili olan makale ya da patent çalışmalarının 2015 yılından sonra önemli ölçüde yükseldiği görülmektedir (Şekil 1.). Bunun nedeni ise derin öğrenme projelerinin 2012 yılı dolaylarında başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesinden kaynaklanmaktadır. Sonuç olarak her ne kadar teknolojik gelişmeler ile birlikte 2000 yılından itibaren makale ve patent sayısı önemli bir artış gerçekleştirmiş olsa da, yapay zekâ teknolojilerinin gelişim göstermesinin akabinde ise yapay zekâ ve kimya ilişkili çalışmaların sayısı 2015 yılından sonra sıçrama göstermiştir. Gerçekten de 2020 yılı itibarıyla yapay zekâ ve kimya ilişkili dokümanların %50'si son 4 yılda yayımlanmıştır. Şekil 1'de 2000-2020 yılları arası toplam yapay zekâ ile ilişkili yayın sayıları sunulmaktadır. Grafikten de anlaşılacağı üzere 2015 yılından itibaren oluşan bilgi birikiminin yansıması olarak yayın faaliyetlerinin çok hızlı bir şekilde arttığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 2'de de 2000-2020 yılları arasında gerçekleştirilen toplam dergi ve patent yayın hacimleri verilmekle birlikte bunların toplam yayın sayısına göre normalize edilmiş hacimleri de sunulmaktadır. (Baum ve ark., 2021, Gill, 2021, Karthikeyan, 2022).



Şekil 1. 2000-2020 yılları arası toplam yapay zekâ ile ilişkili yayın sayıları (Karthikeyan ve ark., 2022).



Şekil 2. 2000-2020 yılları arasında yapay zeka ile ilişkili kimya alanında gerçekleşen yayın hacmi, A: Dergi yayınları, B: Patent yayınları (Baum ve ark., 2021).

Ülkelerin bu teknolojik sıçramanın neresinde olduğu ve yapay zekâ ve kimya ile ilişkili araştırma faaliyetlerine de değinilmesi küresel farkındalığı arttırmak açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Ülkelerin yapay zekâ ile ilişkili makale ve patent sayıları incelendiğinde (Tablo 1), her iki sınıfta da Çin Halk Cumhuriyeti ve Amerika Birleşik Devletleri'nin dünya geneline baskın olduğu görülmektedir.

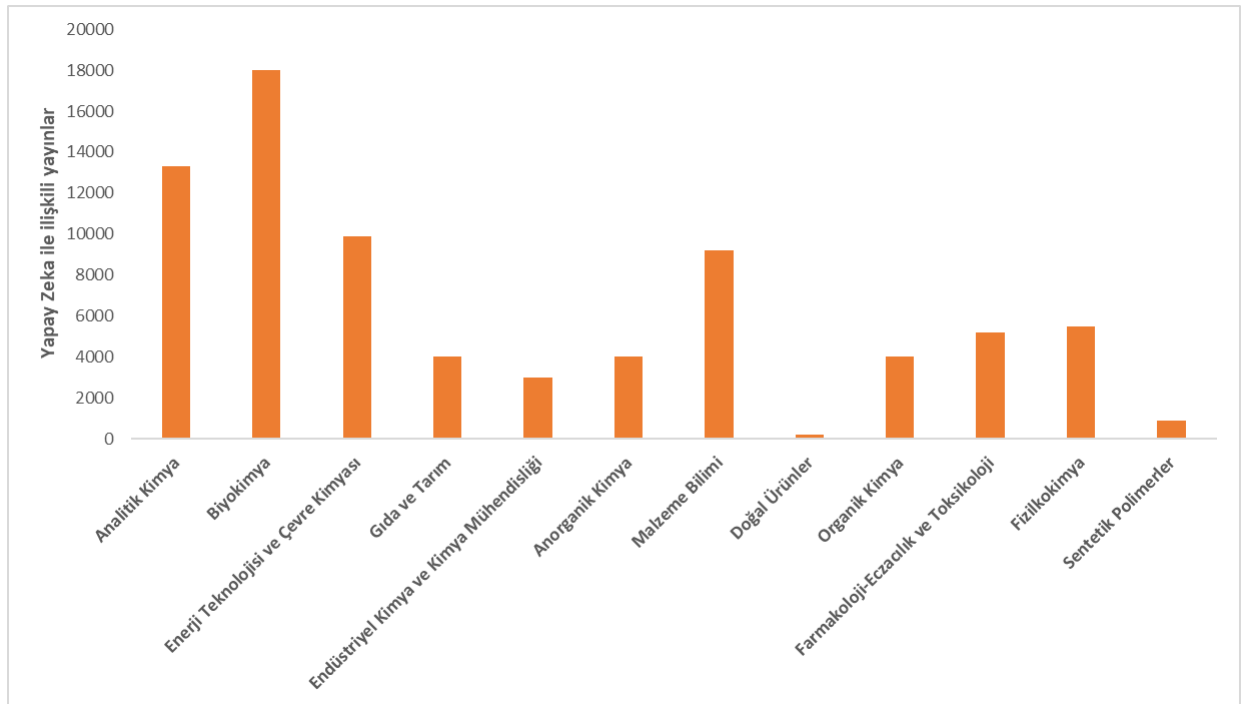
Tablo 1. Ülkelere göre yapay zekâ ve kimya ilişkili araştırma faaliyetleri (Baum ve ark., 2021)

Ülke	Makale (%)	Ülke	Patent (%)
Çin Halk Cum.	26,52	Çin Halk Cum.	39,03
ABD	17,20	ABD	21,09
Hindistan	5,79	Güney Kore	10,03
İran	5,46	Japonya	7,54
Birleşik Krallık	3,94	Hindistan	2,50
Almanya	3,77	Almanya	2,30
Japonya	3,21	Kanada	1,24
Güney Kore	2,59	Birleşik Krallık	1,01
İspanya	2,25	İsrail	0,84
İtalya	2,03	Hollanda	0,81
Kanada	2,02	Tayvan	0,78
Türkiye	1,68	Fransa	0,64
Brezilya	1,65	İsviçre	0,45
Fransa	1,58	Rusya	0,41
Avustralya	1,46	İrlanda	0,34
Polonya	1,21	Avustralya	0,32
Tayvan	1,15	Suudi Arabistan	0,23
Malezya	0,95	İsveç	0,23
İsviçre	0,90	Finlandiya	0,22

Tabloda Türkiye yayımlanan çalışmalar listesinde kendisine yer bulurken, patent sayısında listede bulunmaması dikkate değer ve değerlendirilmesi gereken bir durum olarak göze çarpmaktadır. Ayrıca Tayvan, Hollanda, İsrail, Fransa ve İsviçre gibi ülkelerin makale hacmi bakımından tablodaki listede bulunmaması ve paten hacmi bakımından ise listede kendine yer bulması da ayrıca detaylıca irdelenmesi gereken bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Öte yandan, tıbbi cihaz ve teknoloji şirketleri, yapay zekâ/kimya ile ilgili ticari patent sayısının ekseriyetine sahiptirler. Bunun nedeni, bu alanda faaliyet gösteren şirketler yariletken cihaz üretimi, biyoindikatör taraması gibi çeşitli süreçlerin

otomasyonu, kontrolü ve optimizasyonu için yapay zekâ teknolojisine güvenerek yatırımlarının büyük bir bölümünü bu alana doğru kanallandırmalarıdır. (Baum ve ark., 2021, Gill, 2021, Karthikeyan, 2022).

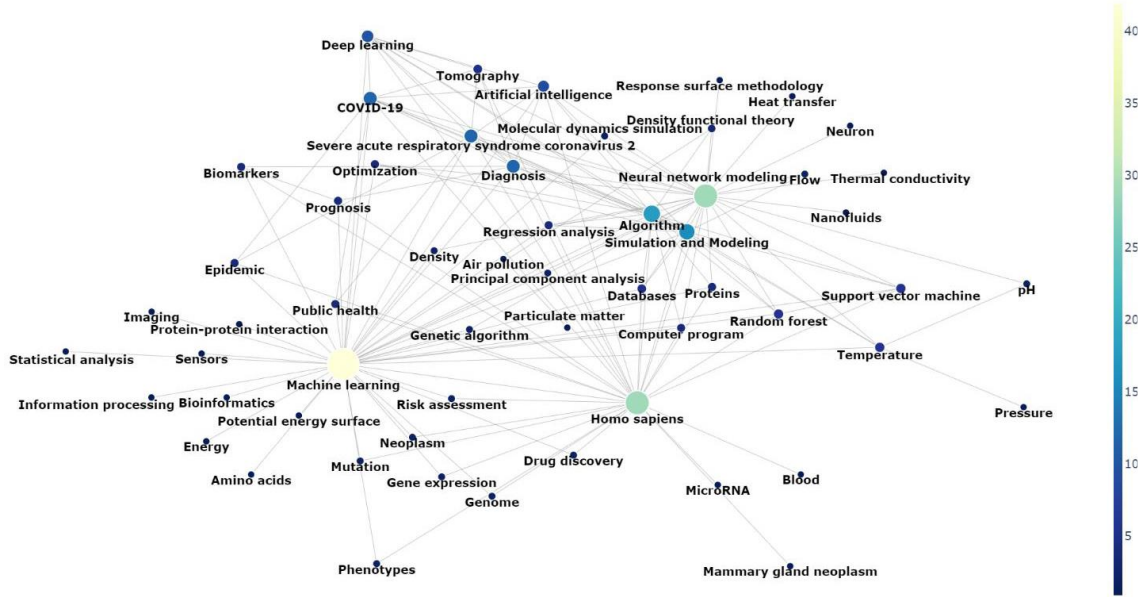
Kimya ile yapay zekâ ilişkisini daha detaylı incelemek amacıyla yapılan değerlendirmede, Analitik Kimya, Biyokimya, Enerji Teknolojisi ve Çevre Kimyası, Gıda ve Tarım, Endüstriyel Kimya ve Kimya Mühendisliği, Anorganik Kimya, Malzeme Bilimi, Doğal Ürünler, Organik Kimya, Fizikokimya, Sentetik Polimerler, Farmakoloji-Eczacılık ve Toksikoloji gibi 12 alan karşımıza çıkmaktadır. Bu alanlar özelinde ise Analitik Kimya, Biyokimya, Enerji Teknolojisi ve Çevre Kimyası ve Malzeme Bilimi öne çıkmaktadır. Şekil 3'te 2000-2020 yılları arası disiplinlere göre yapay zekâ ile ilişkili yayın sayıları verilmiştir. Bu alanlar arasında yapılan son 10 yıldaki çalışmalar incelendiğinde hem patent hem de makale sayısında Analitik Kimya başı çekmektedir. Enerji Teknolojisi ve Çevre Kimyası ve Endüstriyel Kimya ve Kimya Mühendisliği alanları ise toplam çalışma hacmi bakımından 2. sırada gelmektedir. Biyokimya alanı ise patent sayısında da dikkat çekici durumdadır. Bu durum ise biyokimya ve yapay zekâ ilişkili araştırma faaliyetlerinin ilaç araştırma ve geliştirme çalışmalarında yürütülmesi ve elde edilen verilerin patent çalışmalarının derhal tamamlanmasından ileri gelmektedir (Baum ve ark., 2021, Gill, 2021, Karthikeyan, 2022).



Şekil 3. 2000-2020 yılları arası disiplinlere göre yapay zekâ ile ilişkili yayın sayıları
(Baum ve ark., 2021)

Bilim ve teknolojiye yeni yenilikler, genellikle yeni bakış açıları, yöntemler ve ürünler elde etmek için birden fazla araştırma alanı arasında bağlantılar kurularak yapılır. Örneğin moleküler dinamik konusunda geliştirilen bir teorik metot, bir ligandın ilaç ile etkileşimi konusunda kullanılabilir. Geliştirilen bu metot ilaç aktivitesi hakkında fikir verebilir. Bu tür araştırma faaliyetleri doğal olarak disiplinler arası çalışma gerektirmektedir. Diğer taraftan deneysel çalışmalardan toplanan veriler ise bazı simülasyonlarda kullanılabilir. Bu açıdan bakıldığında Analitik Kimya ile Biyokimya, Malzeme bilimi ile Fizikokimya ve Biyokimya ile Farmakoloji-Eczacılık ve Toksikoloji alanları yoğun ilişki içerisindedir (Baum ve ark., 2021, Gill, 2021, Karthikeyan, 2022).

Yapay zekâ ile Kimya ilişkisini araştırma konuları üzerinden de incelemek değişim ve gelişim üzerine yorum yapmak ilgi çekicidir. Bu geçmiş ve bugünün yanı sıra geleceği tahmin etmek için de önemli veriler sunabilir. 2000'li yılların başlarında yapay sinir ağları ve algoritmalar ile ilişkili sadece birkaç kavram var iken (Örn: Spektrometri, gaz sensörleri, protein sekansları vb.) günümüzde birçok konu başlığı ile ilişkilidir (Şekil 4). Bu ilişki daha önce sözü edilen nedenlerden dolayı özellikle 2015 yılından sonra dikkate değer bir şekilde artmıştır. 2020 yılı itibarıyla kimya alanında yayın yapan dergilerde, özellikle COVID-19 pandemisinin de etkisiyle, yapay zekâ, ilaç keşfi, hastalık teşhisi ve hastalık takibi alanlarında sıklıkla kullanılmaktadır (Şekil 4) (Baum ve ark., 2021, Bannigan ve ark. 2021, Karthikeyan, 2022).

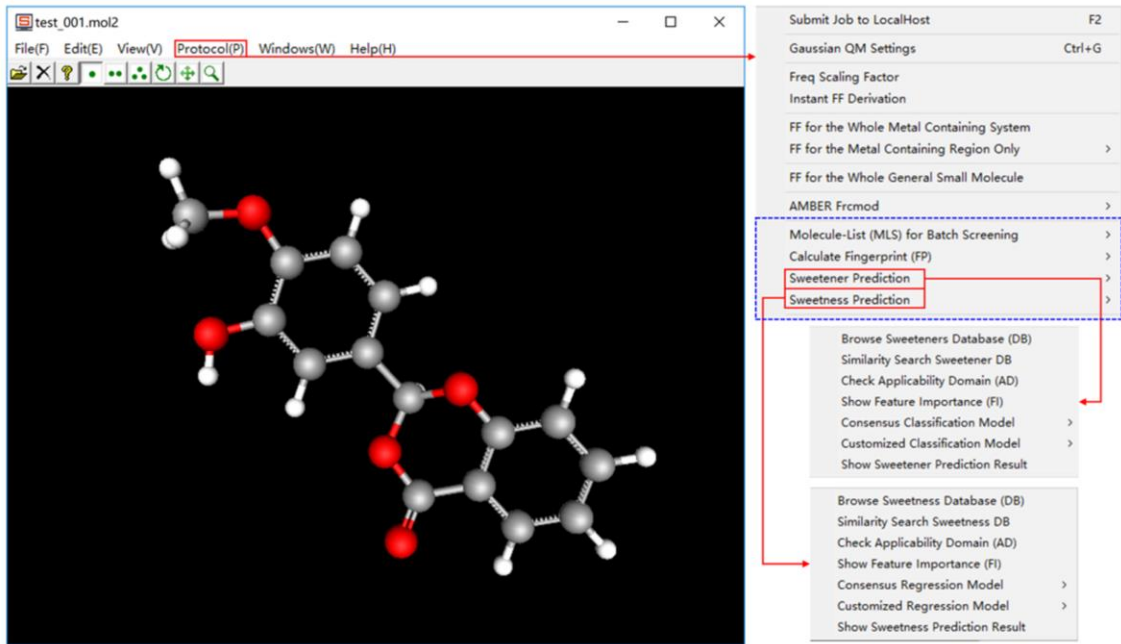


Şekil 4. 2020 yılında kimya alanında yayın yapan dergilerde yayınlanan çalışma konularının yapay zekâ ile ilişkisi (Baum ve ark., 2021).

Sonuç olarak yapay zekânın kimyadaki uygulamaları, yayın hacmindeki önemli artışla da kanıtlandığı gibi, son yıllarda giderek daha popüler hale gelmiştir. Ancak bu ilişkinin tekdüze olmaması ve bazı alanlarda özellikle daha güçlü olması da dikkat çekicidir. Yapay zekânın eldeki verilerle öngörülemez durumların izlenmesine yardımcı olabileceği ise aşîkârdır.

YAPAY ZEKÂ İLE KİMYA İLİŞKİLİ ARAŞTIRMA ÖRNEKLERİ

Zheng ve arkadaşlarının 2019 yılında gerçekleştirdikleri bir çalışmada moleküllerin görece tatlılığını tahmin eden “e-Sweet” adlı ücretsiz bir makine öğrenimi yazılım platformu tasarlanmış ve kullanıma sunulmuştur. Tatlılık veren ya da vermeyen birçok molekülün yapılarını içeren veri tabanı kullanılarak makine öğrenimi işlemi gerçekleştirildi. Makine öğrenimi esnasında kullanılacak öğrenme modelleri ise support vector machine, random forest ya da derin öğrenme (deep neural networks) modelleridir. Bu modellemelerde bağıl tatlılık değeri verilen her bir molekül etiketlenmektedir. Bu kapsamda 530 tatlı ve 850 tatlı olmayan organik moleküle ait yapısal veriler kullanılmıştır (Şekil 5). Bu sayede ilgili alanda çalışan araştırmacıların daha tatlı molekülleri keşfedebilmelerine yardımcı olunacaktır (Zheng ve ark., 2019).



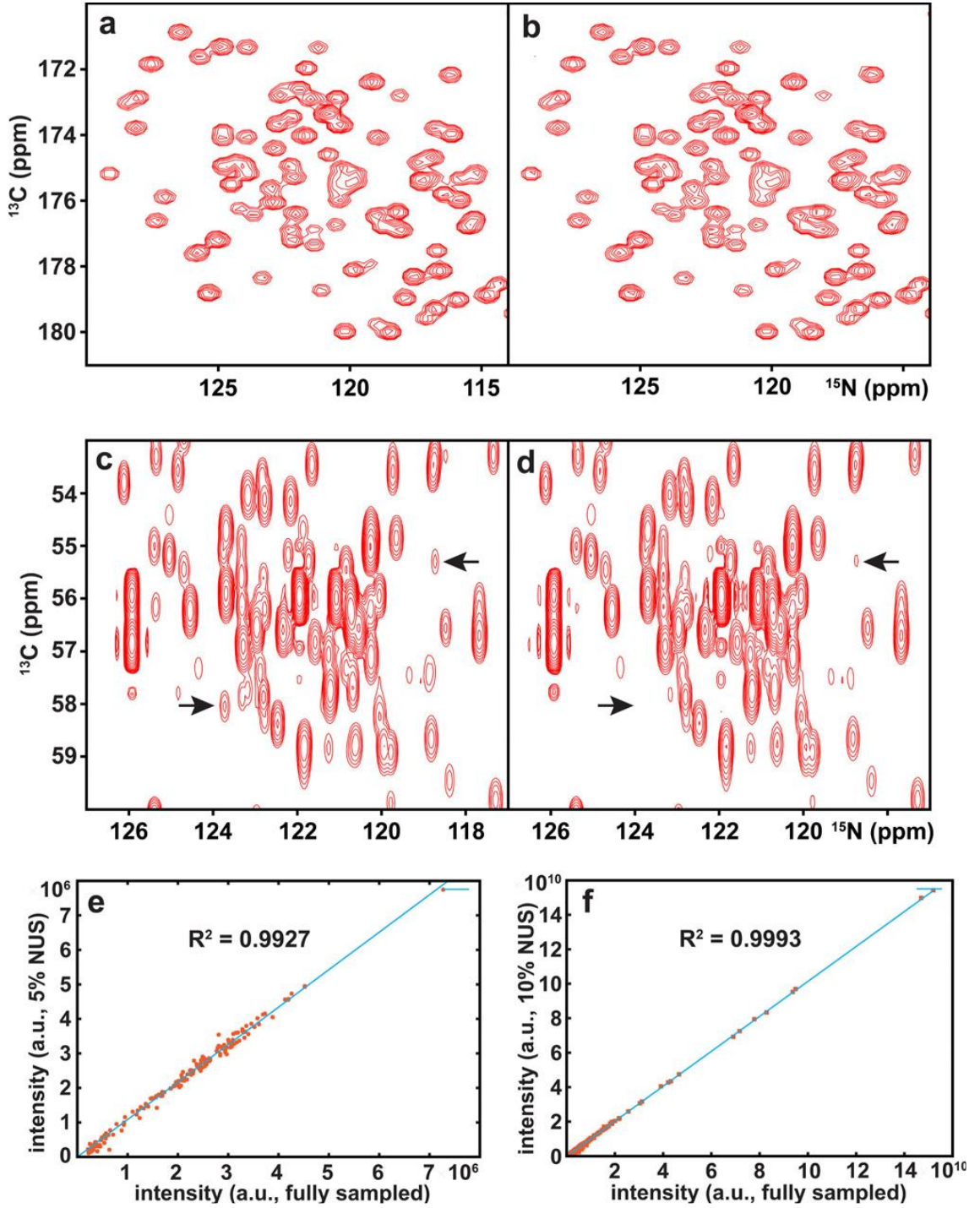
Şekil 5. Tatlandırıcı ve tatlılık tahmini için e-Sweet platformunun temel özellikleri
(Zheng ve ark., 2019)

Li ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği bir çalışmada araştırmacılar, (S)-Adenozil-L-Metionin (SAM)-Bağımsız Metiltransferaz ailesini inhibe eden ya da etmeyen moleküllerin

sınıflandırılması üzerine derin öğrenme tabanlı model geliştirilmiştir. Üzerine araştırma yapılan yapılar, bazı genetik bozuklukların ve aynı zamanda kanserin patojeni olan enzimlerdir. Bu yapıları etkileyebilecek 1740 potansiyel inhibitör ligandı üzerine incelemeler yapılarak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiş ve daha önceki çalışmalar ile istatistiki karşılaştırmalar yapılmıştır (Li ve ark., 2019).

Başka bir yayında ise algoritmaların eğitilmesi amacıyla 700'ün üzerinde zeytinyağı numunesinin kalitelerine göre sınıflandırılabilmesi amacıyla gaz kromatografisi ve iyon mobilite spektrometri verileri bir araya getirilerek derin öğrenme modeli kullanılmıştır. Çalışmanın temel amacı insan sağlığına ve tüketime uygun ve kaliteli ürüne güvenli bir şekilde ulaşmayı sağlamaktır (Vega-Márquez ve ark. 2020).

Nükleer manyetik rezonans spektroskopisi modern kimya ve yaşam bilimleri alanlarında oldukça önemli yer tutan bir karakterizasyon yöntemidir. İşlemin uygulanması esnasında yorumlanacak verilerin değerlendirilmesi aşamasında araştırmacıların çaba sarf etmesi gerekmektedir. Bu da zaman kaybına neden olmaktadır. 2020 yılında gerçekleştirilen bir araştırmada, sınırlı deneysel verilerden yüksek kaliteli, güvenilir ve çok hızlı NMR spektrum yapılandırılması için derin öğrenme modeli uygulanmıştır. Çalışma içeriğinde sunulan iki küçük protein moleküllerine ait (azurin ve GB1-HttNTQ7) 3D spektrum rekonstrüksiyonları yapay zeka modelinin ne denli başarılı olduğunu kanıtlamaktadır (Şekil 6) (Qu ve ark., 2020).



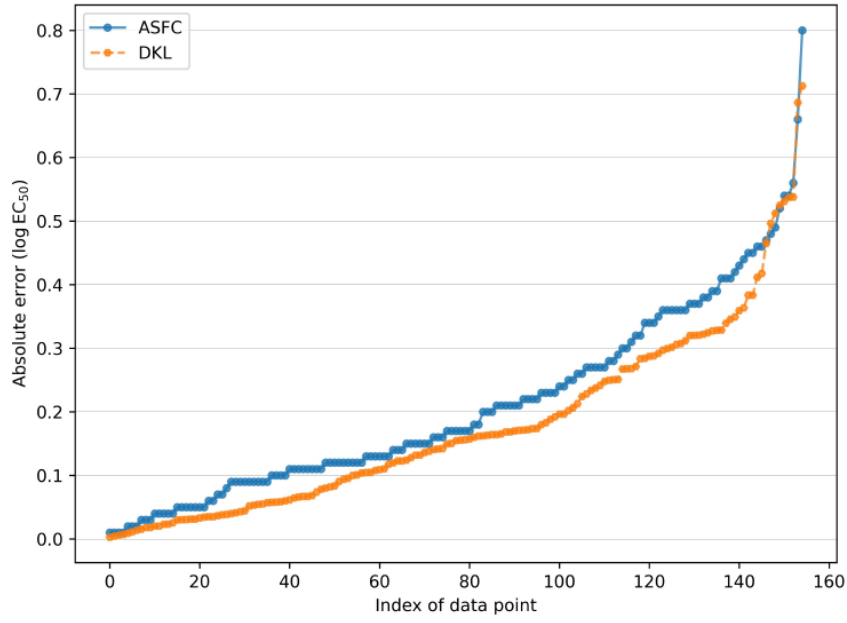
Şekil 6. a) Azurin'in tamamen örneklenmiş HNCOSY spektrumundan ^{13}C - ^{15}N projeksiyonlarının alt bölgeleri, b) Azurin molekülüne ait verilerin derin öğrenme modeli ile yapılandırılmış hali, c ve d) sırasıyla GB1-HttNTQ7 molekülüne ait veriler ve rekonstrüksiyonu, e) ve f) ise azurin ve GB1-HttNTQ7 moleküllerinin deneysel ve derin öğrenme modeli ile yapılandırılmış hallerinin pik şiddetlerinin korelasyonu (Qu ve ark., 2020)

Toksisite, halk sağlığı açısından hayati önem taşıyan bir parametredir. Bu alanda dikkate değer araştırmalar vardır. Toksisite tespitine yönelik bu tür araştırmalar laboratuvar görevlerini ve maliyeti düşürme potansiyeline sahiptir. Diğer yandan toksisite tespitinde kullanılan hayvan deneylerindeki belirsizlikler de yüksek verimli bilgisayar destekli tahminleri gerekli kılmaktadır. Toksisite tahmini için bilgiler öncelikle ilaç bileşiğinin kimyasal yapısından gelir. Bu amaçla kimyasal yapılar öncelikli olarak numaralara karşılık gelecek şekilde bilgisayara öğretilir. Sonrasında ise diğer parametreler tanımlanır. 2016 tarihli bir araştırmada da toksik özellikler üzerine derin öğrenme modeli ile değerlendirmeler yapılmıştır (Mayr ve ark., 2016).

Yine derin öğrenme modeli yardımıyla farklı elementlerin benzerlikleri ve fiziksel ve kimyasal etkileşimleri daha hızlı ve doğru şekilde tahmin edilebilmesinin üzerinde de durulmuştur (Jha ve ark., 2018).

Reaksiyon tahmini ve sentetik plan ile ilgili araştırmalar nispeten daha fazla iken reaksiyon verimi tahmini üzerine literatürde çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Reaksiyon verimi tahmini konulu çalışma kimyagerleri yüksek verimli reaksiyonlara yönlendirmede yardımcı olacaktır. Schwalker ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği bir araştırmada da tepkime verimi ve reaktant dönüşüm oranları üzerinde derin öğrenme modeli ele alınarak durulmuştur (Schwaller ve ark., 2021).

Düşük toksisiteye sahip iyonik sıvıların tanımlanması, çeşitli alanlardaki uygulamalar için çok önemlidir. İyonik sıvıların toksisitesini belirlemek için kullanılan geleneksel yaklaşımlar genellikle pahalıdır ve yoğun emek ve zaman alıcı olabilir. Bu yüzden daha önce de belirtildiği gibi bu tür dezavantajların önüne geçebilmek için hesaplamalı modellere başvurmak elzemdir. Lösemi sıçan hücre hattındaki iyonik sıvıların toksisitesini tahmin etmek amacıyla gerçekleştirilen bir çalışmada derin kernel öğrenme modeliyle (DKL) olasılıksal bir yöntem sunulmaktadır (Chipofya ve ark., 2022). Çalışmada ayrıca DKL modelinin performansı alandaki en iyi modeller ile (Atom Surface Fragment Contribution (ASFC) ve Group Contribution (GC)) karşılaştırılmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. ASFC ve DKL modelleri için 155 iyonik sıvıya ait deneysel ve tahmin edilen log EC₅₀ değerlerin arasındaki mutlak hatalar (Chipofya ve ark., 2022).

Moleküllerin önemli bir fiziksel özelliği olan absorpsiyon enerjisi, moleküllerin elektronik özelliklerini ve yapısal bilgilerini karakterize edebilir. Ayrıca, moleküler absorpsiyon enerjilerinin doğru hesaplanması oldukça değerlidir. Organik moleküllerin absorpsiyon enerjilerinin tahmin edilebilmesi amacıyla, derin öğrenme ve zeka algoritmalarını birleştirilerek kullanılan bir çalışma da 2019 yılında yayınlanmıştır (Li ve ark., 2019).

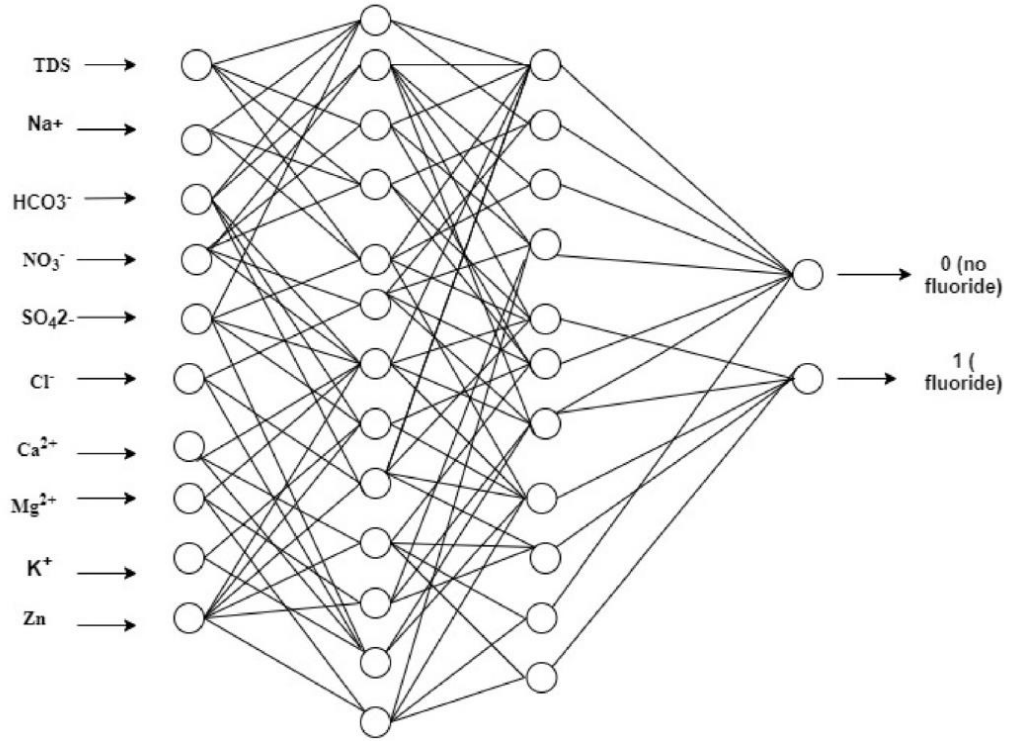
Molina ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada doymamış poliester reçinelerin fizikokimyasal bir özellik olan viskozitelerinin tanımlanabilmesi için sinir ağı modeli tasarlanmış ve optimize edilmiştir (Molina ve ark., 2019).

2021 tarihli bir çalışmada yapay sinir ağı kullanılarak moleküller geliştiren kimya modeli oluşturulmuş ve bu moleküller SARS-CoV'un ana proteazına karşı monitörize edilmiştir. Son olarak ise bir sınıflandırma modeli ile muhtemel etkileşimler belirlenerek sözü edilen moleküllerin aktiviteleri irdelenmiştir (Santana ve ark., 2021).

Magnetorelojik akışkanlar, manyetik alan altında durumlarını değiştiren ve çeşitli endüstrilerde yaygın olarak uygulanabilen akıllı akışkanlardır. Bu çalışmada derin sinir ağı kullanılarak manyetit bazlı magnetorelojik sıvılarının magnetorelojik davranışsal eğilimini tahmin etmek için bir model oluşturulmuştur. Çeşitli manyetit nanoparçacık konsantrasyonlarına ve farklı silikon yağı viskozitelerine sahip dokuz numunenin

magnetorelojik verileri ağ inşası ve testi için çeşitli manyetik alan kuvvetleri altında veriler elde edilerek magnetorelojik davranışsal eğilimi tahmin edilmiştir (Saber ve ark., 2021).

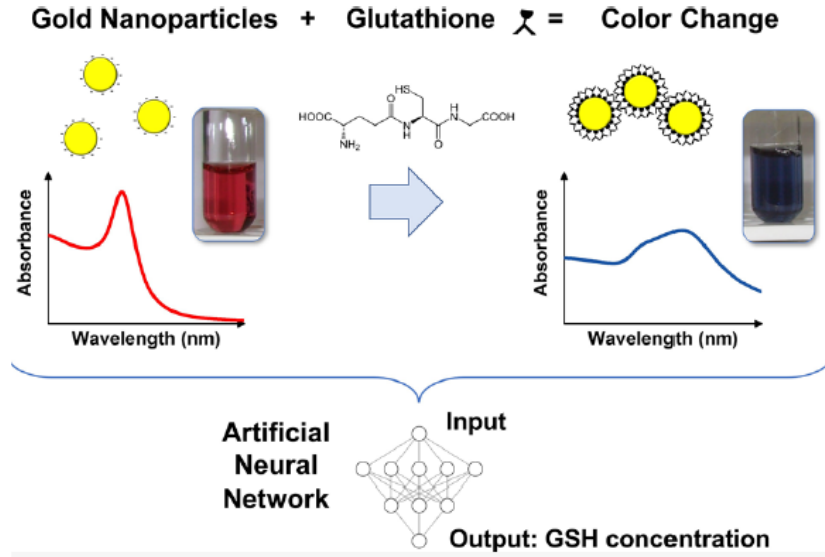
Yeraltı sularında florür iyonu bulunması insan sağlığı açısından oldukça riskli olup analiz edilmesi ise hem maliyetli hem de zaman kaybettiricidir. Bu yüzden Nafouanti ve arkadaşlarının yayınladığı bir makalede araştırmacılar, istatistiki yöntemler ile tahminin faydalı olacağını düşünüp birkaç model ile ki bunlardan biri yapay sinir ağları modeli bu işlemin gerçekleştirilebileceğini araştırmışlardır. 482 yeraltı suyu örneğinin yeraltı kimyasal özellikleri birleştirildi ve yeraltı suyunda florür zenginleşmesini kontrol eden ana faktörleri çıkarmak için kullanıldı. Veriler ise araştırmacılar tarafından istatistiksel analiz için %80 eğitim ve %20 test için olmak üzere iki kısma ayrılarak kullanılan modellerin performansı da dahil olmak üzere florür iyonlarının girdilere göre tahmin edilebilir olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 8) (Nafouanti ve ark., 2021).



Şekil 8. Çalışma alanına ait girdi değişkenleri ile florür tahmini için tasarlanan yapay sinir ağının yapısı (Nafouanti ve ark., 2021).

2022 yılında gerçekleştirilen bir çalışmada araştırmacılar nanopartiküller, sensörler, kolloidler ve yapay zekâ ihtiva eden çalışmaların endüstri, medya ve toplumda genişçe yer bulmasından hareketle altın nanopartiküllerde glutatyonun tespiti için basit

bir yöntem tasarlamışlardır (Şekil 9). Altın nanopartiküllerde glutatyon konsantrasyonunun artması ile elektriksel çift tabakasının değişmesine ve bu da agregasyona (yığılma) ve ölçülebilir bir renk değişikliğine neden olmaktadır. Bununla birlikte, altın nanopartikül kolorimetrik sensörlerin absorpsiyonunu, analit konsantrasyonuyla nicel olarak ilişkilendirecek analitik modeller olmaması da makine öğrenimine başvurmak için ideal koşul olarak görülmüştür (Revignas ve ark., 2022).



Şekil 9. Altın nanopartiküllerde glutatyon tespitinin şematik gösterimi (Revignas ve ark., 2022).

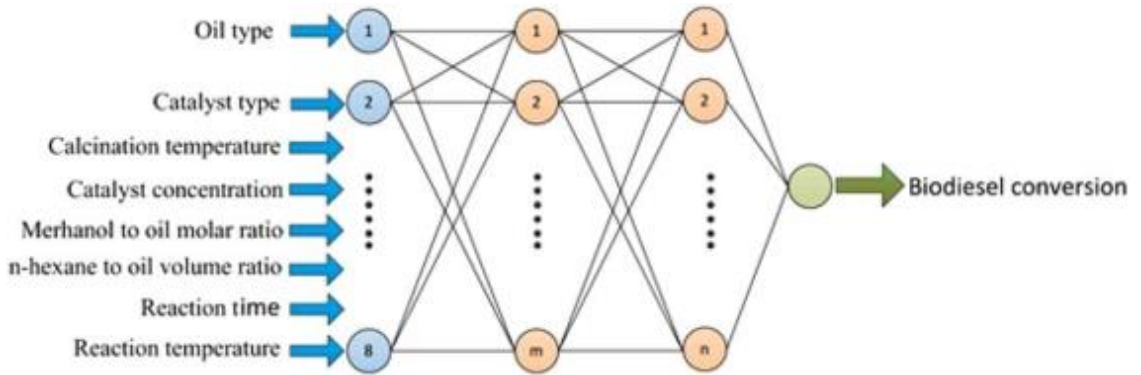
Tian ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği bir çalışmada, sülfürik asit katalizli C4 alkilasyon işleminin ürün dağılımını değerlendirmek ve oktan sayısını incelemek için bir yapay sinir ağı elde edilmiş ve optimize edilmiştir. Yapay sinir ağı modeline girdi parametreleri olarak ise hammadde kompozisyonları, çalışma koşulları ve reaktör tipleri kullanılmıştır. Çalışmada, yapay sinir ağı modelinin farklı reaktörlerde karmaşık sistemleri değerlendirmek için umut vaat ettiği de vurgulanmıştır (Tian ve ark., 2022).

Reaksiyon tahmini ve retrosentez organik kimyanın temel taşlarıdır. Biri ürün üzerinden reaktantların tespit edilmesi diğeri ise reaktantlar üzerinden olası ürünlerin tahminidir. Kimyagerler çoğu zaman bilgi birikimini kullanarak ve zaman kaybederek bir reaksiyona ait olası ürünleri tahmin edebilmekte ya da herhangi bir ürünü elde edebilmek için retrosentetik analiz işlemini gerçekleştirerek reaktantları bulabilmektedir. Ancak daha önce de söz edildiği gibi bu hem zaman kaybettirici hem de doğruluk payı her zaman yüksek olamayabilen, yani hataya son derece açık geleneksel bir yöntemdir. Bir çalışmada da araştırmacılar yapay zeka teknolojisinin gelişmesinin bu alanda da faydalı olabileceğini

düşünerek derin sinir ağlarının reaktivite çatışmalarını çözmeyi ve en uygun dönüşüm kurallarına öncelik vermeyi öğrenebileceğini göstermişlerdir (Segler ve ark., 2017).

Yapay zekâ teknolojisi ilaç tasarımı alanında oldukça önemli rol oynamaktadır. Molekül özelliği ve aktivitesi üzerine oldukça fazla çalışma bulunmaktadır. İlaç tasarımı alanında yapay zekâ kullanımı, istenen özelliklere yönelik anlamlı, yeni biyolojik olarak aktif moleküllerin üretilmesini sağlamaktadır. Sentez planlaması ve kolaylığının birlikte değerlendirilmesi mümkün olup yakın gelecekte otomasyonun daha fazla işin içine girdiği bilgisayar destekli ilaç keşifleri olası görülmektedir (Hessler ve ark., 2018,).

Çeşitli koşullar altında biyodizel dönüşümünü modellemek ve tahmin etmek için sinir ağları kullanılabilmektedir. Sinir ağı modelinin girdileri yağ tipi, katalizör tipi, kalsinasyon sıcaklığı, katalizör konsantrasyonu, metanol-yağ oranı, n-heksan-yağ hacim oranı, reaksiyon süresi ve reaksiyon sıcaklığıdır ve çıktı ise biyodizel dönüşümdür (Şekil 10) (Mohadesi ve ark., 2017).



Şekil 10. Biyodizel dönüşümü için önerilen yapay sinir ağları modeli (Mohadesi ve ark., 2017).

Son yıllarda dünyada fosil yakıtlardan enerji tüketimindeki artış eğilimi, insanlığı, çevre kirliliği ve enerji kaynaklarının tükenmesindeki artan ivmeyle iki büyük krizle karşı karşıya bırakmış, dolayısıyla dünyadaki ana program ve stratejilerden biri olarak temiz ve yenilenebilir enerji sağlanmasına yönelik araştırmalar hız kazanmıştır. Bu araştırmaların en önemlilerinden biri de biyokütlelerden uygun şartlarda (pH, sıcaklık vb.) fermantasyon ile biyogaz üretimidir. Her ne kadar temiz enerji gibi görünse de biyogaz üretim prosesi uygun optimize edilmez ise uzun vadede çevre açısından zararlı olabilir. Bu kapsamda Zhao ve arkadaşları yapay sinir ağları modeli ile biyogaz üretim verimi tahmini üzerine çalışmalar yapmıştır (Zhao ve ark., 2022).

Sürekli artan su kirliliği, suyla bulaşan hastalıklara, biyolojik çeşitliliğin yok olmasına ve güvenli olmayan içme suyuna neden olarak her yıl milyonlarca ölüme neden olmaktadır. Bu tür ciddi sorunların üstesinden gelmek için çok çaba gösterilmesine rağmen tüm sorunlar tek başına insan gücü ile çözülememektedir. Bu nedenle su kimyası konusundaki araştırmalar için yapay zekâ teknolojilerinden faydalanmak elzem görünmektedir. Bu kapsamda yapılan araştırmalardan biri Chen ve arkadaşları tarafından yüzey suyu kalitesi üzerine gerçekleştirilmiştir. Sözü edilen çalışmada veri eğitimi için sık kullanılan 10 tür makine öğrenimi algoritması kullanılmıştır. Çalışma içeriğinde yüzey suyu parametreleri tahmin edilmeye çalışılırken, algoritmaların performansları da karşılaştırılmıştır (Chen ve ark., 2020).

SONUÇ

Kimyagerlerin uzun zamandır deneysel olarak elde ettikleri veriler kayıt altına alınmaktadır. Ancak bu verileri ekstrapole etmek için kimya teknolojisinin gelişmesinden ziyade makine öğrenimi ve yapay zekâ teknolojilerinin gelişmesinin beklenmesi gerekmektedir. Bu durum literatürde özellikle 2000’li yıllardan itibaren artan yayın sayılarının yanında yapay zekâ ve kimya ilişkili çalışmaların ise özellikle 2015 yılından sonra sıçrama yapması tamamıyla yapay zekâ teknolojisinin gelişmesi ile paralel olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte diğer alanlara olduğu gibi kimya bilimine de yapay zekâ teknolojisinin hızlı bir giriş yaptığı da kolayca söylenebilir. Kimyanın hemen her alanında kapsamlı bir şekilde yapay zekâ teknolojisi kullanılmaya başlanmıştır. Bu bölüm kapsamında kimyanın hangi alanında yapay zekânın daha fazla kullanıldığı, hangi konu başlıklarında değerlendirmelerin yapıldığı ve ülkelere göre durum da incelenmiştir. Ayrıca yapılan çalışma örnekleri de kapsam dışı tutulmamıştır. Araştırma örneklerinin literatürün sadece bir bölümü olduğu ve dikkate değer olanlara yer verilmeye çalışıldığı da unutulmamalıdır.

Sonuç olarak, kimya ile yapay zekâ teknolojisinin oldukça uyumlu olduğu, çalışmaların artarak devam ettiği ve kimyagerlere geleceğe yönelik büyük kolaylık sağlayacağı açıktır. Şüphesiz bu durumu destekleyecek faktörler yapay zekâ alanındaki gelişmeleri kimya bilgisi ile harmanlamaya devam etmek olacaktır.

KAYNAKÇA

- Baum, Z.J., Yu, X., Ayala, P.Y., Zhao, Y., Watkins, S.P., Zhou, Q. (2021). Artificial Intelligence in Chemistry: Current Trends and Future Directions. *J Chem Inf Model*, 61, 3197–3212.
- Gill, M.L. (2022). The rise of the machines in chemistry, *Magn Reson Chem*, 60, 1044–1051.
- Karthikeyan, A., Priyakumar, U.D. (2022). Artificial intelligence: machine learning for chemical sciences, *J Chem Sci*, 134.
- Gasteiger, J. (2020). Chemistry in Times of Artificial Intelligence. *Chem Phys Chem*, 21, 2233– 2242.
- Bannigan, P., Aldeghi, M., Bao, Z., Häse, F., Aspuru-Guzik, A., Allen, C. (2021.) Machine learning directed drug formulation development, *Advanced Drug Delivery Reviews*, 175, 113806.
- Zheng, S., Chang, W., Xu, W., Xu Y., Lin, F. (2019). e-Sweet: A Machine-Learning Based Platform for the Prediction of Sweetener and Its Relative Sweetness. *Frontiers in Chemistry*, 7, 35.
- Li, F., Wan, X., Xing, J., Tan, X., Li, X., Wang, Y., Zhao, J., Wu, X., Liu, X., Li, Z., Luo, X., Lu, W., Zheng, M. (2019). Deep Neural Network Classifier for Virtual Screening Inhibitors of (S)-Adenosyl-L-Methionine (SAM)-Dependent ethyltransferase Family. *Frontiers in Chemistry*, 7, 324.
- Molina, J., Laroche, A., Richard, J.V., Schuller, A.S., Rolando, C. (2019). Neural Networks Are Promising Tools for the Prediction of the Viscosity of Unsaturated Polyester Resins, *Frontiers in Chemistry*, 7, 375.
- Vega-Márquez, B., Nepomuceno-Chamorro, I., Jurado-Campos, N., Rubio-Escudero, C. (2020). Deep Learning Techniques to Improve the Performance of Olive Oil Classification. *Frontiers in Chemistry*, 7, 929.
- Qu, X., Huang, Y., Lu, H., Qiu, T., Guo, D., Agback, T., Orekhov, V., Chen, Z. (2020). Accelerated Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy with Deep Learning. *Angew Chem Int Ed*. 59, 10297–10300.
- Santana, M.V.S., Silva-Jr, F.P. (2021). De novo design and bioactivity prediction of SARS-CoV-2 main protease inhibitors using recurrent neural network-based transfer learning. *BMC Chemistry*. 15,8.
- Mayr, A., Klambauer, G., Unterthiner, T., Hochreiter, S. (2016). DeepTox: Toxicity Prediction using Deep Learning. *Frontiers in Environmental Science*. 3, 80.
- Jha, D., Ward, L., Paul, A., Liao, W., Choudhary, A., Wolverton, C., Agrawal, A. (2018). ElemNet: Deep Learning the Chemistry of Materials From Only Elemental Composition. *Scientific Reports*. 8:17593.
- Schwaller, P., Vaucher, A.C., Laino, T., Reymond, J.L. (2021). Prediction of chemical reaction yields using deep learning. *Mach Learn Sci Technol*. 2, 015016.
- Chipofya, M., Tayara, H., Chong, K.T. (2022). Deep Probabilistic Learning Model for Prediction of Ionic Liquids Toxicity. *Int J Mol Sci*. 23, 5258.
- Li, M., Lian, S., Wang, F., Zhou, Y., Chen, B., Guan, L., Wu, Y. (2019). Prediction Model of Organic Molecular Absorption Energies based on Deep Learning trained by Chaos-enhanced Accelerated Evolutionary algorithm. *Scientific Reports*. 9, 17261.
- Saberi, H., Esmaeilnezhada, E., Choi, H.J. (2021). Application of artificial intelligence to magnetite-based magnetorheological fluids. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 100, 399–409.
- Nafouanti, M.B., Li, J., Mustapha, N.A., Uwamungu, P., AL-Alimi, D. (2021). Prediction on the fluoride contamination in groundwater at the Datong Basin, Northern China: Comparison of random forest, logistic regression and artificial neural network. *Applied Geochemistry*. 132, 105054.

- Revignas, D., Amendola, V. (2022). Artificial Neural Networks Applied to Colorimetric Nanosensors: An Undergraduate Experience Tailorable from Gold Nanoparticles Synthesis to Optical Spectroscopy and Machine Learning. *J Chem Educ.* 99, 2112–2120.
- Tian, Y., Wan, Y., Zhang, L., Chu, G., Fisher, A.C., Zou, H. (2022). Optimized Artificial Neural Network for Evaluation: C4 Alkylation Process Catalyzed by Concentrated Sulfuric Acid. *ACS Omega.* 7, 372–380.
- Segler, M.H.S., Waller, M.P. (2017). Neural-Symbolic Machine Learning for Retrosynthesis and Reaction Prediction. *Chem Eur J.* 23, 5966 – 5971.
- Hessler, G., Baringhaus, K.H. (2018). Artificial Intelligence in Drug Design. *Molecules.* 23, 2520.
- Mohadesi, M., Rezaei, A. (2017). Conditions Using Computational Intelligence Methods. *Environmental Progress & Sustainable Energy.* 37, 562-568.
- Zhao, S., Xu, W., Chen, L. (2022). The modeling and products prediction for biomass oxidative pyrolysis based on PSO-ANN method: An artificial intelligence algorithm approach. *Fuel.* 312, 122966.
- Chen, K., Chen, H., Zhou, C., Huang, Y., Qi, X., Shen, R., Liu, F., Zou, M., Zou, X., Wang, J., Zhang, Y., Chen, D., Chen, X., Deng, Y., Ren, H. (2020). Comparative analysis of surface water quality prediction performance and identification of key water parameters using different machine learning models based on big data. *Water Research.* 171, 115454.

BÖLÜM

4

ELEKTRİK GÜÇ SİSTEMLERİNDE OPTİMAL GÜÇ AKIŞI PROBLEMLERİ VE YAPAY ZEKÂ TABANLI ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Hasan DİRİK

Sinop Üniversitesi,

Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü

E-posta: hasan_dirik@hotmail.com

 0000-0003-0625-7213

Dr. Öğr. Üyesi Cenk GEZEGİN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

E-posta: cenk.gezegin@omu.edu.tr

 0000-0002-4442-904X

ATIF: Dirik, H., Gezegin, C (2022). Elektrik Güç Sistemlerinde Optimal Güç Akışı Problemleri ve Yapay Zekâ Tabanlı Çözüm Yöntemleri. Volkan ÇAVUŞ (Ed.), *Yapay Zeka Uygulamalarında Güncel Konular ve Araştırmalar-2* içinde (ss. 54-82). Konya, Çizgi Kitabevi Yayınları.

- BÖLÜM 4 -

ELEKTRİK GÜÇ SİSTEMLERİNDE OPTİMAL GÜÇ AKIŞI PROBLEMLERİ VE YAPAY ZEKÂ TABANLI ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

Hasan DİRİK

Dr. Öğr. Üyesi, Sinop Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü

E-posta: hasan_dirik@hotmail.com

 0000-0003-0625-7213

Cenk GEZEGİN

Dr. Öğr. Üyesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

E-posta: cenk.gezezin@omu.edu.tr

 0000-0002-4442-904X

1. GİRİŞ

Elektrik enerjisine olan talep bütün dünyada oldukça hızlı bir şekilde artmaktadır. Talepteki bu artış ile dünya çapında son yıllarda baş gösteren enerji krizleri beraber göz önüne alındığında elektrik güç sistemlerinin olabildiğince yüksek güvenilirlikle ve düşük maliyetle işletilmesi önemli bir zorunluluk olmaya başlamıştır (Feng ve ark., 2021). İyi bir güç sisteminin tüketicilere düşük maliyetle, kesintisiz, yeterli, kaliteli ve güvenilir güç sağlaması beklenir. Güç şebekesinin işletme maliyetlerini azaltmak, güvenilirliğini sağlamak ve sürdürmek için sistemin izlenmesi ve gerekli müdahalelerin zamanında ve yerinde yapılması gerekmektedir.

Güç sisteminin ekonomik işletimi sistemde yer alan tüketicilerin elektrik enerjisi taleplerinin en uygun üretim birimlerinde en uygun yolla karşılanmasını gerektirir. Günümüzün elektrik enerjisi üretim birimleri klasik hidrolik kaynaklardan, doğalgaz, taş kömürü ve nükleer enerji gibi hidrokarbon kaynaklardan ve güneş, rüzgar, deniz akıntıları ve gelgit olayı gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanarak elektrik enerjisi üretimi yaparlar. Bu birimlerin her biri farklı ilk kurulum ve işletme maliyetlerine sahiptir. Bu yüzden talebi karşılayacak toplam enerjinin üretim birimlerine paylaşımının neredeyse sonsuz sayıda farklı ihtimali bulunur. Fakat bu ihtimallerden yalnızca bir tanesi en ekonomik çözümdür. Öte yandan, güç (veya enerji) talebi dinamik bir değişim gösterdiğinden en iyi (optimum) çözüm de zamanla değişecektir. Bu durum optimum çözümün sürekliliği için güç sisteminin kesintisiz bir biçimde analiz edilmesi gerektiğini gösterir.

Optimum çözüm aranırken güç sisteminde yer alan her bir donanımın belirli bir kapasiteye sahip olduğu ve belirli güvenlik limitlerine uyulması gerektiği de göz önüne alınmalıdır. Elektrik güç sistemleri insanoğlu tarafından yapılmış en büyük ve en karmaşık sistemler olup (Haidar ve ark., 2010) böylesi sistemlerde en uygun alternatifi bulmak oldukça büyük ölçeklerde ve zor hesaplamalar yapmayı gerektirir.

Bir güç sisteminin güvenilirliği, tüketiciye sunulan elektriğin kesintiye uğramadan olası arızalardan veya olasılıklarından kurtulabilme yeteneği olarak ifade edilir. Güç sistemi güvenilirliğini, kararlı durum güvenilirliği, geçici durum güvenilirliği ve dinamik güvenirlilik olarak üç farklı biçimde sınıflandırabiliriz. Her üç durumda da güvenilirliğin sağlanması, uygun izleme sistemlerinin kullanımı, mevcut durumun doğru tahmini ve kontrolü ile sağlanabilir (Hassan ve ark., 2013).

Enerji kaynaklarına erişimde ortaya çıkan sorunlar, bazı sosyal talepler ve çevre kirliliği gibi bir takım nedenler bazı dönemlerde elektrik güç sisteminin işletiminde maliyetin ikinci planda kalarak kayıpların azaltılması, zararlı gaz emisyonunun düşürülmesi veya arz güvenilirliğinin sağlanması gibi konuların öne çıkmasına neden olmaktadır. Bu da bir elektrik güç şebekesinin sağlanması ve en iyileştirilmesi gereken özelliklerini farklılaştırmaktadır.

Güç şebekelerinden beklenen bu istekler tek bir amaca yönelik olabileceği gibi çok sayıda güç sistemi değişkeninin aynı anda iyileştirilmesi de istenebilir. Bu isteklerin karşılanabilmesi için öncelikle uygun araç ve yöntemler ile analizin yapılması gerekir. Analiz, elektrik güç şebekelerinin doğrusal olmayan doğası ve büyük ölçekli olması nedeniyle gelişmiş araçları ve yöntemleri gerektirir. Bu yöntemler, optimal güç akışı yöntemleri olarak adlandırılır. Literatürde bu amaç için çok sayıda ve farklı özelliklerde optimal güç akışı analizi yöntemi sunulmuş olup halen yeni yöntemler geliştirilmeye devam etmektedir.

2. OPTİMAL GÜÇ AKIŞI ANALİZİ

Optimal güç akışı (OGA), güç sistemlerine ait çeşitli kontrol değişkenlerinin ve bağlı değişkenlerin hem fiziksel hem de çalışma limitlerini sağlamak koşuluyla aktif güç üretim maliyeti veya kayıplar gibi bir amaç fonksiyonunu minimize eden kontrol değişkenlerinin değerlerinin arandığı önemli bir güç sistemi problemidir (Kumar ve Chaturvedi, 2013).

Optimal güç akışı problemi ilk olarak 1960'lı yıllarda geleneksel ekonomik yük dağıtımı probleminin bir uzantısı olarak ortaya çıkmıştır. Bu konuda yapılan ilk çalışma Carpentier tarafından yapılmış olup bu çalışma (Carpentier, 1962) referansında

verilmiştir. Son 20 yılda bilgisayarlı sistemlerin ve hesaplama yöntemlerin gelişimi ile birlikte OGA problemlerinin çözümü üzerine yapılan çalışmalar hız kazanmıştır. Öyle ki mevcut ticari bilgisayar yazılımları ile çok büyük ve karmaşık güç sistemlerinin optimizasyon problemleri nispeten kısa bir sürede çözülebilmektedir (Kumar ve Chaturvedi, 2013).

Sıradan bir güç akışı probleminde, bir iletim sisteminin belirli baralarında yer alan yüklere sağlanacak MW ve MVAR cinsinden aktif ve reaktif güçler ile sistemin tam bir topolojik açıklamasını içerecek şekilde empedans değerlerini içeren bilgiler verilerek kalan baralarında yer alan üretim birimlerince üretilmesi gereken güç ve gerilim değerlerinin hesaplanması istenir. Burada amaç, akımları, güç akışlarını ve iletim kayıplarını kolayca hesaplamayı sağlayabilecek bara/düğüm gerilimlerini karmaşık sayı cinsinden elde etmektir. Güç sisteminin MW ve MVAR cinsinden güçleri ürettiği veya beslediği varsayılarak iletim sisteminin modeli karmaşık sayılarla verilir (Reddy ve Rathnam, 2016).

OGA, şebekenin güç akışı sınırlarını veya ekipmanların çalışma sınırlarını ihlal etmeden güç akışını kontrol ederek belirli bir maliyet, planlama veya güvenilirlik hedefini optimize etmeye çalışır. Geleneksel güç akışı analizi gibi, OGA bir elektrik güç sistemi boyunca voltajı, akımı ve enjekte edilen gücü, yani sistemin çalışma durumunu belirler. Ancak, geleneksel güç akışının aksine OGA, kısıtlı bir sistemle çalışır: birden fazla çözüm mümkündür. Bu nedenle OGA, hedefe ilerlemek için kısıt altındaki değişkenleri değiştirerek çoklu güç akışı yinelemeleri gerçekleştirir (Frank ve ark., 2012).

Optimal güç akışında ise önceden tanımlanmış bir hedefi optimize etmek için kontrol değişkenlerinin bir kısmının veya tamamının değerlerinin bulunması gerekir (Kumar ve Chaturvedi, 2013). Optimal güç akışı, genellikle güç sisteminde yer alan generatörlerin aktif güç çıkışları ve gerilimleri, kademe dönüştürücü transformatörlerin ayarları, şönt reaktörlerin/kapasitörlerin ve diğer kontrol edilebilir değişkenlerin ayarları üzerinden generatörlerin yakıt veya işletme maliyetinin, şebeke aktif güç kayıplarının, gerilim kararlılık indeksinin veya başka değişkenlerin minimize edilmesi amacıyla yapılır. Bu yapılırken yük barası gerilimleri, generatör reaktif güç çıkışları, şebeke aktif güç akışları ve güç sisteminin diğer bütün durum değişkenleri güvenli çalışma sınırları içinde tutulur (Reddy ve Rathnam, 2016).

Optimal güç akışı analizi, güç sisteminin planlanmasında ve çalıştırılmasında en ekonomik ve güvenli çalışmayı sağlayan koşulları elde etmeyi amaçlar. Güç sistemlerinde, yakıt ve işletme maliyeti gibi amaç fonksiyonlarını optimize etmek için, güç akışı denklemleri ve çalışma sınırları eşitlik kısıtları (sınırlamaları) olarak kabul edilirken,

kontrol değişkenleri üzerindeki sınır değerler sisteme bağlı değişkenler üzerindeki eşitsizlik kısıtlamaları olarak kabul edilir. OGA probleminde, generatörlerin aktif gücü, bara gerilimleri, şönt reaktif güçler ve trafo kademe ayarları kontrol değişkenleri iken, yük barası gerilimleri, iletim hattı yükleri ve generatörlerin reaktif güçleri bağımlı (durum) değişkenlerdir.

OGA problemlerinin ana sıkıntısı, bazıları sürekli (örneğin gerçek güç çıkışları ve gerilimler) ve bazıları ayırık (örneğin trafo kademe ayarı, faz kaydırıcılar ve reaktif güç girişleri) olan kontrol değişkenlerinin doğasıdır. Ayırık değişkenlerin varlığı, çözüm için kullanılan yöntemin karmaşıklaşmasına neden olur (AlRashidi ve El-Hawary, 2009). Bu problemler genel olarak konveks olmayan, çok sayıda kısıtlılığa sahip, doğrusal olmayan, büyük ölçekli optimizasyon problemleri olup çözümü genellikle zordur. Newton tabanlı yöntemler, doğrusal programlama, doğrusal olmayan programlama ve iç nokta yöntemi gibi çeşitli klasik matematik teknikleri uygulanarak farklı OGA problemleri çözülmüştür. Klasik matematik teknikleri uygulanırken üretim birimlerinin yakıt maliyeti karakteristiğinin düzgün ve dışbükey fonksiyonlara sahip olduğu varsayılır. Klasik yöntemler başlangıç değerlerine karşı hassas olup değişkenlerin başlangıçta uygun olmayan değerleri başarısız hesaplama yapılmasına neden olabilmektedir. Yasaklanmış çalışma bölgelerinin doğrusal olmayan özellikleri, valf noktası etkileri ve parçalı ikinci dereceden maliyet fonksiyonları nedeniyle gerçek güç sistemi problemlerini bu klasik matematik teknikleri ile çözmek zordur. Bu nedenle, dışbükey olmayan, doğrusal olmayan ve çok modüler güç sistemi problemlerini çözmek için iyi bir strateji gereklidir.

Araştırmacılar, bu tür problemleri çözmek için doğadan ilham alan bazı algoritmalar geliştirmişlerdir. Genetik algoritma, parçacık sürüsü optimizasyonu, tabu arama, evrimsel programlama, diferansiyel evrim, simüle edilmiş tavlama gibi gelişmiş birçok yapay zeka tabanlı yaklaşım doğadan ilham alan algoritmalarlardır. Sonuçlar, klasik matematiksel tekniklerle karşılaştırıldığında bu algoritmaların doğruluğu önemli miktarda arttırdığını göstermiştir. Bu nedenle, deterministik tekniklerin istenen sonuçları üretilmediği karmaşık OGA problemlerini çözmek için meta-sezgisel yapay zeka tabanlı tekniklerin uygulanması önerilmektedir (Sharma ve ark., 2016).

Genel olarak OGA problemlerinin doğasından kaynaklanan nedenlerden dolayı çözümünde kullanılan yöntemlerin sahip olması gereken başlıca özellikleri şunlardır:

- Yüksek hesaplama hızına sahip olmalıdır.
- Çözümleri güvenilir olmalıdır.
- Çözümler başlangıç değerlerine bağlı olmaksızın doğru olmalıdır.
- Farklı tip problemlere uygulanabilecek nitelikte esnek olmalıdır.

- OGA problemini güvenlik sınırlamalarını da içerecek biçimde tanımlayabilmelidir.
- Ayrık değişim gösteren donanımlara uygun olmalıdır.
- Hem sürekli hem de ayrık kontrol işaretlerine uygun olmalıdır.
- Çok sayıda amaç fonksiyonunu aynı anda gerçekleyebilmelidir.
- Olasılıksal modellemeye imkan vermelidir.
- Düşük hafıza gereksinimine sahip olmalıdır.
- Basit bir yapıya sahip olmalıdır.

3. OPTİMAL GÜÇ AKIŞI PROBLEMLERİ

OGA problemlerinin çoğu güç üretim maliyetinin minimizasyonu problemi olarak karşımıza çıkar. Ayrıca güç sistemi kayıplarının minimizasyonunun, güç kalitesinin maksimizasyonunun ve sistem planlama maliyetinin minimizasyonunun amaçlandığı OGA problemleri de sıklıkla kullanılır. Tablo I'de literatürde incelenmiş olan önemli OGA problemlerinin konuları ve bu problemlere çözüm aranan kaynaklardan örnekler verilmiştir.

Tablo I. Bazı önemli OGA problemlerinin konuları ve örnek çalışmalar

Sıra	Konusu	Örnek Çalışmalar
1	Toplam üretim maliyeti	(Home-Ortiz ve ark., 2021), (Farid, 2021)
2	Toplam şebeke kayıpları	(Elattar ve ElSayed, 2019), (Nguyen, 2019)
3	Aktif/reaktif güç kayıpları	(Et-Taoussi ve ark., 2019), (Wais ve Majeed, 2021)
4	Güç taşıma kapasitesi	(Wang ve ark., 2020), (Selladurai ve ark., 2022)
5	Yeniden planlanan kontrol sayısı	(Das, 2002), (Zhang ve ark., 2012)
6	Değiştirilen kontrol sayısı	(Zhang ve Ren, 2005), (Li ve ark., 2020)
7	VAr yatırımının maliyeti	(Shojaei ve ark., 2020), (Eladl ve ark., 2023)
8	Optimal gerilim profili	(Nguyen, 2019), (Khunkitti ve ark., 2019)
9	Yük atma	(Capitanescu, 2019), (Sinha ve ark., 2019)
10	Çevresel etki	(Elattar ve ElSayed, 2019), (Nguyen, 2019)
11	Sistem yüklenebilirliği	(Chen ve ark., 2018), (Ahmed Taher ve ark., 2022)
12	Akıllı şebekeler	(Liu ve ark., 2016), (Huang ve ark., 2018)
13	Güç sistemlerinde belirsizlik	(Albatran ve ark., 2020), (Saunders, 2013)

14	Yenilenebilir enerji sistemleri	(Khan ve Singh, 2017), (Reddy, 2017)
15	Sosyal refah	(Azadani ve ark., 2011), (Weber ve ark., 1998)

Tablo I’de verilmiş olan alanlarda tanımlanan OGA problemlerinin çözümü için güç sisteminde yer alan bazı kontrol edilebilen değişkenler manipüle edilir. Böylece optimum değeri elde edilmek istenilen amaç fonksiyonunun en iyi değeri aranır. Bu değişkenler kontrol değişkenleri olarak adlandırılır. OGA problemlerinin çözümünde kullanılan ana kontrol değişkenleri tipik olarak şunlardır:

- Generatörlerin aktif güç çıkışları ve gerilimleri.
- Trafo kademe değiştirme ayarları.
- Faz kaydırıcı trafo ayarları ve yerleşimi.
- Anahtarlama kapasitörler ve reaktörler.
- FACTS cihaz ayarları ve yerleşimi (AlRashidi ve El-Hawary, 2009).

Daha önce de bahsedildiği üzere değişkenlerin en iyi çözümü veren değerleri aranırken bazı kısıtlamalara uyulması gerekmektedir. Bu kısıtlamalar şebekenin doğasından gelen fiziksel ve teknik kısıtlamalar olup güç akışı eşitlikleri, generatörlerin güç üretim sınırları, yük baralarının gerilim genlik sınırları ve iletim hatlarının güç taşıma kapasiteleri bu kısıtlamalara örnek verilebilir. Ayrıca, statik ve dinamik gerilim kararlılığına ait kararlılık indeksleri ve arıza olasılıklarının göz önüne alındığı güvenlik indeksleri de birer kısıtlayıcı faktör olarak kullanılabilmektedir. Bu kısıtlamalar eşitlik kısıtlamaları ve eşitsizlik kısıtlamaları olmak üzere iki ana gruba ayrılır. OGA problemlerinin çözümünde göz önüne alınan başlıca kısıtlamalar ve bu kısıtlamaların kullanıldığı bazı çalışmalar Tablo II’de verilmiştir.

Tablo II. Bazı önemli OGA problemi kısıtlamaları ve kullanıldığı örnek çalışmalar

Eşitlik Kısıtlamaları		
Sıra	Kısıtlama	Örnek çalışmalar
1	Tam AA güç akışı eşitlikleri	(Boucekara ve ark., 2016), (Boucekara, 2014)
2	Ayrışık AA güç akışı eşitlikleri	(Bai ve ark., 2015), (Christakou ve ark., 2017)
3	DC güç akışı eşitlikleri	(Biskas ve ark., 2005), (Conejo ve Aguado, 1998)
4	Net aktif güç ihracatı eşitlikleri	(Lankeshwara, 2021), (Das, 2002)

5	Sürekli hal güvenliği eşitlikleri	(Alsac ve Stott, 1974), (Wang ve ark., 2018)
Eşitsizlik Kısıtlamaları		
Sıra	Kısıtlama	Örnek çalışmalar
1	Aktif/reaktif güç üretim sınırları	(Boucekara ve ark, 2016), (Boucekara, 2014)
2	Talep kısıtlamaları	(Momoh, 1989), (Lam ve ark., 2012)
3	Bara gerilim sınırları	(Boucekara ve ark., 2016), (Boucekara, 2014)
4	Hat güç akış sınırları	(Boucekara ve ark., 2016), (Boucekara, 2014)
5	Kontrol sınırları	(Zhang ve Ren, 2005), (Turkay ve Cabadag, 2013)
6	İletim arayüzü sınırları	(Wu ve ark., 2004), (Muchayi ve El-Hawary, 1999)
7	Aktif/reaktif güç rezervi sınırları	(Aggarwa ve Singh, 2021), (Su ve Venkatasubramanian, 2007)
8	Emre amade güç sınırları	(Condren ve ark., 2006), (Song, 2000)
9	Bir koridordan akan aktif/reaktif güçler	(Das, 2002), (Zhang ve ark., 2012)
10	Transiyent güvenlik sınırları	(Dent ve ark., 2010), (La Scala ve ark., 1998)
11	Transiyent kararlılık sınırları	(Pizano-Martinez ve ark., 2011), (Ahmadi ve ark., 2013)
12	Transiyent olasılıkları	(Madani ve ark., 2015), (Song ve ark., 2003)
13	Çevresel kısıtlamalar	(Das, 2002), (Islam ve ark., 2020)

4. OPTİMAL GÜÇ AKIŞI PROBLEMİNİN MATEMATİKSEL FORMÜLASYONU

OGA problemi bazı eşitlik ve eşitsizlik kısıtlarını sağlayacak şekilde bir amaç fonksiyonu bakımından bir güç sisteminin sürekli durum performansının optimizasyonu problemidir. En genel haliyle bir OGA problemi matematiksel olarak (Abido, 2002)

$$\text{Min}\{f(x, u)\}$$

(1)

biçiminde ifade edilir. Bu eşitlik

$$g(x, u) = 0 \quad (2)$$

ve

$$h(x, u) \leq 0 \quad (3)$$

kısıtları altında geçerli olmalıdır. Bu eşitliklerdeki f minimize edilecek amaç fonksiyonunu, g tipik olarak yük akışı eşitliklerinden oluşan eşitlik sınırlamalarını ve h ise generatörlerin, transformatörlerin, şönt kompanzatörlerin ve yük baralarının sağlamsı gereken eşitsizlik sınırlamalarını ifade eder. Bu eşitliklerdeki x , salınım barası gücü (P_{G1}), yük barası gerilimleri (V_L), generatör reaktif güç çıkışları (Q_G) ve iletim hattı yüklemeleri (S_1) gibi bağlı değişkenlerden oluşan durum değişkenleri vektördür. Bu yüzden şu şekilde ifade edilebilir:

$$x^T = [P_{G1}, V_{L1}, \dots, V_{LNL}, Q_{G1} \dots Q_{GNG}, S_{11}, \dots, S_{1NI}] \quad (4)$$

Burada NL , NG ve NI sırasıyla yük baralarının, generatör baralarının ve iletim hatlarının sayısını ifade eder. u ise generatör gerilimlerini (V_G), salınım barasındaki hariç olmak üzere generatör aktif güç çıkışlarını (P_G), transformatör kademe ayarlarını (T) ve şönt VAR kompanzasyonunu (Q_C) içeren bir bağımsız değişkenler (kontrol değişkenleri) vektörü olup şu şekilde ifade edilir:

$$u^T = [V_{G1}, \dots, V_{GNG}, P_{G2} \dots P_{GNG}, T_1, \dots, T_{NT}, Q_{C1}, \dots, Q_{CNC}] \quad (5)$$

Burada NT ve NC sırasıyla kademe değiştirici transformatörlerin ve şönt kompanzatörlerin sayısıdır. Sisteme ait yük akışı eşitlikleri aşağıdaki biçimde ifade edilir.

$$P_{Gi} - P_{Li} - \sum_{j=1}^{NG+NL} |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) = 0, \quad i = 1, \dots, NG + NL \quad (6)$$

$$Q_{Gi} - Q_{Li} - \sum_{j=1}^{NG+NL} |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) = 0, \quad i = 1, \dots, NG + NL$$

(7)

Son eşitliklerdeki P_{Gi} i . baradaki üretilen aktif gücü, P_{Li} i . baradaki tüketilen aktif gücü, Q_{Gi} i . baradaki üretilen reaktif gücü, Q_{Li} i . baradaki tüketilen reaktif gücü, θ_{ij} i . ve j . Baralar arasındaki admitansların açısını, Y_{ij} i . ve j . Baralar arasındaki admitansların genliğini, $|V_i|$ i . baradaki gerilimin genliğini ve δ_i i . baradaki gerilimin açısını göstermektedir.

Generatörlerin gerilim, aktif güç ve reaktif güç değerleri belli sınırlar içinde olduğundan generatörlere ait kısıtlar aşağıdaki biçimde ifade edilir.

$$V_{Gi}^{min} < V_{Gi} < V_{Gi}^{max}, \quad i = 1, \dots, NG \quad (8)$$

$$P_{Gi}^{min} < P_{Gi} < P_{Gi}^{max}, \quad i = 1, \dots, NG \quad (9)$$

$$Q_{Gi}^{min} < Q_{Gi} < Q_{Gi}^{max}, \quad i = 1, \dots, NG \quad (10)$$

Transformatör kademe ayarlarının sınırları aşağıdaki biçimde ifade edilebilir.

$$T_i^{min} < T_i < T_i^{max}, \quad i = 1, \dots, NT \quad (11)$$

Şönt kompanzatörler belli sınırlar içinde reaktif güç verebildiklerinden dolayı sınırlılıkları matematiksel olarak şu şekilde ifade edilebilir.

$$Q_{Ci}^{min} < Q_{Ci} < Q_{Ci}^{max}, \quad i = 1, \dots, NC \quad (12)$$

Yük baralarının gerilim seviyelerine ve iletim hatlarının güç taşıma kapasitelerine ait sınırlılıklar da aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Abido, 2002).

$$V_{Li}^{min} < V_{Li} < V_{Li}^{max}, \quad i = 1, \dots, NL \quad (13)$$

$$S_{li} < S_{li}^{max}, \quad i = 1, \dots, NI \quad (14)$$

Amaç fonksiyonu, optimize edilmesi istenen değişkeni tanımlayan bir fonksiyondur. Örneğin güç sisteminin toplam hat kayıpları minimize edilecekse amaç fonksiyonu şu şekilde tanımlanabilir (Leeton ve ark., 2010):

$$F = \sum_{i=1}^{NI} g_{ij} \left(|V_i|^2 + |V_j|^2 - 2|V_i||V_j|\cos(\delta_i - \delta_j) \right) \quad (15)$$

Ya da toplam elektrik enerjisi üretim maliyeti minimize edilecekse amaç fonksiyonu şu şekilde tanımlanabilir (Sumpavakup ve ark., 2010):

$$F = \sum_{i=1}^{NG} a_i P_{Gi}^2 + b_i P_{Gi} + c_i \quad (16)$$

Bu eşitliklerdeki g_{ij} i . ve j . baralar arasındaki iletim hattının iletkenliğini gösterirken a_i , b_i ve c_i sabitleri i . baradaki generatörün üretim maliyetini modelleyen ikinci dereceden fonksiyonun katsayılarıdır.

5. OGA PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Her biri farklı matematiksel özelliklere ve hesaplama gereksinimlerine sahip birçok OGA çözüm yöntemi geliştirilmiştir. OGA analizine uygulanabilecek hemen hemen her matematiksel programlama yaklaşımı denenmiş olup geliştiricilerin OGA problemlerini güvenilir bir şekilde çözebilen yazılımlar geliştirmeleri on yıllar almıştır. Günümüzün OGA çalışmaları ve yöntemleri, ekonomik dağıtım ve gerilim kontrolü gibi saha uygulamalarına esnek ve güçlü araçlar sunmaktadır. Bununla birlikte, gerçek hayattaki OGA problemleri genellikle klasik olarak kabul edilen problemlerden önemli ölçüde daha zordur. Bu nedenle, bugüne kadar, çeşitli OGA problemlerinin tümü için uygun tek bir formülasyon ve çözüm yaklaşımı olmamıştır.

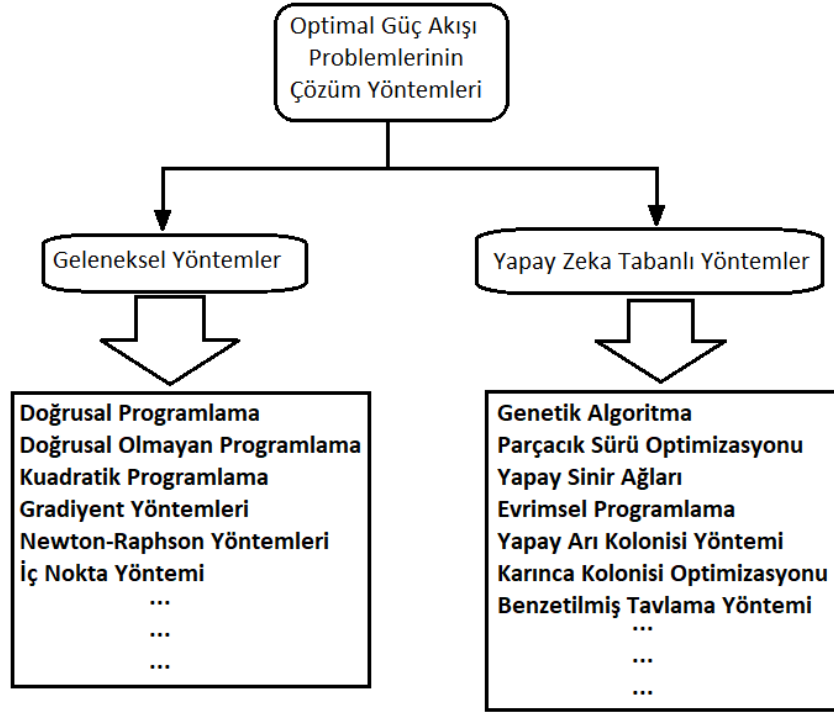
OGA problemlerini çözmenin zorluğu, artan şebeke boyutu ve karmaşıklığı ile önemli ölçüde artar. Son yılların endüstri alanındaki gelişmeleri, elektrik güç sistemlerinin karmaşıklığını büyük ölçüde artırmış ve bu konuyu OGA araştırmalarında ön plana çıkarmıştır. Geçmiş yılların güç şebekeleri tipik olarak az sayıda generatöre sahipti. Fakat bu durum bağımsız enerji üreticilerinin ortaya çıkması ve büyük ölçekli dağıtılmış ve yenilenebilir üretimin entegrasyonu ile önemli ölçüde değişmiştir. Bu arada OGA programlarının talep tarafına yeni değişkenler de eklenmiştir. Örneğin OGA algoritmaları Esnek AC İletim Sistemleri (FACTS) cihazları gibi gelişmiş yapıların kısıtlamalarını da içerecek şekilde güncellenmek zorunda kalmıştır. Bu gelişmeler OGA yöntemlerinin ve

programlarının birçok gerçek dünya uygulamasında kullanılmasını da engellemiştir (Frank ve ark., 2012).

OGA problemlerinin çözümünde kullanılan ilk algoritmalar klasik matematiğe dayalı programlama yöntemlerinden oluşmaktaydı. Bu yöntemlerin başlıcaları gradient metodu, newton metodu, doğrusal programlama metodu, kuadratik programlama metodu, doğrusal olmayan programlama metodu ve iç nokta yöntemleridir. Bu yöntemler genel olarak yakınsama sorunlarının yanında küresel optimum yerine yerel optimuma yakınsaması ve yakınsadığı değerlerin başlangıç değerlerine bağlı olması gibi sorunlara sahiptir [64]. Geleneksel OGA algoritmalarının bazı eksiklikleri ile başa çıkmak son yıllarda öne çıkan diğer yöntemler yapay zekâ tabanlı yöntemlerdir. Yapay zekâ (AI) teknikleri, yirmi yılı aşkın bir süredir güç sistemlerinde birçok karmaşık sorunu çözmek için etkili araçlar olarak ortaya çıkmıştır (Hassan ve ark., 2013). Son yıllarda yapay zekâ teknolojisinin güç sistemlerinin çalışması, planlaması ve tasarımı alanlarına uygulaması hızlı bir biçimde artış göstermiştir (Da Silva ve Quintana, 1995). Yapay zekâ (CI) terimi genellikle insan beyninin veya doğa davranışlarının belirli yönlerini taklit etmeye çalışan bir grup tekniği ifade eder (Haidar ve ark., 2010). Bu kategoriyi oluşturan başlıca teknikler evrimsel programlama (EP), genetik algoritma (GA), evrimsel stratejiler (ES), yapay sinir ağı (NN), benzetilmiş tavlama (SA), karınca kolonisi optimizasyonu (ACO), bulanık küme teorisi (FST), ve parçacık sürüsü optimizasyonu (PSO) teknikleri sayılabilir. Bu nispeten yeni geliştirilmiş araçların çoğu optimal bir çözüm arayışı yaparken türlerin evrimi (EP, GA ve ES), insan sinir sistemi (NN), bir metal soğutma işleminin termal dinamikleri (SA), insan beyninin veri işleme ve çıkarım yapma özelliği (FST) veya sosyal davranışlar (ACO ve PSO) gibi belirli bir doğal fenomeni taklit eder. Bu yöntemler küresel çözümlerin yerel çözümlerden daha fazla tercih edildiği veya problemin ayırt edilemez bölgelere sahip olduğu çeşitli optimizasyon problemlerine başarıyla uygulanmıştır. Ayrıca, geniş çözüm uzaylarını hızlı arama yetenekleri ve güç sistemi şebekelerinin bazı bölümlerindeki belirsizliği hesaba katma yetenekleri ile tanınırlar (AlRashidi ve El-Hawary, 2009; Qiu ve ark., 2009).

Şekil 1’de bu sınıflara ait yöntemlerin yer aldığı genel şema verilmiştir. Buna göre, OGA probleminin çözüm yöntemleri genel olarak geleneksel yöntemler ve yapay zekâ yöntemleri olmak üzere iki ana gruba ayrılabilir. Geleneksel yöntemler, deterministik yöntemler veya klasik yöntemler olarak da adlandırılabilir. Yapay zekâyâ dayanan yöntemler ise deterministik olmayan yöntemler olup stokastik yöntemler, sezgisel

yöntemler veya rastgele arama yöntemleri olarak da adlandırılır (Khamees ve ark., 2016; Frank ve ark., 2012).



Şekil 1. OGA problemlerinin çözüm yöntemleri

Klasik yöntemlerin dezavantajları şu şekilde özetlenebilir:

1. Bazıları doğrusallaştırma gerektirir.
2. Bazıları türevlenebilirlik gerektirir.
3. Bazıları süreklilik gerektirir.
4. Yerel optimumda takılıp kalabilir.
5. Yakınsama özellikleri zayıftır.
6. Niteliksel kısıtlamaları ele almada zayıftırlar.
7. Değişken sayısı fazlaysa çok yavaş çalışırlar.
8. Hız ve doğruluk özellikleri zayıftır.
8. Yalnızca tek bir optimize edilmiş çözüm bulabilirler (AlRashidi ve El-Hawary, 2009; Khamees ve ark., 2016).

Yapay zekaya dayanan yöntemlerin öne çıkan avantajları:

1. Çeşitli niteliksel kısıtları kullanabilme özelliğine sahiptir.
2. Bir simülasyon çalışması ile birden fazla optimal çözüm bulabilirler.
3. Çok amaçlı optimizasyon problemlerinin çözümüne uygundur.
4. Küresel optimum çözümü bulabilirler (Khamees ve ark., 2016).

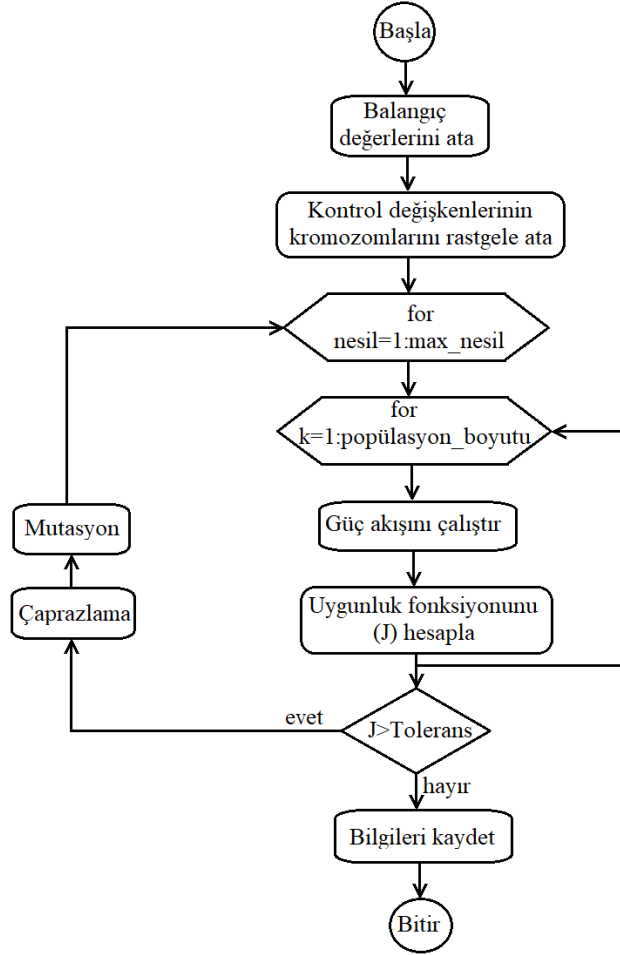
6. YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİNİN OGA PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜNDE KULLANIMI

OGA problemleri büyük ölçekli olmaları, doğrusal olmayan değişkenleri içermeleri, çok sayıda değişken içermeleri, hem ayrık hem de sürekli değişim gösteren değişkenlere sahip olması ve çok sayıda yerel çözüme sahip olmaları gibi nedenlerden dolayı klasik deterministik yöntemlerle çözülmesi kolay olmayan problemlerdir. Bu yüzden son yıllarda yapay zekaya dayanan çok fazla sayıda stokastik yöntemin çeşitli OGA problemine uygulandığı çalışma yapılmıştır. Aşağıda bu yöntemlerin en çok kullanılan ve önemlilerinden olan 6 tanesi açıklanmıştır.

6.1. Genetik Algoritma Metodu

Genetik algoritmalar, en uygun olanın hayatta kalması teorisine dayalı evrim sürecini simüle eden rastgele arama algoritmaları kategorisine ait bir yöntemdir. Yöntem, küresel çapta arama yapan sezgisel bir yöntem olup evrimsel bir algoritmadır (Qiu ve ark., 2009).

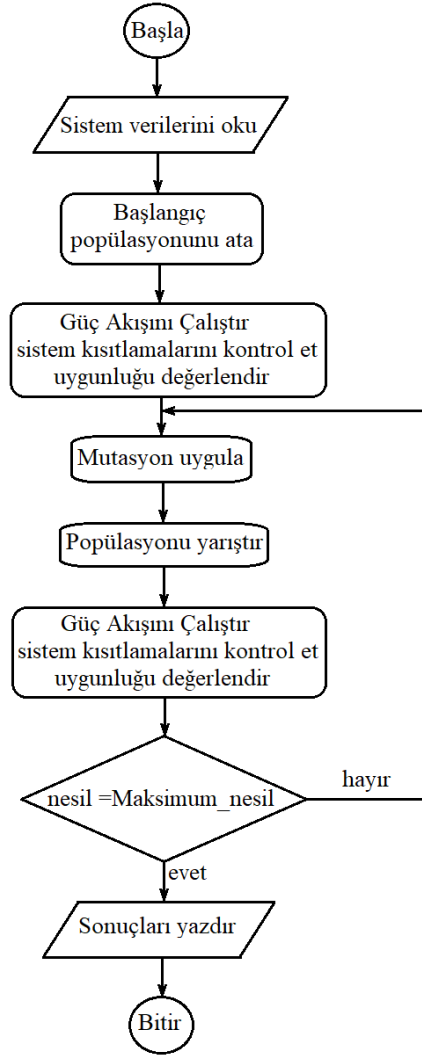
Genetik algoritma, klasik yöntemlerin üstesinden gelemediği problemleri çözmede başarılı olmasına karşın büyük ölçekli OGA problemlerine çözüm üretmesi kolay olmamaktadır. Bu yüzden genetik algoritmaya dayanan OGA algoritmaları küçük ölçekli problemlere uygulanır (Bakirtzis ve ark., 2002). Şekil 2’de genetik algoritma tabanlı bir OGA problemi çözüm yönteminin akış diyagramı verilmiştir (Attia ve ark., 2012). Bu şekilden de görüleceği üzere yöntem kontrol değişkenlerinin kromozomlarında yapılan çaprazlama ve mutasyon ile en iyi çözüme ulaşmaya çalışmaktadır. Literatürde çeşitli OGA probleminin çözümü için önerilmiş çok sayıda genetik algoritma tabanlı yöntem bulunmaktadır. Bunlardan bazıları (Bakirtzis ve ark., 2002; Attia ve ark., 2012; Osman ve ark., 2004; Paranjothi ve Anburaja, 2002; Kumari ve Maheswarapu, 2010; Younes ve ark., 2007) referanslarında verilmiştir.



Şekil 2. Genetik algoritma tabanlı OGA akış şeması

6.2. Evrimsel Programlama Yöntemi

Evrimsel Programlama, doğal biyolojik evrim metaforunu taklit eden ve birçok güç sistemi optimizasyon problemine başarıyla uygulanmış bir stokastik küresel arama yöntemleridir (Qiu ve ark., 2009). Evrimsel programlama tekniği, birçok yerel minimumun var olduğu, monoton olmayan çözüm uzayları için özellikle uygundur (Yuryevich ve Wong, 1999). Şekil 3'te evrimsel programlama yöntemine dayanan bir OGA problemi çözüm yönteminin akış diyagramı verilmiştir (Sood, 2007). Bu şekilde de görüleceği üzere başlangıç olarak atanan çözümlerin her bir hesaplama döngüsünde mutasyona uğrayarak ve en iyi popülasyonu hayatta kalarak optimum çözüme yakınsaması sağlanır. Literatürde çeşitli OGA probleminin çözümü için önerilmiş çok sayıda evrimsel programlama yöntemi bulunmaktadır. Bunlardan bazıları [Kumar ve Chaturvedi, 2013; Yuryevich ve Wong, 1999; Sood, 2007; Ongsakul ve Tantimaporn, 2006; Somasundaram, 2004; Gnanadass ve ark., 2004; Ida Evangeline ve Rathika, 2021) referanslarında verilmiştir.



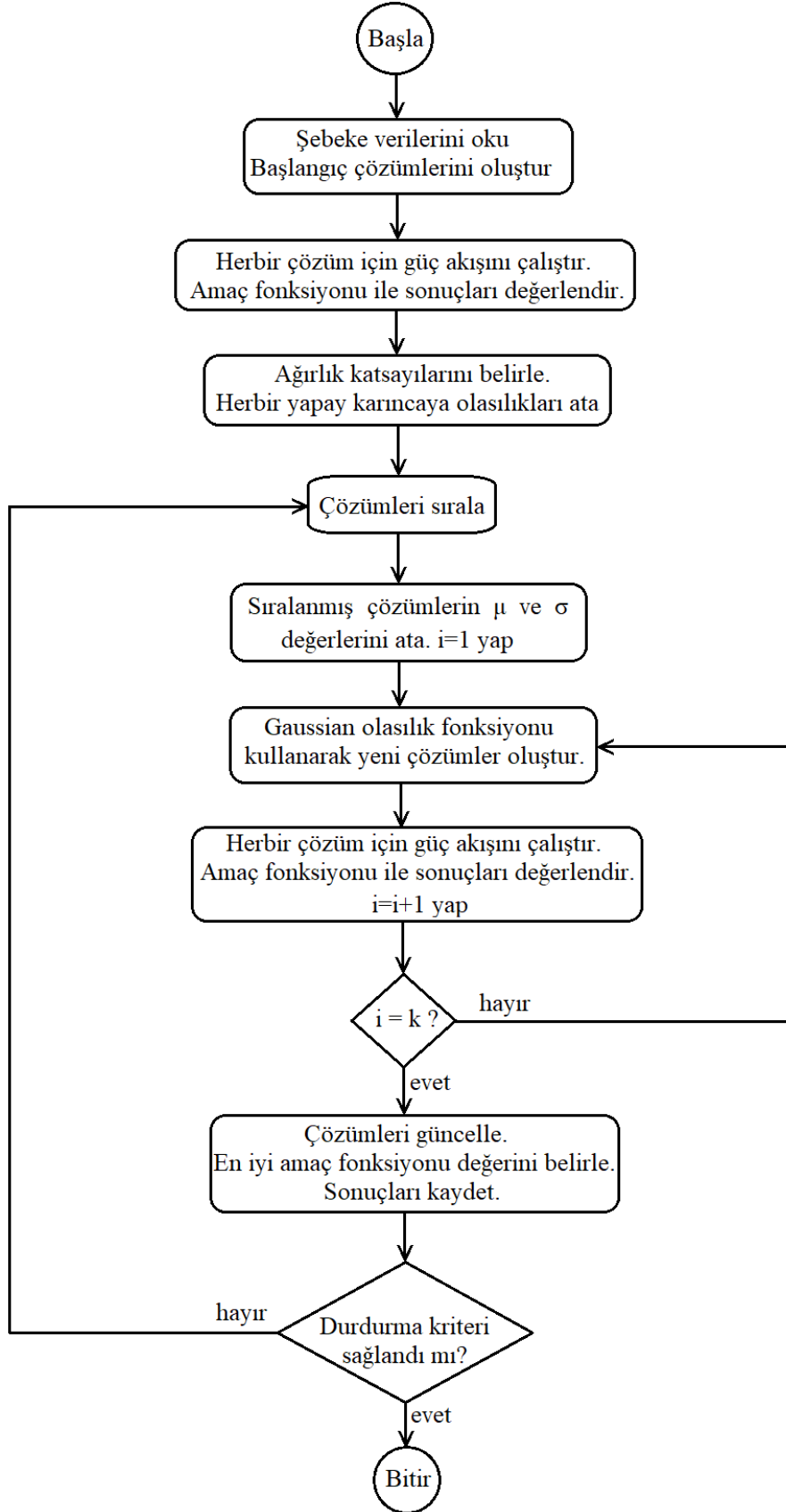
Şekil 3. Evrimsel programlama tabanlı OGA akış şeması

6.3. Karınca Kolonisi Optimizasyonu

Karınca Kolonisi Optimizasyonu (KKO), karıncaların yol alma davranışından esinlenen bir olasılıksal algoritma çeşididir. KKO, yerel problem verilerine ve daha önce elde edilen sonuçların kalitesi hakkında bilgi içeren dinamik bir bellek yapısına dayanan bir paralel arama tekniğidir. KKO, koloni ile besin kaynakları arasında en kısa yolu kuran karınca kolonilerinden ilham alınarak geliştirilmiştir. Yöntem, feromon izi parametreleri olarak adlandırılan bir dizi model parametresinden oluşan olasılıksal bir feromon modelini kullanır. Feromon değerleri, daha önce üretilen çözümler kullanılarak, zaman içinde yüksek kaliteli çözümler üretme olasılığı artacak şekilde güncellenir. KKO gerçek zamanlı değişikliklere uyum sağlayabilir (Frank ve ark., 2012). KKO, ele alınan probleme çözümler üretmek için kullanılan (parametrelili) bir olasılık modelinin kullanımı ile karakterize edilir. Olasılık modeline feromon modeli denir. Genel olarak, KKO yaklaşımı aşağıdaki iki adımı tekrarlayarak bir optimizasyon problemini çözmeye çalışır:

1. Aday çözümler bir feromon modeli kullanılarak oluşturulur.
2. Aday çözümler, feromon değerlerini gelecekteki örnekleme için yüksek kaliteli çözümlere doğru saptıracak şekilde değiştirmek için kullanılır (Allaoua ve Laoufi, 2008).

Şekil 4'te karınca kolonisi optimizasyonuna dayanan bir OGA problemi çözüm yönteminin akış diyagramı verilmiştir (Allaoua ve Laoufi, 2008). Bu şekilden de görüleceği üzere optimum çözümlere Gaussian olasılık fonksiyonu kullanılarak elde edilen çözümler kullanılarak ulaşılır. Literatürde çeşitli OGA probleminin çözümü için önerilmiş çok sayıda karınca koloni optimizasyonu algoritması bulunmaktadır. Bunlardan bazıları (Allaoua ve Laoufi, 2008; Moradi, 2022; Raviprabakaran ve Subramanian, 2018; Soares ve ark., 2011; Qasim ve Al-Bahrani, 2020; Joshi ve Ghanchi, 2013) referanslarında verilmiştir.



Şekil 4. Karınca kolonisi optimizasyonu tabanlı OGA akış şeması

6.4. Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları (YSA), biyolojik sinir ağlarının çalışmasına dayanan hesaplama araçlarıdır. YSA'lar, insan beyninin çalışmasına benzer şekilde paralel bilgi işleme yeteneğine sahiptir. Bunun bir sonucu olarak YSA'lar, özellikle matematiksel korelasyonu bilinmeyen büyük hacimli verilerle uğraşırken oldukça hızlıdır. Çevrim içi işleme ve sınıflandırma yeteneklerine sahiptir (Frank ve ark., 2012; Çavuş ve Sarıkaya, 2021).

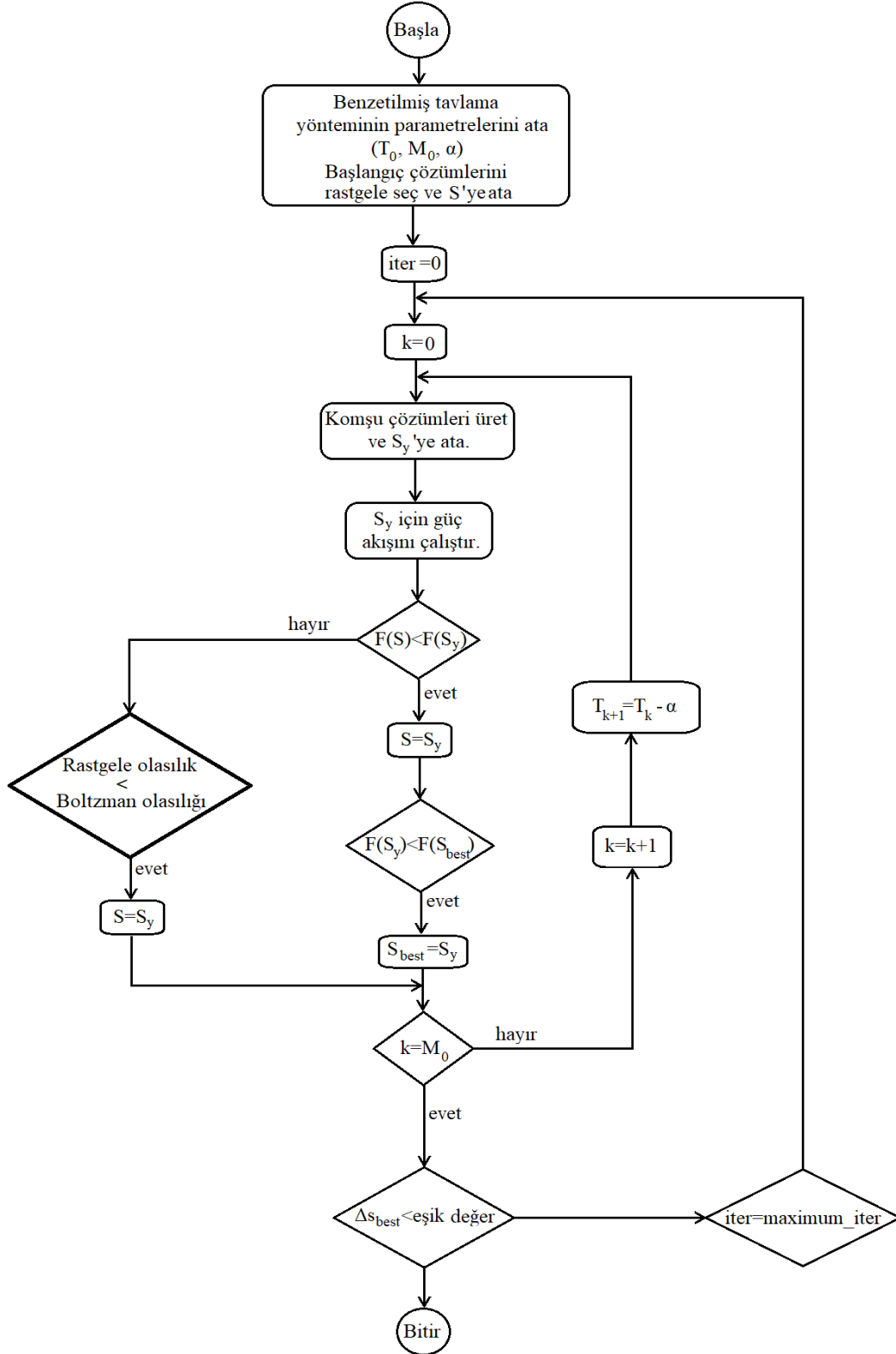
Paralel bilgisayarların aksine, sinir ağları paralel hesaplama sunar ve aynı zamanda Newton-Raphson güç akışında karşılaşılan matrislerin seyrekliğinden tam olarak yararlanır. Bu, sinir ağlarının diğer hesaplama sistemlerine göre önemli bir avantajıdır. Literatürde çeşitli OGA probleminin çözümü için önerilmiş çok sayıda yapay sinir ağı tabanlı algoritma bulunmaktadır. Bunlardan bazıları (Nguyen, 1997; Pan ve ark., 2020; Nellikkath ve Chatzivassileiadis, 2022; Yang ve ark., 2021; Owerko ve ark., 2020) referanslarında verilmiştir.

6.5. Benzetilmiş Tavlama Yöntemi

Benzetilmiş Tavlama (BT), global optimizasyon için önerilmiş bir genel, olasılıksal ve meta-sezgisel yöntemdir. BT algoritmasının her bir adımında, mevcut çözüm, karşılık gelen fonksiyon değerleri arasındaki farka ve süreç devam ettikçe kademeli olarak azalan bir küresel sıcaklık parametresine bağlı bir olasılıkla rastgele seçilen yakındaki bir çözümle değiştirilir. Bağımlılık öyledir ki, sıcaklık yüksek olduğunda mevcut çözüm neredeyse rastgele değişir, ancak sıcaklık sıfıra yaklaştıkça artan bir şekilde “yokuş aşağı” (gelişmiş bir amaç fonksiyonu değerine doğru) hareket eder. “Yokuş yukarı” hareketlere izin verilmesi, yöntemi yerel minimumlarda takılıp kalmaktan kurtarır. Böylece BT'nın asimptotik olarak küresel bir optimal çözüme yakınsaması garanti edilir. Ek olarak, BT'nın uygulanması nispeten kolaydır ve bu nedenle çok çeşitli problemler için uygundur (Frank ve ark., 2012). Benzetilmiş tavlama yöntemi, yerel minimumlara kolay yakalanmaması, kolay uygulanabilirliği ve kanıtlanmış iyi çözümlere ulaşabilme özelliği ile 1980'lerden beri bir çok optimizasyon problemine uygulanmıştır (Sousa ve ark., 2011).

Şekil 5'te benzetilmiş tavlama yöntemine dayanan bir OGA problemi çözüm yönteminin akış diyagramı verilmiştir (Sousa ve ark., 2011). Bu şekilden de görüleceği üzere yöntem azalan bir sıcaklık değerini kullanan bir Boltzman fonsiyonu sayesinde yerel çözümlere yakalanmadan küresel çözüme ulaşır. Literatürde çeşitli OGA probleminin çözümü için önerilmiş çok sayıda benzetilmiş tavlama yöntemi bulunmaktadır. Bunlardan

bazıları (Sousa ve ark., 2011; Roa-Sepulveda ve Pavez-Lazo, 2003; Bhasaputra ve Ongsakul, 2002; Niknam ve ark., 2013) referanslarında verilmiştir.

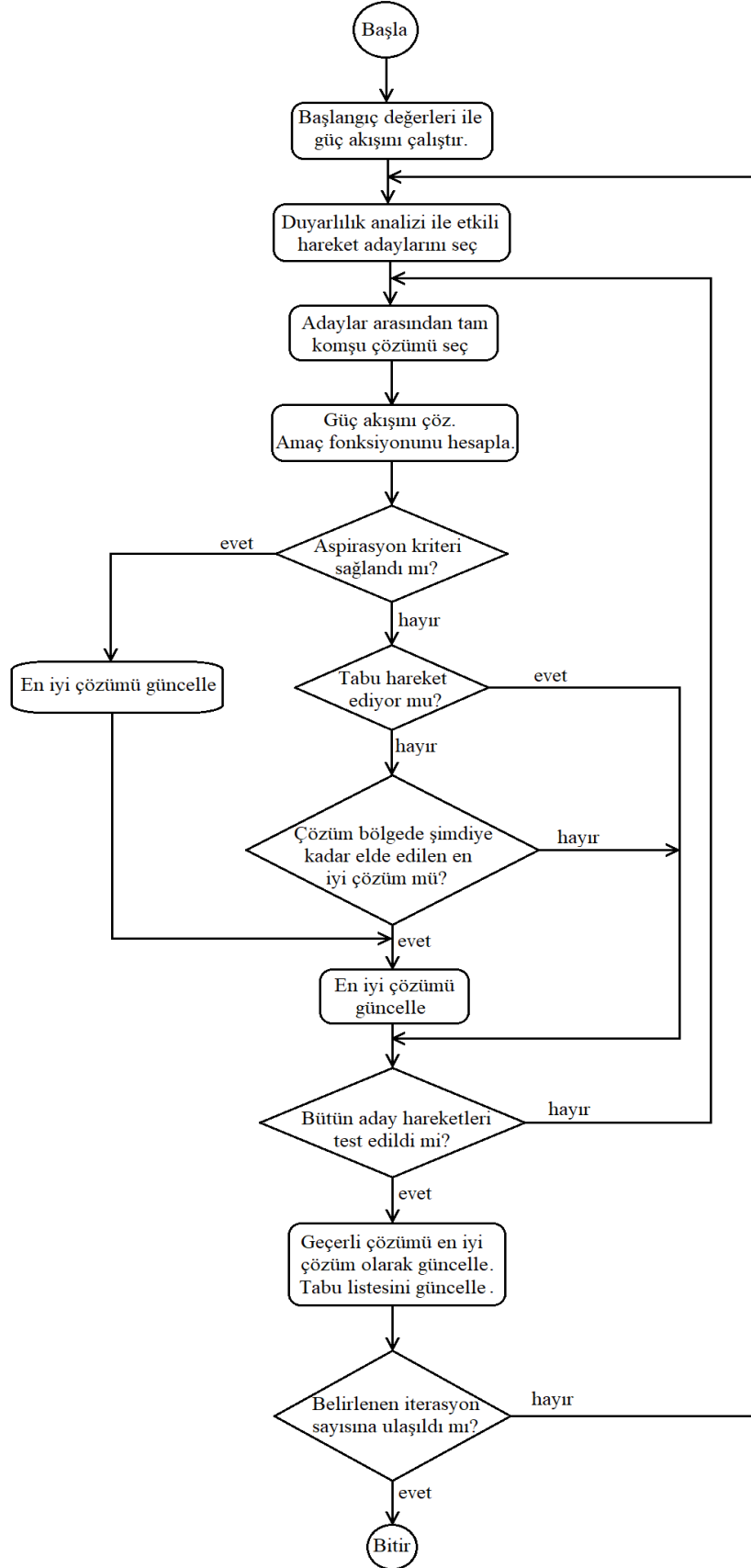


Şekil 5. Benzetilmiş tavlama yöntemi tabanlı OGA akış şeması

6.6. Tabu Arama Yöntemi

Tabu arama (TA), yinelemeli bir en iyi arama yöntemidir. Arama süreci kısmen, bir bölge tanımlayarak bir çözüm bulan ve daha sonra bölge içinde minimum maliyet fonksiyonu ile çözüme hareket eden bir tepeye tırmanma yöntemine dayanmaktadır. TA, bir bellek olarak önemli bir rol oynayan bir tabu listesi kullanır ve istenmeyen olarak kabul edilebilecek bir dizi durumla birlikte bir dizi ziyaret edilen durumu saklar. Tabu listesi, çözümün yerel minimumlardan kaçması ve esnek bellek yapıları kullanarak döngüyü önlemesi için arama yönlerini kontrol eder (Frank ve ark., 2012).

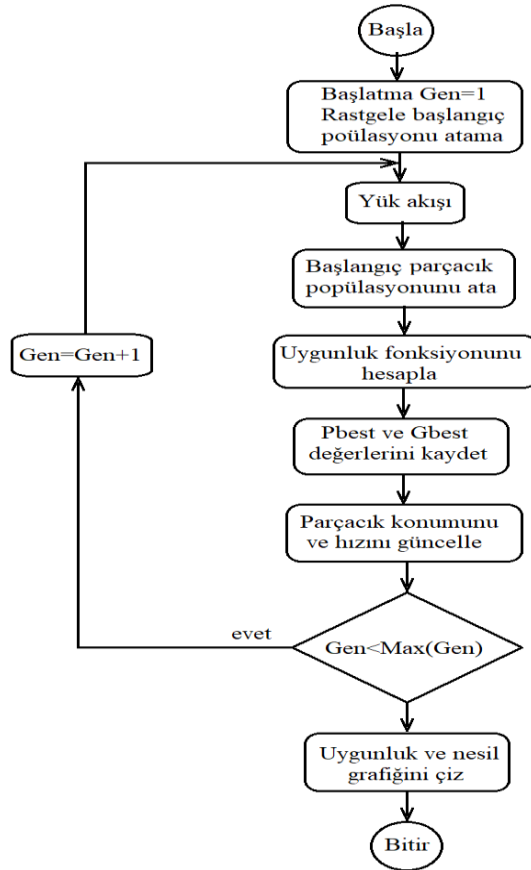
Diğer sezgisel tekniklerden farklı olarak, tabu arama algoritmasını kullanmanın avantajı, yerel optimumda takılmayı önleyen bir esnek bir arama geçmişi belleği kullanmasıdır. Ayrıca, Geleneksel optimizasyon tekniklerinden farklı olarak, tabu arama algoritması, dışbükey olmayan, düzgün olmayan ve türevlenemeyen amaç fonksiyonlarıyla kolayca başa çıkabilmesidir (Abido, 2002). Şekil 6'da tabu arama yöntemine dayanan bir OGA problemi çözüm yönteminin akış diyagramı verilmiştir (Nara ve Hu, 2000). Literatürde çeşitli OGA probleminin çözümü için önerilmiş çok sayıda tabu arama yöntemi bulunmaktadır. Bunlardan bazıları (Nara ve Hu, 2000; Abido, 2002; Nualhong ve ark., 2004; Sahli ve ark., 2014; Li ve ark., 2010) referanslarında verilmiştir.



Şekil 6.Tabu arama yöntemi tabanlı OGA akış şeması

6.7. Parçacık Sürü Optimizasyonu

Parçacık sürüsü optimizasyonu, balık sürüsü veya kuş sürüsü gibi hayvan sürülerinin sosyal davranışlarından ilham alan bir stokastik ve popülasyon tabanlı optimizasyon algoritmasıdır. Sürü zekası kullanan bir yöntemdir. Kennedy ve Eberhart tarafından 1995 yılında genetik algoritmalara alternatif olarak tanıtıldı (Kennedy ve Eberhart, 1995). Ayarlanacak sadece birkaç parametre gerektirmesi nedeniyle uygulama açısından çekicidir. PSO'nun ilk versiyonunda yalnızca doğrusal olmayan sürekli optimizasyon problemlerini ele alması amaçlanmıştır. Bununla birlikte, gelişimi, geniş bir karmaşık optimizasyon problemleri sınıfını ele alma yeteneklerini artırmıştır (Qiu ve ark., 2009). Şekil 7'de Parçacık Sürü Optimizasyonuna dayanan bir OGA problemi çözüm yönteminin akış diyagramı verilmiştir (Attous ve Labbi, 2009). Bu şekilde de görüleceği üzere parçacıkların hızı ve konumu uygunluk fonksiyonunun değerine göre güncellenerek çözüm uzayında aranan optimum değerlere yakınsanır. Literatürde çeşitli OGA probleminin çözümü için önerilmiş çok sayıda Parçacık Sürü Optimizasyonu yöntemi bulunmaktadır. Bunlardan bazıları (Attous ve Labbi, 2009; Abido, 2002; Hazra ve Sinha, 2011; Leeton ve ark., 2010; Yumbala ve ark., 2008) referanslarında verilmiştir.



Şekil 7. Parçacık sürü optimizasyonu tabanlı OGA akış şeması

7. SONUÇLAR

Elektrik güç sistemleri insanoğlu tarafından yapılmış sistemlerin belki de en büyük ve en karmaşık olanlarıdır. Bir güç sistemini olabildiğince güvenilir ve ekonomik bir biçimde işletmek için optimal güç akışı yöntemleri kullanılır. Bu yöntemlerden klasik olanları günümüzün büyük ölçekli, doğrusal olmayan, konveks olmayan ve ayrık donanım ve kontrol işaretleri içeren güç sistemlerine uygulamak kolay olmadığı gibi ürettikleri sonuçlar genellikle güvenilir değildir. Bu yüzden literatürde modern güç sistemlerinin çeşitli amaç fonksiyonlarını gerçekleştirebilecek yapay zeka tabanlı OGA problemi çözüm yöntemleri ve algoritmaları sunulmuştur. Bu yöntemler OGA problemlerine küresel çözümler üretebilme özelliklerinin yanında ayrık işaretler ile çalışabilmesi, çok amaçlı optimizasyon problemlerine kolayca uygulanabilmesi ve güvenilir çözümlere ulaşmaları nedeniyle son yılların öne çıkan yöntemleridir. Bu çalışmada bu yöntemlerden 7 tanesi detaylandırılarak açıklanmıştır. Konu ile ilgili zengin bir literatür mevcut olup bir kısmı bu çalışmanın sonunda verilmiştir.

KAYNAKÇA

- Abido, M. A. (2002). Optimal power flow using particle swarm optimization. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 24(7), 563-571.
- Abido, M. A. (2002). Optimal power flow using tabu search algorithm. *Electric power components and systems*, 30(5), 469-483.
- Aggarwal, S., & Singh, A. K. (2021). Impact analysis of electric vehicle charging station integration with distributed generators on power systems. *International Journal of Circuit Theory and Applications*, 49(6), 1811-1827.
- Ahmed Taher, M., Kamel, S., Jurado, F., & Yu, J. (2022). Optimal Locations and Sizes of Shunt FACT Devices for Enhancing Power System Loadability Using Improved Moth Flame Optimization. *Electric Power Components and Systems*, 1-19.
- Ahmadi, H., Ghasemi, H., Haddadi, A. M., & Lesani, H. (2013). Two approaches to transient stability-constrained optimal power flow. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 47, 181-192.
- Albatran, S., Harasis, S., Ialomoush, M., Alsmadi, Y., & Awawdeh, M. (2020). Realistic optimal power flow of a wind-connected power system with enhanced wind speed model. *IEEE Access*, 8, 176973-176985.
- AlRashidi, M. R., & El-Hawary, M. E. (2009). Applications of computational intelligence techniques for solving the revived optimal power flow problem. *Electric Power Systems Research*, 79(4), 694-702.
- Alsac, O., & Stott, B. (1974). Optimal load flow with steady-state security. *IEEE transactions on power apparatus and systems*, (3), 745-751.
- Allaoua, B., & Laoufi, A. (2008). Collective intelligence for optimal power flow solution using ant colony optimization. *Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies*, 13, 88-105.
- Attia, A. F., Al-Turki, Y. A., & Abusorrah, A. M. (2012). Optimal power flow using adapted genetic algorithm with adjusting population size. *Electric Power Components and Systems*, 40(11), 1285-1299.
- Attous, D. B., & Labbi, Y. (2009, November). Particle swarm optimization based optimal power flow for units with non-smooth fuel cost functions. In *2009 International Conference on Electrical and Electronics Engineering-ELECO 2009* (pp. I-377). IEEE.
- Azadani, E. N., Hosseinian, S. H., Divshali, P. H., & Vahidi, B. (2011). Stability constrained optimal power flow in deregulated power systems. *Electric Power Components and Systems*, 39(8), 713-732.
- Bai, Y., Zhong, H., Xia, Q., Kang, C., & Xie, L. (2015). A decomposition method for network-constrained unit commitment with AC power flow constraints. *Energy*, 88, 595-603.
- Bakirtzis, A. G., Biskas, P. N., Zoumas, C. E., & Petridis, V. (2002). Optimal power flow by enhanced genetic algorithm. *IEEE Transactions on power Systems*, 17(2), 229-236.
- Bhasaputra, P., & Ongsakul, W. (2002, December). Optimal power flow with multi-type of FACTS devices by hybrid TS/SA approach. In *2002 IEEE International Conference on Industrial Technology, 2002. IEEE ICIT'02*. (Vol. 1, pp. 285-290). IEEE.
- Biskas, P. N., Bakirtzis, A. G., Macheras, N. I., & Pasialis, N. K. (2005). A decentralized implementation of DC optimal power flow on a network of computers. *IEEE Transactions on Power Systems*, 20(1), 25-33.
- Boucekara, H. R., Chaib, A. E., Abido, M. A., & El-Sehiemy, R. A. (2016). Optimal power flow using an Improved Colliding Bodies Optimization algorithm. *Applied Soft Computing*, 42, 119-131.
- Boucekara, H. R. E. H. (2014). Optimal power flow using black-hole-based optimization approach. *Applied Soft Computing*, 24, 879-888.
- Capitanescu, F. (2019, June). Approaches to obtain usable solutions for infeasible security-constrained optimal power flow problems due to conflicting contingencies. In *2019 IEEE milan powertech* (pp. 1-6). IEEE.
- Carpentier, J. (1962). Contribution a l'étude du dispatching économique. *Bulletin de la Societe Francaise des Electriciens*, 3(1), 431-447.
- Chen, T., Lam, A. Y., & Hill, D. J. (2018, August). Transient stability-constrained optimal power flow with power flow routers. In *2018 IEEE Power & Energy Society General Meeting (PESGM)* (pp. 1-5). IEEE.

- Christakou, K., Tomozei, D. C., Le Boudec, J. Y., & Paolone, M. (2017). AC OPF in radial distribution networks–Part I: On the limits of the branch flow convexification and the alternating direction method of multipliers. *Electric Power Systems Research*, 143, 438-450.
- Conejo, A. J., & Aguado, J. A. (1998). Multi-area coordinated decentralized DC optimal power flow. *IEEE transactions on power systems*, 13(4), 1272-1278.
- Condren, J., Gedra, T. W., & Damrongkulkamjorn, P. (2006). Optimal power flow with expected security costs. *IEEE Transactions on Power Systems*, 21(2), 541-547.
- Çavuş, V., Sarıkaya, M. (2021). Yapay Sinir Ağları ve Güneş Enerji Sistemlerinde Uygulamaları. Volkan ÇAVUŞ (Ed.), *Yapay Zeka Uygulamalarında Güncel Konular ve Araştırmalar içinde* (ss. 7-22). Konya, Çizgi Kitabevi Yayınları.
- Das, J. C. (2002). *Power system analysis: short-circuit load flow and harmonics*. CRC press.
- Da Silva, A. A., & Quintana, V. H. (1995). Pattern analysis in power system state estimation. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 17(1), 51-60.
- Dent, C. J., Ochoa, L. F., Harrison, G. P., & Bialek, J. W. (2010). Efficient secure AC OPF for network generation capacity assessment. *IEEE Transactions on Power Systems*, 25(1), 575-583.
- Eladl, A. A., Basha, M. I., & ElDesouky, A. A. (2023). Techno-economic multi-objective reactive power planning in integrated wind power system with improving voltage stability. *Electric Power Systems Research*, 214, 108917.
- Elattar, E. E., & ElSayed, S. K. (2019). Modified JAYA algorithm for optimal power flow incorporating renewable energy sources considering the cost, emission, power loss and voltage profile improvement. *Energy*, 178, 598-609.
- Et-Taoussi, M., Ouadi, H., & Chakir, H. E. (2019). Hybrid optimal management of active and reactive power flow in a smart microgrid with photovoltaic generation. *Microsystem Technologies*, 25(11), 4077-4090.
- Farid, A. M. (2021). A Profit-Maximizing Security-Constrained IV-AC Optimal Power Flow Model & Global Solution. *IEEE Access*, 10, 2842-2859.
- Feng, C., Liu, Y., & Zhang, J. (2021). A taxonomical review on recent artificial intelligence applications to PV integration into power grids. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 132, 107176.
- Frank, S., Steponavice, I., & Rebennack, S. (2012). Optimal power flow: a bibliographic survey I. *Energy systems*, 3(3), 221-258.
- Frank, S., Steponavice, I., & Rebennack, S. (2012). Optimal power flow: a bibliographic survey II. *Energy systems*, 3(3), 259-289.
- Gnanadass, R., Venkatesh, P., & Padhy, N. P. (2004). Evolutionary programming based optimal power flow for units with non-smooth fuel cost functions. *Electric power components and systems*, 33(3), 349-361.
- Haidar, A. M., Mohamed, A., & Milano, F. (2010). A computational intelligence-based suite for vulnerability assessment of electrical power systems. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 18(5), 533-546.
- Hassan, L. H., Moghavvemi, M., Almurib, H. A., & Steinmayer, O. (2013). Current state of neural networks applications in power system monitoring and control. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 51, 134-144.
- Hazra, J., & Sinha, A. K. (2011). A multi-objective optimal power flow using particle swarm optimization. *European transactions on electrical power*, 21(1), 1028-1045.
- Home-Ortiz, J. M., De Oliveira, W. C., & Mantovani, J. R. S. (2021). Optimal Power Flow Problem Solution Through a Matheuristic Approach. *IEEE Access*, 9, 84576-84587.
- Huang, G., Wang, J., Chen, C., & Guo, C. (2018). Cyber-constrained optimal power flow model for smart grid resilience enhancement. *IEEE transactions on smart grid*, 10(5), 5547-5555.
- Ida Evangeline, S., & Rathika, P. (2021). Real-time optimal power flow solution for wind farm integrated power system using evolutionary programming algorithm. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 18(7), 1893-1910.
- Islam, M. Z., Wahab, N. I. A., Veerasamy, V., Hizam, H., Mailah, N. F., Guerrero, J. M., & Mohd Nasir, M. N. (2020). A Harris Hawks optimization based single-and multi-objective optimal power flow considering environmental emission. *Sustainability*, 12(13), 5248.
- Joshi, S. K., & Ghanchi, V. H. (2013). Solution of optimal power flow subject to security constraints by an ANT Colony Optimization.

- Kennedy, J., & Eberhart, R. (1995, November). Particle swarm optimization. In Proceedings of ICNN'95-international conference on neural networks (Vol. 4, pp. 1942-1948). IEEE.
- Khamees, A. K., Badra, N., & Abdelaziz, A. Y. (2016). Optimal power flow methods: A comprehensive survey. *International Electrical Engineering Journal (IEEJ)*, 7(4), 2228-2239.
- Khan, B., & Singh, P. (2017). Optimal power flow techniques under characterization of conventional and renewable energy sources: A comprehensive analysis. *Journal of Engineering*, 2017.
- Khunkitti, S., Premrudeepreechacharn, S., Chatthaworn, R., Thasnas, N., Khunkitti, P., Siritaratwat, A., & Watson, N. R. (2019). A comparison of the effectiveness of voltage stability indices in an optimal power flow. *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, 14(4), 534-544.
- Kumari, M. S., & Maheswarapu, S. (2010). Enhanced genetic algorithm based computation technique for multi-objective optimal power flow solution. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 32(6), 736-742.
- Kumar, S., & Chaturvedi, D. K. (2013). Optimal power flow solution using fuzzy evolutionary and swarm optimization. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 47, 416-423.
- Lam, A. Y., Zhang, B., & David, N. T. (2012, December). Distributed algorithms for optimal power flow problem. In 2012 IEEE 51st IEEE conference on decision and control (CDC) (pp. 430-437). IEEE.
- Lankeshwara, G. (2021, December). A Real-time Control Approach to Maximise the Utilisation of Rooftop PV Using Dynamic Export Limits. In 2021 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies-Asia (ISGT Asia) (pp. 1-5). IEEE.
- La Scala, M., Trovato, M., & Antonelli, C. (1998). On-line dynamic preventive control: An algorithm for transient security dispatch. *IEEE Transactions on Power Systems*, 13(2), 601-610.
- Leeton, U., Uthitsunthorn, D., Kwannetr, U., Sinsuphun, N., & Kulworawanichpong, T. (2010, May). Power loss minimization using optimal power flow based on particle swarm optimization. In ECTI-CON2010: The 2010 ECTI International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (pp. 440-444). IEEE.
- Li, C., Zhao, H., & Chen, T. (2010, August). The hybrid differential evolution algorithm for optimal power flow based on simulated annealing and tabu search. In 2010 International Conference on Management and Service Science (pp. 1-7). IEEE.
- Li, P., Ji, J., Ji, H., Jian, J., Ding, F., Wu, J., & Wang, C. (2020). MPC-based local voltage control strategy of DGs in active distribution networks. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 11(4), 2911-2921.
- Liu, Y., Qu, Z., Xin, H., & Gan, D. (2016). Distributed real-time optimal power flow control in smart grid. *IEEE Transactions on Power Systems*, 32(5), 3403-3414.
- Madani, R., Ashraphijuo, M., & Lavaei, J. (2015). Promises of conic relaxation for contingency-constrained optimal power flow problem. *IEEE Transactions on Power Systems*, 31(2), 1297-1307.
- Momoh, J. A. (1989, November). A generalized quadratic-based model for optimal power flow. In Conference Proceedings., IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (pp. 261-271). IEEE.
- Moradi, B., Kargar, A., & Abazari, S. (2022). Transient stability constrained optimal power flow solution using ant colony optimization for continuous domains (ACOR). *IET Generation, Transmission & Distribution*, 16(18), 3734-3747.
- Muchayi, M., & El-Hawary, M. E. (1999). A summary of algorithms in reactive power pricing. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 21(2), 119-124.
- Nara, K., & Hu, H. (2000, December). A reactive power resource planning method by tabu search in competitive markets. In PowerCon 2000. 2000 International Conference on Power System Technology. Proceedings (Cat. No. 00EX409) (Vol. 2, pp. 1089-1094). IEEE.
- Nellikath, R., & Chatzivasileiadis, S. (2022). Physics-informed neural networks for ac optimal power flow. *Electric Power Systems Research*, 212, 108412.
- Nguyen, T. T. (2019). A high performance social spider optimization algorithm for optimal power flow solution with single objective optimization. *Energy*, 171, 218-240.

- Nguyen, T. T. (1997, November). Neural network optimal-power-flow. In 1997 Fourth International Conference on Advances in Power System Control, Operation and Management, APSCOM-97.(Conf. Publ. No. 450) (Vol. 1, pp. 266-271). IET.
- Niknam, T., Narimani, M. R., & Jabbari, M. (2013). Dynamic optimal power flow using hybrid particle swarm optimization and simulated annealing. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 23(7), 975-1001.
- Nualhong, D., Chusanapiputt, S., Phomvuttisarn, S., & Jantarang, S. (2004, November). Reactive tabu search for optimal power flow under constrained emission dispatch. In 2004 IEEE Region 10 Conference TENCN 2004. (Vol. 100, pp. 327-330). IEEE.
- Ongsakul, W., & Tantimaporn, T. (2006). Optimal power flow by improved evolutionary programming. *Electric power components and systems*, 34(1), 79-95.
- Osman, M. S., Abo-Sinna, M. A., & Mousa, A. A. (2004). A solution to the optimal power flow using genetic algorithm. *Applied mathematics and computation*, 155(2), 391-405.
- Owerko, D., Gama, F., & Ribeiro, A. (2020, May). Optimal power flow using graph neural networks. In ICASSP 2020-2020 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP) (pp. 5930-5934). IEEE.
- Pan, X., Zhao, T., Chen, M., & Zhang, S. (2020). Deepopf: A deep neural network approach for security-constrained dc optimal power flow. *IEEE Transactions on Power Systems*, 36(3), 1725-1735.
- Paranjothi, S. R., & Anburaja, K. (2002). Optimal power flow using refined genetic algorithm. *Electric Power Components and Systems*, 30(10), 1055-1063.
- Pizano-Martinez, A., Fuerte-Esquivel, C. R., & Ruiz-Vega, D. (2011). A new practical approach to transient stability-constrained optimal power flow. *IEEE Transactions on Power Systems*, 26(3), 1686-1696.
- Qasim, A., & Al-Bahrani, L. T. (2020). Constraint Optimal Power Flow Based on Ant Colony Optimization. *Journal of Engineering and Sustainable Development (JEASD)*, 24(Special_Issue_2020).
- Qiu, Z., Deconinck, G., & Belmans, R. (2009, March). A literature survey of optimal power flow problems in the electricity market context. In 2009 IEEE/PES Power Systems Conference and Exposition (pp. 1-6). IEEE.
- Raviprabakaran, V., & Subramanian, R. C. (2018). Enhanced ant colony optimization to solve the optimal power flow with ecological emission. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 9(1), 58-65.
- Reddy, S. S., & Rathnam, C. S. (2016). Optimal power flow using glowworm swarm optimization. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 80, 128-139.
- Reddy, S. S. (2017). Optimal power flow with renewable energy resources including storage. *Electrical Engineering*, 99(2), 685-695.
- Roa-Sepulveda, C. A., & Pavez-Lazo, B. J. (2003). A solution to the optimal power flow using simulated annealing. *International journal of electrical power & energy systems*, 25(1), 47-57.
- Sahli, Z., Hamouda, A., Bekrar, A., & Trentesaux, D. (2014, October). Hybrid PSO-tabu search for the optimal reactive power dispatch problem. In IECON 2014-40th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (pp. 3536-3542). IEEE.
- Saunders, C. S. (2013). Point estimate method addressing correlated wind power for probabilistic optimal power flow. *IEEE Transactions on Power Systems*, 29(3), 1045-1054.
- Selladurai, R., Chelladurai, C., & Jayakumar, M. (2022). Optimal dispatch of generators based on network constrained to enhance power deliverable using the heuristic approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-12.
- Sharma, A., Sharma, H., Bhargava, A., Sharma, N., & Bansal, J. C. (2016). Optimal power flow analysis using lévy flight spider monkey optimisation algorithm. *International Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing*, 5(4), 320-352.
- Shojaei, A. H., Ghadimi, A. A., Miveh, M. R., Mohammadi, F., & Jurado, F. (2020). Multi-objective optimal reactive power planning under load demand and wind power generation uncertainties using ϵ -constraint method. *Applied Sciences*, 10(8), 2859.
- Sinha, M., Panwar, M., Kadavil, R., Hussain, T., Suryanarayanan, S., & Papic, M. (2019, June). Optimal load shedding for mitigation of cascading failures in power grids. In *Proceedings of the Tenth ACM International Conference on Future Energy Systems* (pp. 416-418).

- Soares, J., Sousa, T., Vale, Z. A., Morais, H., & Faria, P. (2011, July). Ant colony search algorithm for the optimal power flow problem. In 2011 IEEE power and energy society general meeting (pp. 1-8). IEEE.
- Somasundaram, P., Kuppusamy, K., & Devi, R. K. (2004). Evolutionary programming based security constrained optimal power flow. *Electric Power Systems Research*, 72(2), 137-145.
- Song, H., Lee, B., Kwon, S. H., & Ajarapu, V. (2003). Reactive reserve-based contingency constrained optimal power flow (RCCOPF) for enhancement of voltage stability margins. *IEEE transactions on Power Systems*, 18(4), 1538-1546.
- Song, K. X. Y. (2000). Optimal spinning reserve allocation with full AC network constraints via a nonlinear interior point method. *Electric Machines & Power Systems*, 28(11), 1071-1090.
- Sood, Y. R. (2007). Evolutionary programming based optimal power flow and its validation for deregulated power system analysis. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 29(1), 65-75.
- Sousa, T., Soares, J., Vale, Z. A., Morais, H., & Faria, P. (2011, July). Simulated annealing metaheuristic to solve the optimal power flow. In 2011 IEEE power and energy society general meeting (pp. 1-8). IEEE.
- Sumpavakup, C., Srikanth, I., & Chusanapiputt, S. (2010, October). A solution to the optimal power flow using artificial bee colony algorithm. In 2010 International Conference on Power System Technology (pp. 1-5). IEEE.
- Su, J., & Venkatasubramanian, V. M. (2007, August). A hybrid on-line slow voltage control scheme for large power systems. In 2007 iREP Symposium-Bulk Power System Dynamics and Control-VII. Revitalizing Operational Reliability (pp. 1-9). IEEE.
- Turkay, B. E., & Cabadag, R. I. (2013, July). Optimal power flow solution using particle swarm optimization algorithm. In *Eurocon 2013* (pp. 1418-1424). IEEE.
- Wais, D. S., & Majeed, W. S. (2021). The gravitational search algorithm for incorporating TCSC devices into the system for optimum power flow. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 11(6), 4678.
- Wang, C., Cui, B., Wang, Z., & Gu, C. (2018). SDP-based optimal power flow with steady-state voltage stability constraints. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 10(4), 4637-4647.
- Wang, M., Yang, M., & Han, X. (2020). Optimal power flow considering transient thermal behavior of overhead transmission lines. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 114, 105396.
- Weber, J. D., Overbye, T. J., & DeMarco, C. L. (1998, January). Inclusion of price dependent load models in the optimal power flow. In *Proceedings of the Thirty-First Hawaii International Conference on System Sciences* (Vol. 3, pp. 62-70). IEEE.
- Wu, T., Rothleder, M., Alaywan, Z., & Papalexopoulos, A. D. (2004). Pricing energy and ancillary services in integrated market systems by an optimal power flow. *IEEE Transactions on power systems*, 19(1), 339-347.
- Yang, K., Gao, W., & Fan, R. (2021, November). Optimal Power Flow Estimation Using One-Dimensional Convolutional Neural Network. In 2021 North American Power Symposium (NAPS) (pp. 1-6). IEEE.
- Younes, M., Rahli, M., & Abdelhakem-Koridak, L. (2007). Optimal Power Flow Based on Hybrid Genetic Algorithm. *Journal of Information Science & Engineering*, 23(6).
- Yumbla, P. E. O., Ramirez, J. M., & Coello, C. A. C. (2008). Optimal power flow subject to security constraints solved with a particle swarm optimizer. *IEEE transactions on power systems*, 23(1), 33-40.
- Yuryevich, J., & Wong, K. P. (1999). Evolutionary programming based optimal power flow algorithm. *IEEE transactions on Power Systems*, 14(4), 1245-1250.
- Zhang, X. P., Rehtanz, C., & Pal, B. (2012). *Flexible AC transmission systems: modelling and control*. Springer Science & Business Media.
- Zhang, Y. J., & Ren, Z. (2005). Optimal reactive power dispatch considering costs of adjusting the control devices. *IEEE Transactions on Power Systems*, 20(3), 1349-1356.

BÖLÜM

5

MEDİKAL GÖRÜNTÜLERDE YAPAY ZEKA UYGULAMALARI İLE HASTALIK TEŞHİSLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Öğr. Gör. Yakup İRİM

Sinop Üniversitesi,

E-posta: yirim@sinop.edu.tr

 0000-0002-1267-7153

Arş. Gör. Ayhan ŞAVKLIYILDIZ

Akdeniz Üniversitesi,

E-posta: savkliyildiz@akdeniz.edu.tr

 0000-0002-4148-9717

Öğr. Gör. Salih DAĞLI

Sinop Üniversitesi,

E-posta: sdagli@sinop.edu.tr

 0000-0003-3805-5130

ATIF: İrim, Y., Şavklıyıldız, A., Dağlı, S (2022). Medikal Görüntülerde Yapay Zeka Uygulamaları İle Hastalık Teşhislerinin İyileştirilmesi. Volkan ÇAVUŞ (Ed.), *Yapay Zeka Uygulamalarında Güncel Konular ve Araştırmalar-2* içinde (ss. 83-106). Konya, Çizgi Kitabevi Yayınları.

- BÖLÜM 5 -

MEDİKAL GÖRÜNTÜLERDE YAPAY ZEKA UYGULAMALARI İLE HASTALIK TEŞHİSLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Yakup İRİM

Öğr. Gör., Sinop Üniversitesi, yirim@sinop.edu.tr

 0000-0002-1267-7153

Ayhan ŞAVKLIYILDIZ

Arş. Gör., Akdeniz Üniversitesi, savkliyildiz@akdeniz.edu.tr

 0000-0002-4148-9717

Salih DAĞLI

Öğr. Gör., Sinop Üniversitesi, sdagli@sinop.edu.tr

 0000-0003-3805-5130

GİRİŞ

“Tıbbi Teknoloji” ifadesi, sağlık çalışanlarının erken teşhis yaparak, komplikasyonları azaltarak, tedaviyi optimize ederek, hastanede yatış süresini azaltarak ya da daha az invaziv seçenekler sunarak hastalara ve topluma daha iyi bir yaşam kalitesi sunmasını sağlayabilecek bir dizi aracı ele almak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Teknolojinin çağının gelişiminden önce tıbbi teknolojiler esas olarak protezler, stentler ve implantlar gibi klasik tıbbi cihazlar olarak tanımlanmaktaydı. Ardından teknolojinin gelişmesi sonucunda akıllı telefonlar, giyilebilir cihazlar, sensörler ve iletişim sistemlerinin ortaya çıkması ve çok küçük boyutlu elektrikli cihazlar ile yapay zekâyı içermeye yeteneği ile tıpta devrim yaratmıştır (Steinhubl vd., 2015). Yapay zekâ, tıbbi teknolojilerde devrim yaratması ve genellikle bilgisayar biliminin, çok miktarda veriye ve çok az teoriye sahip alanlarda birçok uygulama ile karmaşık problemlerle başa çıkabilen bir parçası olarak anlaşılabilmektedir (Peng vd., 2010).

Klinik değerlendirmelerin en önemli görevlerinden birisi “teşhis” olarak kabul edilmektedir. Uzmanlar tarafından belirlenen teşhisin doğruluğu ve süresi (hastalık süresi) oldukça önem arz etmektedir. Küresel olarak teşhis sırasında meydana gelen hatalar sağlık hizmetlerindeki en büyük bütçe kalemlerinden birisini oluşturmaktadır (Newman-Toker & Pronovost, 2009; Reilly vd., 2013). Hastalık vakalarının yaklaşık %10-15’inde hatalı ve/veya geç teşhisler meydana gelmektedir (Berner, 2009). Yanlış veya geç teşhis hataları, medikal alanda yapılan diğer hatalara hastalar üzerinde daha ciddi olaylara

ilgili görevlerde bir bilgisayarın davranışının (sorulara yanıt verme, sorun çözme vs.) insan düzeyinde performans elde etme yeteneği olduğuna dayanmaktadır (Turing, 2009). 1980-90 yıllarında yapay zekaya gösterilen ilgide büyük bir artış gözlenmiştir. Bayes ağları, yapay sinir ağları ve hibrit akıllı sistemler gibi farklı yapay zekâ teknikleri, medikal alanda farklı klinik ortamlarda kullanılmıştır. 2010 yılından sonra her alandaki kullanım miktarı oldukça artan yapay zekâ teknikleri, 2016 yılına gelindiği zaman diğer sektörlerle kıyasla yapay zekâ araştırmalarına yapılan en büyük yatırım sağlık uygulamalarına yapılmıştır (Mintz & Brodie, 2019).

Medikal alanda yapay zekâ temel olarak sanal ve fiziksel olarak iki grupta incelenebilmektedir (Hamet & Tremblay, 2017). Sanal olarak isimlendirilen grup sağlık kayıt sistemlerini kullanarak değerlendirmeden tanı teşhislerinde sinir ağı tabanlı yardım edilmesine kadar uzanmaktadır. Fiziksel olarak tanımlanan grupta ameliyat esnasında yardımcı robotlar, engelli bireyler için akıllı protezler gibi donanımsal materyaller bulunmaktadır.

Kanıt dayalı tıbbın temelini mevcut veri tabanından ilişkilendirmeler ile modeller geliştirilerek klinik korelasyonlar ve öngörüler oluşturmaktadır. İlişkilerin kurulması ya da korelasyon gücünü analiz etmek için istatistiksel yöntemler kullanılmaktadır. Günümüzde bilgisayarlı karar verme mekanizmaları bir hastaya tanı koyma işlemini öğrenmesi için akış şeması ve veri tabanı yaklaşımı olmak üzere temel iki teknik kullanılmaktadır. Akış şemasına dayalı yaklaşım, doktorun hastaya bir dizi soru sormasını ve ardından hasta tarafından belirtilen semptom kompleksini birleştirerek olası bir tanıya varmasına dayanmaktadır. Aksine, veritabanı yaklaşımı, belirli semptom gruplarının veya belirli klinik/radyolojik görüntülerin neye benzediğini tanımak için tekrarlayan algoritmalar yoluyla bir bilgisayara öğretmeyi içeren derin öğrenme veya örüntü tanıma ilkesini kullanır (Richens & Buchard, 2022; SZOLOVITS vd., 1988).

İnsan zihninin büyük miktarlarda verileri toplaması için öncelikle zamana ihtiyacı bulunmaktadır. İnsanlarda öğrenme süreci, yıllar boyunca edinilen bilgi ve deneyimin bütünleşmesini gerektirir. Her türlü bilginin dijital olarak saklanabildiği çağımızda çok büyük miktarda hasta verisine erişilebilir, elde edilebilir ve işlenmek üzere saklanabilir. Bu muazzam veri bankalarından yararlanmak ve bunları deneyim kazanmak için kullanmak yapay zekanın temel dayanağını oluşturmaktadır (Amisha vd., 2019). Bilgisayar yazılımı algoritma kullanarak, insanların yaşamları boyunca edinebilecekleri deneyimden çok daha fazlasını daha kısa bir sürede kazanabilmektedir.

Bu makalenin amacı, son yıllarda yapay zekâ alanında gerçekleşen gelişmeleri ve medikal alanda gelişen yapay zeka algoritmalarının kullanım alanlarının ve potansiyellerinin değerlendirilmesidir. Medikal alanda özellikle farklı hastalıkların teşhisinde kullanılan ve sağlık profesyonellerin hastalık teşhisi için yoğun olarak başvurdukları medikal görüntüleme (MR, CT, PET, termal vb.) yöntemleri ele alınmıştır. Medikal görüntüler üzerinde hali hazırda segmentasyon, tümör tespiti gibi eylemler için kullanılan yapay zeka uygulamalarına genel bir bakış yapılmıştır. Farklı alanlardaki hastalıkların insan vücudunda göstermiş oldukları belirtilerine bağlı olarak kullanılan yapay zeka modelinin tanımlanması ve sağlık profesyonellerine karşılaştıkları zorluklara karşı kazandırdıkları avantajlar tanımlanmaktadır.

YÖNTEM

Yapay zekâ, genel olarak bir makinenin akıllı insan davranışını taklit etme yeteneği olarak tanımlansa da bu tanım çok geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır (Amir Bar vd., 2017). Bu kapsamlı terim, bilgisayar biliminin birçok alanını kapsamakla birlikte, medikal alanda yapay zekâ uygulamalarının temelinde görüntü işleme (image processing), bilgisayar görüntüsü (computer vision), yapay sinir ağı (artificial neural network), makine öğrenmesi (machine learning), konvolüsyonel sinir ağı (convolutional neural network), derin öğrenme (deep learning) gibi terimler yer almaktadır.

Yapay sinir ağı (YSA), girdiler ve çıktılar arasında karmaşık ilişkiler bulunan ve doğrusal olmayan istatistiksel veri işlemeye dayanan matematiksel bir modellemedir. Bu süreç, insan beynini çeşitli veri türlerini işlerken ve sinir ağları aracılığıyla bir karar verme sürecinde kullanılmak üzere modeller oluşturulmuştur. Temel olarak YSA'da bir dizi girdi algoritmaya girer ve ilgili çıktı katmanında nihai sonuç elde edilmektedir (Jiang vd., 2010). Makine öğrenmesi, bir bilgisayarın deneyimlerden öğrenme yeteneğidir. Basit olarak makine öğrenmesi, bir algoritmanın verileri aldığı ve ardından verileri istenen sorunu çözmek için özel olarak geliştirilmiş bir algoritmaya göre incelediği bir süreçten meydana gelmektedir. Çözüm algoritması basit bir karar verme mekanizmasına dayanabilir veya çeşitli veri türlerini ve yöntemleri bir arada kullanan modeller oluşturulabilir (Gulshan vd., 2016). Derin öğrenme, insan beyni ile benzer şekilde yapılandırılmış, aynı anda birden fazla veri setini dikkate alan, ikinci ve üçüncü farklı değerlendirmeler için değerlendirilip yeniden işlenen ve bir çıktıya ulaşana kadar çalışmaya devam eden bir makine öğrenmesinin alt küme algoritmasıdır. Her değerlendirme farklı bir katmanda gerçekleştirilir, böylece bir önceki katmanın çıktısı

sıradaki katmanın girişini oluşturması üzerine dayalıdır. Bu işlevsel katmanların girdileri ve çıktıları görünmediği için gizli katmanlar olarak adlandırılır (Shen vd., 2017). Yapay zekâ ve alt kümeleri Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2: Yapay zekâ ve alt kümelerinin gösterimi

Makine öğrenimi (ML), tıbbi görüntülemelerde voksel yoğunluk değerleri ya da “radyomik özellikler” olarak isimlendirilen görüntüleme özelliklerini analiz ederek en iyi kombinasyonu belirleyerek bir sınıflandırma veya regresyon modeli oluşturarak teşhis koyabilen bir yapay zekâ algoritmaları içermektedir (Alongi vd., 2022; Mirzaei & Adeli, 2022). ML sonucunda elde edilen görüntü özellikleri ile klinik değişkenler (Ricciardi vd., 2020) birleştirilmesi sayesinde sınıflandırma doğruluğunu arttırabilir. Denetimli ML, modelin çıktı değişkenine bağlı olarak sınıflandırma için görüntülemelerde (Sidey-Gibbons & Sidey-Gibbons, 2019) ve sürekli olduğunda regresyon (O’Shea & Nash, 2015) görevlerinde kullanılmaktadır.

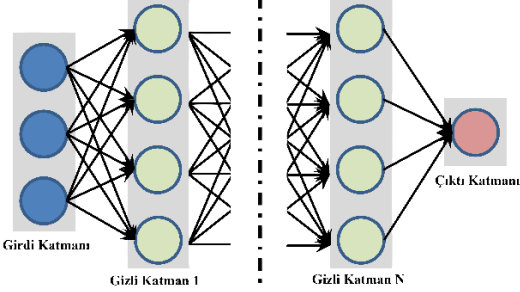
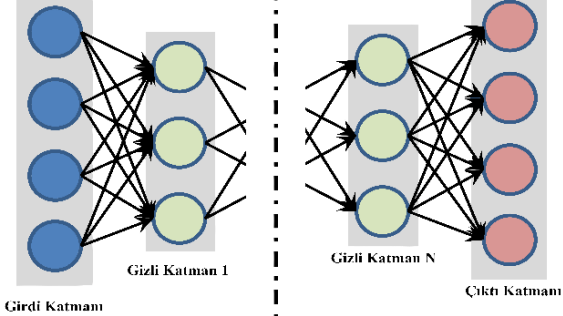
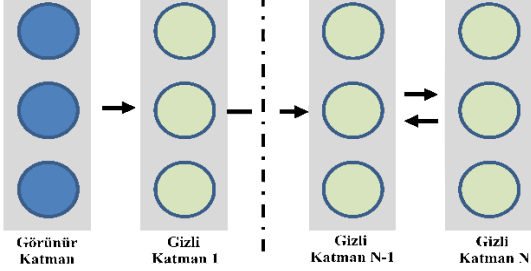
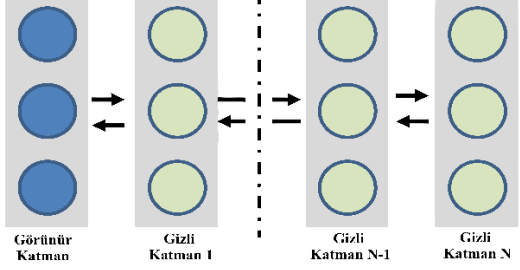
Yapay sinir ağları (YSA) radyolojide sınıflandırma işlemi için genellikle kullanılmaktadır (Li vd., 2020; Salvi vd., 2019). ML’de yer alan Rastgele Orman (RF), bireysel olarak eğitilmiş ve rastgele oluşturulmuş karar ağaçlarında oluşturulmuş bir

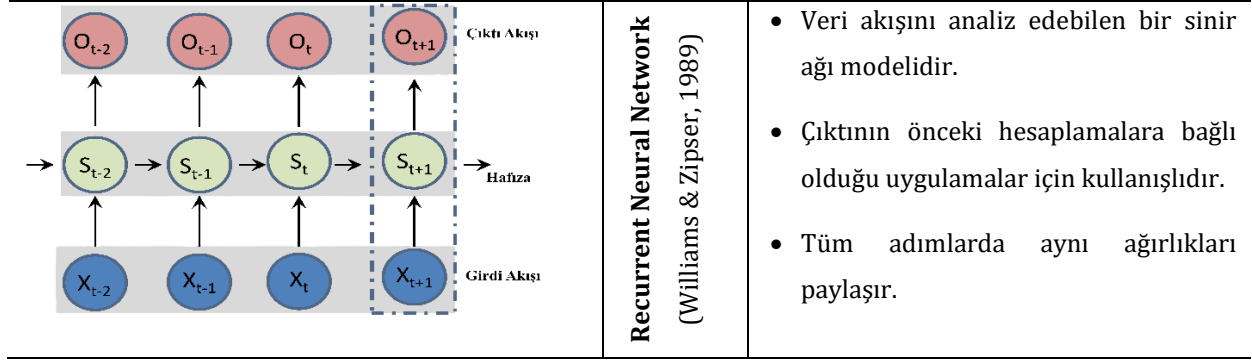
orman hazırlanmasına dayanmaktadır. Eğitimden sonra, tüm ağaçlar için tahmin yapılır ve en fazla seçilen sınıf nihai sonuç olarak tespit edilmektedir (Chauvie vd., 2020; Zaharchuk & Davidzon, 2021).

Öğretmensiz ML algoritmaları, kullanıcı tarafından belirtilecek herhangi bir etikete gerek duymadan kümeleme işlemlerini gerçekleştirmektedir. Örneğin, K-Ortalama (Le vd., 2019), hiyarsik (Fanizzi vd., 2020) ve Bulanık C-Ortalamalar (Askari, 2021) gibi kümeleme yöntemleri bu algoritmaların bir kısmını oluşturmaktadır. Tıbbi görüntülemelerde görüntü ayrıştırması için denetimli (Giannini vd., 2016; Mohanty vd., 2021) veya denetimsiz (Chaira, 2011; Rundo vd., 2017) ML sıklıkla kullanılır; önce piksellerin komşuluğu özelliği elde edilir ardından ML kullanılarak etiketleme yapılmaktadır.

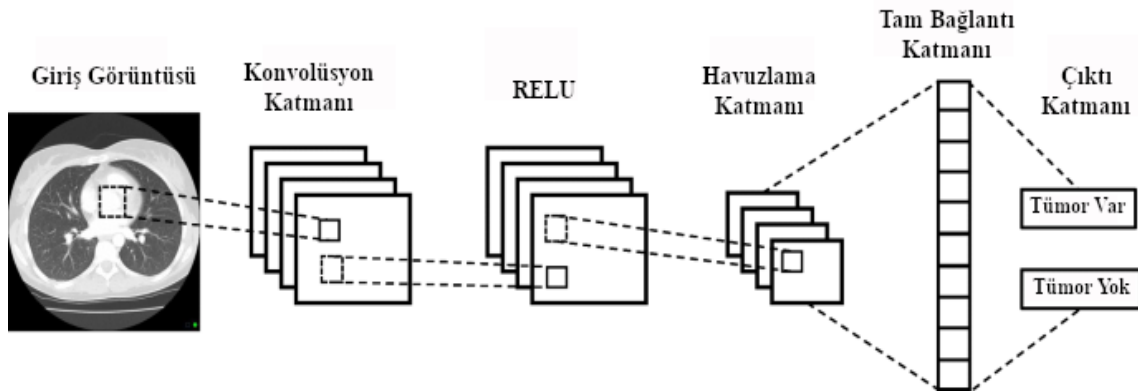
Derin öğrenme (DL) (Bria vd., 2020; Moccia vd., 2020), görüntülerden farklı özellikleri algılamayı öğrenen ve yüzlerce katman ile yapılandırılan, birden fazla derin sinir ağı katmanına dayanan güçlü bir makine öğrenmesi sınıfı olarak tanımlanmaktadır. ML'nin aksine, DL önceden belirlenmiş bir dizi özellik tanımlamasına ihtiyaç duymamaktadır. DL, ML'den farklı olarak zengin ve kapsamlı bilgileri yakalayabilen ve tanımlayabilen kendi dahili özelliklerini oluşturur ve böylece veri gösterimini ve tahminini birlikte gerçekleştirmektedir. Konvolüsyonel sinir ağları (CNN) regresyon (Spampinato vd., 2017), sınıflandırma (Hoppe vd., 2017; Pfeffer & Ling, 2022), segmentasyon (Bevilacqua, Brunetti, Cascarano, vd., 2019; Masud vd., 2022) veya görüntü kaydı (Famouri vd., 2020) görevleri için kullanılabilir. Alternatif olarak, DL ağları, daha sonra sınıflandırma veya görüntü rekonstrüksiyonu (Falvo vd., 2021) için ML algoritmalarına yerleştirilebilen katmanlardan öğrenilen özellikleri çıkarmak için kullanılabilir. Konvolüsyonel sinir ağları (CNN), artık ağları (RN) (Baumgartner vd., 2018), otomatik kodlayıcılar (Ferrari vd., 2020), tekrarlayan sinir ağları (RNN) (Banerjee vd., 2019) gibi farklı DL mimarileri, 2B/3B görüntü analizlerinde özellik çıkarmada sınırsız esneklik sağladıkları için insanlardan daha iyi performans göstermektedirler. Derin öğrenme mimarilerinden bazıları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Farklı derin öğrenme mimarileri ve özellikleri

DERİN ÖĞRENME MİMARİSİ		ÖZELLİKLERİ
 Girdi Katman Gizli Katman 1 Gizli Katman N Çıktı Katman	Deep Neural Network	- Genellikle sınıflandırma veya regresyon için kullanılan genel derin öğrenme mimarisi - Karmaşık (doğrusal olmayan) hipotezlerin ifade edilmesini sağlar.
 Girdi Katman Gizli Katman 1 Gizli Katman N Çıktı Katman	Deep Autoencoder (Hinton & Salakhutdinov, 2006)	- Temel olarak özellik çıkarma ve boyutsallık azaltma için tasarlanmıştır. - Giriş vektörünü yeniden yaratmayı amaçlar. - Denetimsiz öğrenme yöntemine sahiptir.
 Görünür Katman Gizli Katman 1 Gizli Katman N-1 Gizli Katman N	Deep Belief Network (Hinton vd., 2006)	- Her bir alt ağı gizli katman sunucularının bir sonraki için görünür katman olarak bulunduğu bir RBM bileşimidir. - Ağın denetimli ve denetimsiz eğitime olanak sağlar.
 Görünür Katman Gizli Katman 1 Gizli Katman N-1 Gizli Katman N	Deep Boltzman Machine (Salakhutdinov vd., 2007)	- Boltzmann ailesine dayanan başka bir yaklaşımdır. - Ağın tüm katmanları arasında yönlendirilmemiş bağlantılara sahiptir. - Benzerliğin alt sınırını maksimize etmek için algoritma kullanır.

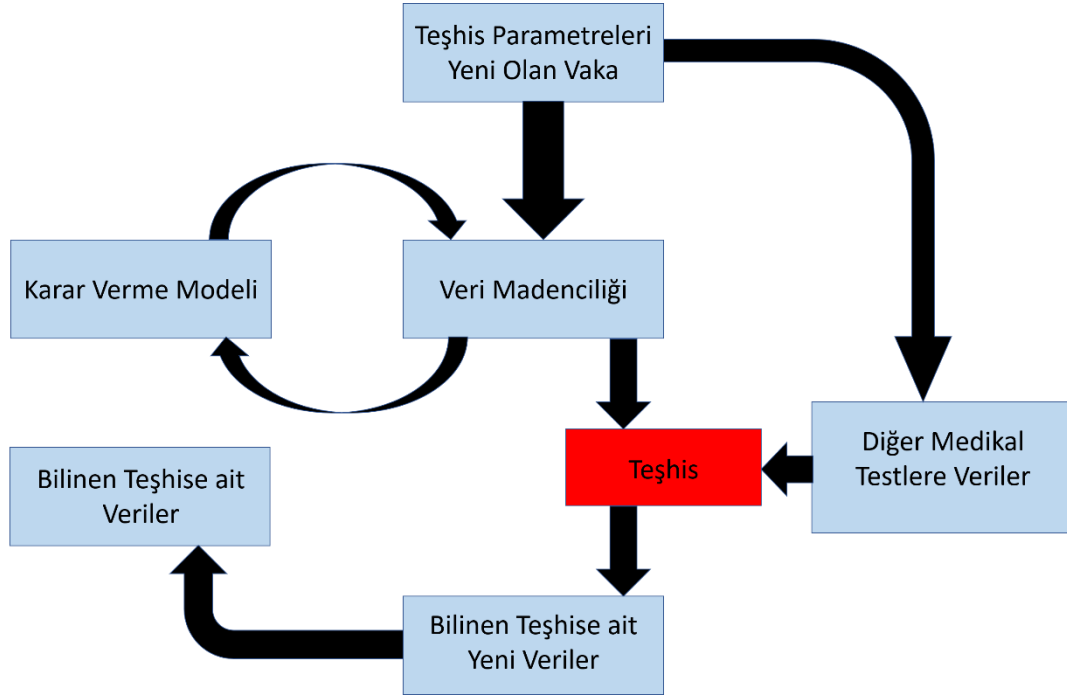


Görüntü işleme, belirli bilgilerin alınması veya model ölçümleri amacıyla bir görüntüyü zenginleştiren matematiksel bir işlemler olarak tanımlanmaktadır. Temel olarak sistem girdi olarak bir resim alır ve çıktı olarak belirli bir amaç için daha iyi hale getirilmiş bir resim elde edilmektedir. Görüntü işleme özellikle radyoloji de CT ve MR verilerinin iyileştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bilgisayar görüntüsü, giriş görüntüsünün tanımlanmasını sağlamak ve uygun bir çıktı elde etmek için bir görüntünün işlenmesi olarak tanımlanmaktadır. Konvolüsyonel sinir ağı (CNN), tipik olarak görüntü formatındaki verileri analiz etmek için birkaç gizli katmana sahip derin öğrenme yapısına sahip bir sınıflandırma algoritmasıdır. Katmanlar arasındaki matematiksel işlemler doğrusal olmadığı için ilişkiler karmaşıktır ve her CNN'de birden çok gizli katman bulunmaktadır (O'Shea & Nash, 2015; Y. Lecun vd., 1998). Konvolüsyonel sinir ağının temel yapısı Şekil 3'te verilmiştir. CNN mimarisinde katman sayıları tasarıma bağlı olarak değişebilir ve sayısı arttırılabilir.



Şekil 3: Konvolüsyonel sinir ağı mimarisinin temel yapısı

Teşhisin amacı ilgili alandaki uzmanlar tarafından hastanın belirttiği olguları ve semptomları en iyi açıklayan olası hastalıkları ve durumların belirlenmesidir. Teşhis, hasta ile doktor arasında gerçekleşen ve doktorun hasta verilerini toplayıp yorumlayarak elde ettiği hipotezleri test etmesi etrafında aktif olarak dönen birbirine bağlı görevlerden oluşan dinamik bir süreçtir. Doktor, hastadan sahip olduğu semptomları ve tıbbi geçmişi ile ilgili bilgileri toplar, gerek gördüğü durumlarda fiziksel muayene ile hastanın belirtilerini tespit ederek klinik testlerin planlanmasını gerçekleştirir. Klinik testlerin sonuçları yorumlanır ve elde edilen bilgiler tanı hipotezini oluşturmak ve ağırlıklandırma işlemi için kullanılmaktadır. Hipotezler nihai bir teşhise indirgendiği zaman teşhis süreci tamamlanarak tedavi aşamasına geçilmektedir (Veit, 2021). Medikal alanda uzmanlara teşhis destek sistemi Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4: Tıbbi teşhis karar desteği için bilgi keşif sistemi.

Yapay zekâ kullanılarak teşhis yapılması temel olarak, insanların karar verme sürecini iyileştirmeyi ve insan kaynaklı hataların önüne geçilmesini amaçlayan karar destek sistemleri olarak kullanılmaktadır (Sutton vd., 2020). Son 30 yılda birçok gelişmiş telhis destek sistemi geliştirilmiş olmasına karşın bu sistemleri genel uyarıları, hatırlatıcıları, özet gösterge tablolarını ve bilgi alma sistemlerinde kullanılmaktadır. Etik ve kültürel olarak insanlar yapay zekanın tek başına sağlık konusunda taraf tutmasına karşı durumdadır (Castaneda vd., 2015). Gerçek dünyada etkisi olan teşhis sistemleri

geliştirmek için, öncelikle farklı teşhis hata tiplerini ve bunların klinik uygulamada nasıl ortaya çıktıklarını anlamak gerekmektedir (Kassirer & Kopelman, 1989).

Tıbbi görüntülere uygulanan yapay zekâ, otomatik hastalık tespiti, histoloji, evre tipinin karakterizasyonu ve tedavi sonucuna veya tahmine göre hasta sınıflandırmasına olanak tanımaktadır. Aynı zamanda, görüntülerdeki belirli bölgelerin ana hatlarını çizmeye, organ hacimlerini ölçmeye ve görüntülerden makine öğrenme algoritmaları ile görüntü özelliklerinin nicelleştirilmesine veya görüntü sınıflandırmasına yarayan özelliklerin çıkarılmasına olanak sağlamaktadır. Son yıllarda dijitalleşme, uygun maliyetli veri depolama ve gelişmiş görüntüleme teknikleri sayesinde tıpta benzeri görülmemiş miktarda dijital görüntüleme verisi kullanılabilir hale gelmiştir.

KLİNİK UYGULAMALAR

1. Nörolojik Alanda Kullanılan Yapay Zeka Uygulamaları

Nörolojik alanda nörogörüntüleme sorunları için yapay zekaya kullanımı en yaygın olarak biyo-işaret tanımlama ve nörodejeneratif (beyinde nöron kaybı) (Peruzzo vd., 2016; Tóth vd., 2018), onkolojik hastalıkların (Losa vd., 2000), zihinsel bozuklukların (Squarcina vd., 2017) ve beyin malformasyonlarının (Mueller vd., 2005) gelişim mekanizmalarının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Nörogörüntülemede yaygın olarak manyetik rezonans görüntüleme yöntemine başvurulmaktadır. Elde edilen MRI görüntülerinde yapay zekâ uygulamaları görüntülerin radyomik özelliklerine (Salvatore vd., 2018) veya doğrudan voksellerin sahip oldukları yoğunluk değerlerine (Nigro vd., 2019) makine öğrenmesi algoritması uygulanarak kullanılmaktadır.

Yapısal MRG ile yüksek çözünürlüklü T1 ağırlıklı görüntüleme ile beyindeki yumuşak dokular arasında çok iyi bir kontrastlama becerisine sahiptir. Son yıllarda beynin sadece yapısal durumu dışında beyin aktivasyon haritalarının çıkarılmasında da MRG kullanılmaktadır. Bunun için difüzyon tensör görüntüleme (Poplawski vd., 2019) ve fonksiyonel MRG (fMRG) (Şavklıyıldız vd., 2021) kullanılmaktadır. Dinlenme ve eylem esnasında kayıt alınarak beynin aktivasyon haritasının karakterize edilmesi için kullanılmaktadırlar.

Alzheimer hastalığı (AH) ve hafif bilişsel bozukluk (MCI) hastalıkları klinik uygulamalarda teşhisi birbirine oldukça karışmaktadır. Bu hastalıkların doğru bir şekilde sınıflandırılması, yeni topolojik tanımlayıcılar ve ML algoritmalarının birleştirilmesi ile elde edilmektedir (Previtali vd., 2017; Tangaro vd., 2017). Hafif Alzheimer hastalarını

sağlıklı bireylerden ayırt etmek için MRG'den elde edilen voksel yoğunlukları veya radyomik özellikler SVM sınıflandırıcılarında tek başına veya görsel-uzay testlerden elde edilen sonuçlarla kombinasyon halinde kullanılmıştır (Basaia vd., 2019). Alzheimer hastalığını hafif bilişsel bozukluktan ayırt etmek için derin öğrenme algoritması kullanılmıştır. Nörolojik hastalıklara yönelik diğer uygulamalarda, bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleme doku analizine bağlı olarak skleroz tanısı, rastgele orman özellik seçimi ve SVM bir arada kullanılarak en doğru sonuca ulaşılmıştır (S. Rosati vd., 2020).

Ruhsal bozukluklarda ise Otizm Spektrum Bozukluklarının (ASB) tanı ve sınıflandırmasında yapay zeka algoritmaları kullanılmıştır. ASB'li bireyleri tipik gelişim kontrollerinden ayırmak için rsfMRI verilerine dayalı bir SVM sınıflandırma yaklaşımı kullanıldı (Retico vd., 2016). 3D-T1 MRG'den elde edilen yapısal bir özellik modelinin, Tek Sınıf Sınıflandırma algoritması kullanılarak bir ASB birey popülasyonunu karakterize ettiğini sonucuna ulaşmış bir çalışma yapılmıştır (Castaldi vd., 2016). Şizofreni hastalığının tespit edilmesi için, bir eylem sırasında alınan fMRG'deki BOLD sinyallerinden üretilen çoklu tanımlayıcılara yapay zeka algoritması kullanarak beyin aktivitesini ölçüp hasta ve sağlıklı bireyler arasında sınıflandırma yapmıştır (Galbusera vd., 2019).

2. Kanser Teşhisinde Kullanılan Yapay Zeka Uygulamaları

Yapay zeka teknolojisinin özellikle görüntü analizindeki gelişimi sayesinde kanserin tespit edilmesine yardımcı olmak yaygın olarak kullanılmaktadır (Houssami vd., 2019; Sathyakumar vd., 2020). Ayrıca yapay zeka, tümör gen mutasyon durumunu (Castaldo vd., 2020) veya yakınındaki yapıların infiltrasyonunu tanımlayarak kanseri karakterize etmek için kullanılmaktadır. Potansiyel olarak meme kanserinin erken göstergesi olan mikrokalsifikasyonlar, K-Means (H. P. Ng vd., 2006) veya meme parankiminin segmentasyonunu da sağlayan DL gibi ML kümeleme yöntemleri kullanılarak mamogramlardan tespit edilebilir. RF ikili sınıflandırıcılarını kullanan dijital mamogramlarda tümör lezyonları ayırt etmek için modeller tasarlanmıştır. RF iki sınıflandırıcısı ile karşılaştırıldığında, derin CNN (DCNN) modellerinin gelişmesi ile mamografi görüntüsünde zararlı meme kanseri lezyonlarını tespit etme işleminde tanı koyma doğruluğunu önemli ölçüde arttırdığı gösterilmiştir. Yanlış negatifleri (false negatives) teşhis sayısını azaltırken kabul edilebilir başarı oranını korumak amacıyla bir DCNN mimarisi tasarlanmıştır. Kontrastlı spektral mamografi (CESM) görüntülerinde de yapay zeka kullanılarak meme kanseri teşhisi araştırmaları yapılmıştır. CESM'den çıkarılan dokusal özellikler, SVM sınıflandırıcısı kullanılarak iyi ve kötü huylu meme

lezyonlarını ayırt edilebilmektedir. Ayrıca RF sınıflandırıcı kullanan sağlık çalışanı için tam otomatik bir teşhis destek aracı olarak kullanılabileceği gösterilmiştir (Fanizzi vd., 2019).

Çoğunlukla MRI görüntülerine dayanan beyin kanseri teşhisi, zorlu, hataya açık ve oldukça uzmanlaşmış uzmanlardan tarafından değerlendirilmesi gerekmektedir. Beyin kanserini tespit etmek ve kanser evresini belirleyebilmek için bir dizi radyomik özelliğe dayanarak iki farklı setinden toplamda 110.000'den fazla beyin MRG görüntüsünü analiz etmiştir. Çalışmada 3B T1-MRI ve DWI haritalarına derin CNN uygulandı ve görünen difüzyon katsayı haritalarından yapılan ayrımın ROC eğrisi altındaki en büyük alana sahip olduğu ortaya çıktı (Banzato vd., 2019).

Düşük doz BT taraması, akciğer kanserinin erken saptanmasına ve ardından ölüm oranının azalmasına olanak tanımaktadır. Ancak sıklıkla yapılan yanlış pozitiflerden, belirtiler arası varyasyondan ve akciğer nodüllerinin belirsiz tanılarından etkilenmektedir. Akciğer kanseri tespiti için yapay zekâ yaklaşımları genellikle radyomik özelliklerin çıkarılmasını ve seçilmesini, ardından ANN gibi bir ML modeli oluşturmayı içermektedir (Shariaty & Mousavi, 2019). ML, düşük doz BT taramasında iyi ve kötü huylu nodülleri ayırt etmede iyi bir doğruluk göstermiştir (Garau vd., 2020). Ayrıca göğüs dijital tomosentezinde radyomik özellik seçimi için RF ve ANN kullanan bir akciğer kanseri tespit modeli geliştirilmiştir (Nagao vd., 2020). Akciğer kanseri lezyonlarının sınıflandırılması için çok modlu PET/CT akciğer görüntülerine DL uygulanmıştır ve umut verici sonuçlar elde edilmiştir (Alakwaa vd., 2017).

Kanser teşhisinde yapay zekanın kullanımının yanı sıra medikal görüntüleme yöntemlerindeki gelişimde ölüm oranını ciddi anlamda azaltan gelişmelerdendir. Özellikle kanser hastalığında üzerinde durulduğu zaman MRG, BT ve PET gibi görüntüleme yöntemlerinin yanına termal görüntüleme yöntemi de eklenmektedir. Kanserli dokuların sağlıklı dokulara göre daha sıcak olmaları ve etki-tepki sürelerinin oldukça düşük olması termal görüntülemenin kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Teşhis veya karakterizasyon için ML veya DL kullanılarak çalışmalar yapılan diğer kanser çeşitleri arasında kemik kanseri (N. Moreau vd., 2020), boyun kanseri (Diamant vd., 2019) ve böbrek kanseri (Han vd., 2019) bulunmaktadır.

3. Kardiyovasküler Alanda Teşhisinde Kullanılan Yapay Zekâ Uygulamaları

ML algoritmaları, kardiyoloji uzmanlarına çeşitli görüntüleme teknikleri kullanılarak amiloidoz (Santarelli vd., 2021) gibi kardiyovasküler hastalıkların erken

teşhisinde yardımcı sistem olarak kullanılabilir. Koroner arter hastalığı, ekokardiyografi işaret noktalarının SVM ile sınıflandırılmasıyla başarılı şekilde tespit edilebilmektedir (Davari Dolatabadi vd., 2017). Ventriküler yetmezlik rahatsızlığı için biyokimyasal ve klinik verilerin Naive Bayes ML ile sınıflandırılması ile tespit edilebilmektedir (Nakatani vd., 1996).

İskelet kaslarının BT görüntülerinden elde edilen radyolojik parametrelerini bütünleştiren koroner hastalığı, kardiyovasküler rahatsızlık ve kronik kalp yetmezliği için tahmin edici yapay zeka modelleri tasarlanmıştır ve bu modeller arasında RF algoritması ile hazırlanan model en yüksek sınıflandırma başarısı göstermiştir (Ricciardi vd., 2020). Miyokardiyal perfüzyon SPECT görüntüleme özellikleri ML algoritmaları kullanılarak küçük damar hastalığı ve koroner arter hastalığı sınıflandırılabilir. Medikal görüntülerde segmentasyon için sıklıkla kullanılan DL mimarisine sahip U-Net, anjiyografide aort damarının genişliğinin segmentasyonu için kullanılmıştır (Elattar vd., 2014). Kalbin alt yapıları hiyerarşik kümeleme (Maffei vd., 2021) kullanılarak segmentasyon işlemi gerçekleştirilmektedir.

4. Radyoloji Alanında Teşhisinde Kullanılan Yapay Zekâ Uygulamaları

Yapay zeka, medikal alanda kullanımı artarken en geniş uygulama yelpazesine radyoloji alanında sahiptir. Son yıllarda özellikle bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle yeterli dijital veri birikimi ve işlem gücünde gerçekleşen büyüme ile görüntü tanıma görevlerinde yapay zeka kullanımı önemli bir ilerleme kaydetmiştir. Radyolojik görüntüler üzerinden klinik değerlendirme sayısındaki artış sebebiyle radyologlar için iş yükü artış göstermektedir. Bu durum eğitimli ve deneyimli radyolog eksikliğiyle birleştiğinde yapay zeka bu alanda önemli yer kapsamaktadır. Tüm bu durumlar ele alındığı zaman literatürde daha hızlı tanı (Bakator & Radosav, 2018; Teare vd., 2017) sağlamak, patolojilerin görselleştirilmesini geliştirmek (Laukamp vd., 2019), acil durumları uyararak (Prevedello vd., 2017) ve kritik insan gücü eksikliği sorununa yardımcı olmak için görüntü işleme ve bilgisayarlı görme algoritmalarının geliştirilmesi üzerine çalışmalar bulunmaktadır. Ancak burada yapay zeka uygulamalarının radyolog uzmanının yerini alması gibi bir durum söz konusu olmamalıdır. Bunun yerine yapay zeka radyolog uzmanına insan vizyonu ile elde edilemeyecek bilgileri tespit eden uygulamaları artırmak ve sağlamak veya daha kısa sürede yaygın işlemleri gerçekleştirerek mevcut olmayan bilgileri sağlamak amacıyla olması gerekmektedir (A. Tang vd., 2018).

5. Diğer Alanlarda Teşhis Amaçlı Kullanılan Yapay Zeka Uygulamaları

Prostat bölgesinin segmentasyonu, radyolog uzmanı tarafından manuel olarak yapıldığında zaman alıcı ve uzmana bağımlı bir prosedür olmaktadır. Biyomedikal görüntü segmentasyonunda en etkili CNN yapısından biri olan çift DL ağı yapısı (USE-Net ve U-Net) ile farklı hastanelerde alınmış olan T2 ağırlıklı MRI veri seti üzerinde prostat bölgesinin segmentasyonu gerçekleştirilmiştir (Rundo vd., 2019). Fuzzy C-Means (FCM) kümeleme algoritması Multispektral MRG görüntüsü üzerinde kullanılarak prostat bezinin etkili bir şekilde otomatik olarak seğmenlere ayırabilmektedir (Giannini vd., 2016). Otomatik olarak hastalık teşhisi koyabilen DL uygulamalarından bir değeri ise, yüksek çözünürlüklü BT'de fibrotik akciğer hastalığı segmentasyonunun araştırılmasını içermektedir (Kim vd., 2018).

Yapay zekanın çift x-ışını absorpsiyometrisinden kemik mineral yoğunluğunu, trabeküler kemik skorunu ve kemik gerginliğini değerlendirmek için umut verici bir araç olduğu kanıtlanmıştır. 125 postmenopozal kadının katıldığı bir çalışmada, kemik döngüsünün biyokimyasal belirteçleri ölçülmüş ve oto kontraktif harita algoritması ile bir nöral ağ analizi kullanılarak kemiklerinin kırılma skorları analiz edilmiştir (Ulivieri vd., 2018). Radyoloji görüntülerinde DL kırıkları (X. Ouyang vd., 2021) ve omurgadaki şekil bozukluğunu (Galbusera vd., 2019) tespit edebilir.

İskelet kemiği yaşının sol el radyografisi ile değerlendirilmesi, çocuklarda endokrinoloji, genetik ve büyüme bozukluklarını araştırmak için yaygın bir uygulamadır. Benzer mimariye sahip üç farklı CNN, tüm yaş aralıklarını, cinsiyetleri ve ırkları kapsayan 1391 bireye ait radyografi görüntülerinden oluşan bir veri setinde eğitilmiştir ve model sonucunda elde edilen sonuç ortalama 0.8 yıl olarak bir hata göstermiştir (Bevilacqua, Brunetti, Guerriero, vd., 2019).

Böbrek görünümünü değiştiren kalıtsal bir hastalık olan Otozomal Dominant Polikistik Böbrek Hastalığı'nda MRG görüntüsünde böbreklerin semantik segmentasyonu, ilgilenilen bölgeyi saptamak ve segmentlere ayırmak için VGG-16 kullanılarak elde edilmiştir (Bevilacqua, Brunetti, Cascarano, vd., 2019). Bunların yanı sıra diyabetle ilişkili sinir hastalığı, CNN tarafından konfokal mikroskopiden (Subramaniam vd., 2021) ve retinopati floresan anjiyografi görüntülerinden (Z. Tang vd., 2021) teşhis edilebilmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapay zeka, performansı, hassasiyeti, zaman kazancı ve aynı zamanda maliyeti düşürmek için birçok farklı endüstride hızla benimsenerek kendisine yer bulmaktadır. Medikal alanda da gelişen bu teknolojinin faydalarından yararlanılmaktadır. Özellikle erken teşhis, iyi hasta bakımı, iyileştirilmiş iş akışı sayesinde tıbbi hataların azaltılması, tıbbi maliyetlerin düşürülmesi ve ayrıca morbidite ve mortalitenin azaltılması amaçlanmaktadır. Yapay zeka teknolojisi, hastalıklarda daha verimli teşhis ve tedavi süreçlerine yönelik büyük bir potansiyel taşımaktadır. İnsanlardan yüksek olan tanıma yeteneği, klinik değerlendirmelerdeki karmaşık sorunlar dikkate alındığında güçlü bir avantaj sağlamaktadır. Ayrıca yapay zeka, 7/24 çalışma yeteneği sayesinde ve onu yavaşlatabilecek veya doğruluğunu azaltabilecek diğer çevresel kesintiler gibi insani sorunlar tarafından engellenmez. Yapay zeka modeli oluşturmak için her zaman büyük miktarda verilere ihtiyaç duyulmaz böylelikle her veri setine uygun model geliştirmesine olanak sağlamaktadır. Halihazırda büyük miktarda dijital klinik veriler kullanılarak yapay zeka modeli eğitilebilmektedir.

Yapay zeka teknolojisi tıp alanında klinik kullanım için yeterince olgunlaşmamıştır. Şu ana kadar tasarlanan ve geliştirilen modeller çeşitli klinik bilgileri aynı anda işleyebilen sağlık uzmanlarının aksine, yalnızca basit soruların çözümünü gerçekleştirebilmektedir. Klinik alanda kullanımın kalitelisinin artması ve güvenliğin garantiye alınması için teknolojide daha ileri tekniklerin geliştirilmesi gerekmektedir. Özetle, yapay zeka klinik alanda, özellikle profesyonel ekipman veya uzman doktorların yokluğunda faydalı olabilir. Kalite ve güvenlik, insan hekimlerin nihai kararları kullanılarak garanti edilebilmesi gerekmektedir. Yapay zeka teknolojisi hala yoğun bir şekilde gelişiyor ve teknik sınırlamaları gelecekte çözülecek ve bu da yapay zekaya olan güveni artırmaya ve onu klinik alanlara entegre etmeye yardımcı olmaktadır. Yapay zeka teknolojisinin hastalıklarda tanı ve tedavi süreçlerinde önemli ilerlemeler getirmesi beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- Alakwaa, W., Nassef, M., & Badr, A. (2017). Lung cancer detection and classification with 3D convolutional neural network (3D-CNN). *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 8(8).
- Alongi, P., Stefano, A., Comelli, A., Spataro, A., Formica, G., Laudicella, R., Lanzafame, H., Panasiti, F., Longo, C., Midiri, F., Benfante, V., La Grutta, L., Burger, I. A., Bartolotta, T. V., Baldari, S., Lagalla, R., Midiri, M., & Russo, G. (2022). Artificial Intelligence Applications on Restaging [18F]FDG PET/CT in Metastatic Colorectal Cancer: A Preliminary Report of Morpho-Functional Radiomics Classification for Prediction of Disease Outcome. *Applied Sciences*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/app12062941>
- Amir Bar, Lior Wolf, Orna Bergman Amitai, Eyal Toledano, & Eldad Elnekave. (2017). Compression fractures detection on CT. 10134, 1013440. <https://doi.org/10.1117/12.2249635>
- Amisha, Malik, P., Pathania, M., & Rathaur, V. K. (2019). Overview of artificial intelligence in medicine. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 8(7), 2328-2331. https://doi.org/10.4103/jfmprc.jfmprc_440_19
- Askari, S. (2021). Fuzzy C-Means clustering algorithm for data with unequal cluster sizes and contaminated with noise and outliers: Review and development. *Expert Systems with Applications*, 165, 113856. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113856>
- Auraaen, A., Slawomirski, L., & Klazinga, N. (2018). The economics of patient safety in primary and ambulatory care. <https://www.oecd-ilibrary.org/content/paper/baf425ad-en>
- Bakator, M., & Radosav, D. (2018). Deep Learning and Medical Diagnosis: A Review of Literature. *Multimodal Technologies and Interaction*, 2(3). <https://doi.org/10.3390/mti2030047>
- Banerjee, I., Ling, Y., Chen, M. C., Hasan, S. A., Langlotz, C. P., Moradzadeh, N., Chapman, B., Amrhein, T., Mong, D., Rubin, D. L., Farri, O., & Lungren, M. P. (2019). Comparative effectiveness of convolutional neural network (CNN) and recurrent neural network (RNN) architectures for radiology text report classification. *Artificial Intelligence in Medicine*, 97, 79-88. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2018.11.004>
- Banzato, T., Causin, F., Della Puppa, A., Cester, G., Mazzai, L., & Zotti, A. (2019). Accuracy of deep learning to differentiate the histopathological grading of meningiomas on MR images: A preliminary study. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 50(4), 1152-1159. <https://doi.org/10.1002/jmri.26723>
- Basaia, S., Agosta, F., Wagner, L., Canu, E., Magnani, G., Santangelo, R., & Filippi, M. (2019). Automated classification of Alzheimer's disease and mild cognitive impairment using a single MRI and deep neural networks. *NeuroImage: Clinical*, 21, 101645. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2018.101645>
- Baumgartner, C. F., Koch, L. M., Pollefeys, M., & Konukoglu, E. (2018). An Exploration of 2D and 3D Deep Learning Techniques for Cardiac MR Image Segmentation. İçinde M. Pop, M. Sermesant, P.-M. Jodoin, A. Lalande, X. Zhuang, G. Yang, A. Young, & O. Bernard (Ed.), *Statistical Atlases and Computational Models of the Heart. ACDC and MMWHS Challenges* (ss. 111-119). Springer International Publishing.
- Berner, E. S. (2009). Diagnostic error in medicine: Introduction. *Advances in Health Sciences Education*, 14(1), 1-5. <https://doi.org/10.1007/s10459-009-9187-x>
- Bevilacqua, V., Brunetti, A., Cascarano, G. D., Guerriero, A., Pesce, F., Moschetta, M., & Gesualdo, L. (2019). A comparison between two semantic deep learning frameworks for the autosomal dominant polycystic kidney disease segmentation based on magnetic resonance images. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 19(9), 244. <https://doi.org/10.1186/s12911-019-0988-4>

- Bevilacqua, V., Brunetti, A., Guerriero, A., Trotta, G. F., Telegrafo, M., & Moschetta, M. (2019). A performance comparison between shallow and deeper neural networks supervised classification of tomosynthesis breast lesions images. *Advanced Intelligent Computing*, 53, 3-19. <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2018.04.011>
- Bria, A., Marrocco, C., & Tortorella, F. (2020). Addressing class imbalance in deep learning for small lesion detection on medical images. *Computers in Biology and Medicine*, 120, 103735. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2020.103735>
- Castaldi, E., Aagten-Murphy, D., Tosetti, M., Burr, D., & Morrone, M. C. (2016). Effects of adaptation on numerosity decoding in the human brain. *NeuroImage*, 143, 364-377. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.09.020>
- Castaldo, R., Pane, K., Nicolai, E., Salvatore, M., & Franzese, M. (2020). The Impact of Normalization Approaches to Automatically Detect Radiogenomic Phenotypes Characterizing Breast Cancer Receptors Status. *Cancers*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/cancers12020518>
- Castaneda, C., Nalley, K., Mannion, C., Bhattacharyya, P., Blake, P., Pecora, A., Goy, A., & Suh, K. S. (2015). Clinical decision support systems for improving diagnostic accuracy and achieving precision medicine. *Journal of Clinical Bioinformatics*, 5(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s13336-015-0019-3>
- Chaira, T. (2011). A novel intuitionistic fuzzy C means clustering algorithm and its application to medical images. *The Impact of Soft Computing for the Progress of Artificial Intelligence*, 11(2), 1711-1717. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2010.05.005>
- Chauvie, S., De Maggi, A., Baralis, I., Dalmaso, F., Berchiolla, P., Priotto, R., Violino, P., Mazza, F., Melloni, G., Grosso, M., Biggi, A., Campione, A., Fortunato, M., De Maggi, A., Chauvie, S., Colantonio, I., Grosso, M., Melloni, G., Mazza, F., ... SOS Study team. (2020). Artificial intelligence and radiomics enhance the positive predictive value of digital chest tomosynthesis for lung cancer detection within SOS clinical trial. *European Radiology*, 30(7), 4134-4140. <https://doi.org/10.1007/s00330-020-06783-z>
- Davari Dolatabadi, A., Khadem, S. E. Z., & Asl, B. M. (2017). Automated diagnosis of coronary artery disease (CAD) patients using optimized SVM. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 138, 117-126. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2016.10.011>
- Diamant, A., Chatterjee, A., Vallières, M., Shenouda, G., & Seuntjens, J. (2019). Deep learning in head & neck cancer outcome prediction. *Scientific Reports*, 9(1), 2764. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39206-1>
- Elattar, M. A., Wiegerinck, E. M., Planken, R. N., vanbavel, E., van Assen, H. C., Baan, J., & Marquering, H. A. (2014). Automatic segmentation of the aortic root in CT angiography of candidate patients for transcatheter aortic valve implantation. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 52(7), 611-618. <https://doi.org/10.1007/s11517-014-1165-7>
- Falvo, A., Communiello, D., Scardapane, S., Scarpiniti, M., & Uncini, A. (2021). A Multimodal Deep Network for the Reconstruction of T2W MR Images. *İçinde A. Esposito, M. Faundez-Zanuy, F. C. Morabito, & E. Pasero (Ed.), Progresses in Artificial Intelligence and Neural Systems (ss. 423-431). Springer Singapore.* https://doi.org/10.1007/978-981-15-5093-5_38
- Famouri, S., Morra, L., & Lamberti, F. (2020). A Deep Learning Approach for Efficient Registration of Dual View Mammography. *İçinde F.-P. Schilling & T. Stadelmann (Ed.), Artificial Neural Networks in Pattern Recognition (ss. 162-172). Springer International Publishing.*
- Fanizzi, A., Basile, T. M. A., Losurdo, L., Bellotti, R., Bottigli, U., Dentamaro, R., Didonna, V., Fausto, A., Massafra, R., Moschetta, M., Popescu, O., Tamborra, P., Tangaro, S., & La Forgia, D. (2020). A machine learning approach on multiscale texture analysis for breast microcalcification diagnosis. *BMC Bioinformatics*, 21(2), 91. <https://doi.org/10.1186/s12859-020-3358-4>

- Fanizzi, A., Losurdo, L., Basile, T. M. A., Bellotti, R., Bottigli, U., Delogu, P., Diacono, D., Didonna, V., Fausto, A., Lombardi, A., Lorusso, V., Massafra, R., Tangaro, S., & La Forgia, D. (2019). Fully Automated Support System for Diagnosis of Breast Cancer in Contrast-Enhanced Spectral Mammography Images. *Journal of Clinical Medicine*, 8(6). <https://doi.org/10.3390/jcm8060891>
- Ferrari, E., Bosco, P., Calderoni, S., Oliva, P., Palumbo, L., Spera, G., Fantacci, M. E., & Retico, A. (2020). Dealing with confounders and outliers in classification medical studies: The Autism Spectrum Disorders case study. *Artificial Intelligence in Medicine*, 108, 101926. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2020.101926>
- Galbusera, F., Niemeyer, F., Wilke, H.-J., Bassani, T., Casaroli, G., Anania, C., Costa, F., Brayda-Bruno, M., & Sconfienza, L. M. (2019). Fully automated radiological analysis of spinal disorders and deformities: A deep learning approach. *European Spine Journal*, 28(5), 951-960. <https://doi.org/10.1007/s00586-019-05944-z>
- Garau, N., Paganelli, C., Summers, P., Choi, W., Alam, S., Lu, W., Fanciullo, C., Bellomi, M., Baroni, G., & Rampinelli, C. (2020). External validation of radiomics-based predictive models in low-dose CT screening for early lung cancer diagnosis. *Medical Physics*, 47(9), 4125-4136. <https://doi.org/10.1002/mp.14308>
- Giannini, V., Rosati, S., Regge, D., & Balestra, G. (2016). Texture Features and Artificial Neural Networks: A Way to Improve the Specificity of a CAD System for Multiparametric MR Prostate Cancer. İçinde E. Kyriacou, S. Christofides, & C. S. Pattichis (Ed.), *XIV Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing 2016* (ss. 296-301). Springer International Publishing.
- Gulshan, V., Peng, L., Coram, M., Stumpe, M. C., Wu, D., Narayanaswamy, A., Venugopalan, S., Widner, K., Madams, T., Cuadros, J., Kim, R., Raman, R., Nelson, P. C., Mega, J. L., & Webster, D. R. (2016). Development and Validation of a Deep Learning Algorithm for Detection of Diabetic Retinopathy in Retinal Fundus Photographs. *JAMA*, 316(22), 2402-2410. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.17216>
- H. P. Ng, S. H. Ong, K. W. C. Foong, P. S. Goh, & W. L. Nowinski. (2006). Medical Image Segmentation Using K-Means Clustering and Improved Watershed Algorithm. 2006 IEEE Southwest Symposium on Image Analysis and Interpretation, 61-65. <https://doi.org/10.1109/SSIAI.2006.1633722>
- Hamet, P., & Tremblay, J. (2017). Artificial intelligence in medicine. Insights Into the Future of Medicine: Technologies, Concepts, and Integration, 69, S36-S40. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2017.01.011>
- Han, S., Hwang, S. I., & Lee, H. J. (2019). The Classification of Renal Cancer in 3-Phase CT Images Using a Deep Learning Method. *Journal of Digital Imaging*, 32(4), 638-643. <https://doi.org/10.1007/s10278-019-00230-2>
- Hinton, G. E., Osindero, S., & Teh, Y.-W. (2006). A Fast Learning Algorithm for Deep Belief Nets. *Neural Computation*, 18(7), 1527-1554. <https://doi.org/10.1162/neco.2006.18.7.1527>
- Hinton, G. E., & Salakhutdinov, R. R. (2006). Reducing the Dimensionality of Data with Neural Networks. *Science*, 313(5786), 504-507. <https://doi.org/10.1126/science.1127647>
- Hoppe, E., Körzdörfer, G., Würfl, T., Wetzl, J., Lugauer, F., Pfeuffer, J., & Maier, A. K. (2017). Deep Learning for Magnetic Resonance Fingerprinting: A New Approach for Predicting Quantitative Parameter Values from Time Series. *GMDS*, 243, 202-206.
- Houssami, N., Kirkpatrick-Jones, G., Noguchi, N., & Lee, C. I. (2019). Artificial Intelligence (AI) for the early detection of breast cancer: A scoping review to assess AI's potential in breast screening practice. *Expert Review of Medical Devices*, 16(5), 351-362. <https://doi.org/10.1080/17434440.2019.1610387>

- Jiang, J., Trundle, P., & Ren, J. (2010). Medical image analysis with artificial neural networks. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 34(8), 617-631. <https://doi.org/10.1016/j.compmedimag.2010.07.003>
- Kassirer, J. P., & Kopelman, R. I. (1989). Cognitive errors in diagnosis: Instantiation, classification, and consequences. *The American Journal of Medicine*, 86(4), 433-441. [https://doi.org/10.1016/0002-9343\(89\)90342-2](https://doi.org/10.1016/0002-9343(89)90342-2)
- Kim, G. B., Jung, K.-H., Lee, Y., Kim, H.-J., Kim, N., Jun, S., Seo, J. B., & Lynch, D. A. (2018). Comparison of Shallow and Deep Learning Methods on Classifying the Regional Pattern of Diffuse Lung Disease. *Journal of Digital Imaging*, 31(4), 415-424. <https://doi.org/10.1007/s10278-017-0028-9>
- Laukamp, K. R., Thiele, F., Shakirin, G., Zopfs, D., Faymonville, A., Timmer, M., Maintz, D., Perkuhn, M., & Borggrefe, J. (2019). Fully automated detection and segmentation of meningiomas using deep learning on routine multiparametric MRI. *European Radiology*, 29(1), 124-132. <https://doi.org/10.1007/s00330-018-5595-8>
- Le, T.-L., Huynh, T.-T., Lin, L.-Y., Lin, C.-M., & Chao, F. (2019). A K-means Interval Type-2 Fuzzy Neural Network for Medical Diagnosis. *International Journal of Fuzzy Systems*, 21(7), 2258-2269. <https://doi.org/10.1007/s40815-019-00730-x>
- Li, W., Li, Y., Qin, W., Liang, X., Xu, J., Xiong, J., & Xie, Y. (2020). Magnetic resonance image (MRI) synthesis from brain computed tomography (CT) images based on deep learning methods for magnetic resonance (MR)-guided radiotherapy. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, 10(6), 1223-1236. <https://doi.org/10.21037/qims-19-885>
- Losa, M., Franzin, A., Mangili, F., Terreni, M. R., Barzaghi, R., Veglia, F., Mortini, P., & Giovanelli, M. (2000). Proliferation index of nonfunctioning pituitary adenomas: Correlations with clinical characteristics and long-term follow-up results. *Neurosurgery*, 47(6), 1313-1319.
- Maffei, N., Manco, L., Aluisio, G., D'Angelo, E., Ferrazza, P., Vanoni, V., Meduri, B., Lohr, F., & Guidi, G. (2021). Radiomics classifier to quantify automatic segmentation quality of cardiac sub-structures for radiotherapy treatment planning. *Physica Medica*, 83, 278-286. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2021.05.009>
- Masud, M., Eldin Rashed, A. E., & Hossain, M. S. (2022). Convolutional neural network-based models for diagnosis of breast cancer. *Neural Computing and Applications*, 34(14), 11383-11394. <https://doi.org/10.1007/s00521-020-05394-5>
- Mintz, Y., & Brodie, R. (2019). Introduction to artificial intelligence in medicine. *Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies*, 28(2), 73-81. <https://doi.org/10.1080/13645706.2019.1575882>
- Mirzaei, G., & Adeli, H. (2022). Machine learning techniques for diagnosis of alzheimer disease, mild cognitive disorder, and other types of dementia. *Biomedical Signal Processing and Control*, 72, 103293. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2021.103293>
- Moccia, S., Romeo, L., Migliorelli, L., Frontoni, E., & Zingaretti, P. (2020). Supervised CNN Strategies for Optical Image Segmentation and Classification in Interventional Medicine. *İçinde L. Nanni, S. Brahnem, R. Brattin, S. Ghidoni, & L. C. Jain (Ed.), Deep Learners and Deep Learner Descriptors for Medical Applications (ss. 213-236). Springer International Publishing.* https://doi.org/10.1007/978-3-030-42750-4_8
- Mohanty, S., Mishra, A., & Saxena, A. (2021). Medical Data Analysis Using Machine Learning with KNN. *İçinde D. Gupta, A. Khanna, S. Bhattacharyya, A. E. Hassanien, S. Anand, & A. Jaiswal (Ed.), International Conference on Innovative Computing and Communications (ss. 473-485). Springer Singapore.*

- Mueller, S. G., Weiner, M. W., Thal, L. J., Petersen, R. C., Jack, C., Jagust, W., Trojanowski, J. Q., Toga, A. W., & Beckett, L. (2005). The Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative. *Neuroimaging Clinics*, 15(4), 869-877. <https://doi.org/10.1016/j.nic.2005.09.008>
- N. Moreau, C. Rousseau, C. Fourcade, G. Santini, L. Ferrer, M. Lacombe, C. Guillerminet, M. Campone, M. Colombié, M. Rubeaux, & a. N. Normand. (2020). Deep learning approaches for bone and bone lesion segmentation on 18FDG PET/CT imaging in the context of metastatic breast cancer. 2020 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC), 1532-1535. <https://doi.org/10.1109/EMBC44109.2020.9175904>
- Nagao, S., Tsuji, Y., Sakaguchi, Y., Takahashi, Y., Minatsuki, C., Niimi, K., Yamashita, H., Yamamichi, N., Seto, Y., Tada, T., & Koike, K. (2020). Highly accurate artificial intelligence systems to predict the invasion depth of gastric cancer: Efficacy of conventional white-light imaging, nonmagnifying narrow-band imaging, and indigo-carmin dye contrast imaging. *Gastrointestinal Endoscopy*, 92(4), 866-873.e1. <https://doi.org/10.1016/j.gie.2020.06.047>
- Nakatani, S., Thomas, J., Savage, R., Vargo, R., Smedira, N., & McCarthy, P. (1996). Prediction of right ventricular dysfunction after left ventricular assist device implantation. *Circulation*, 94(9 Suppl), II216-21. PubMed.
- Newman-Toker, D. E., & Pronovost, P. J. (2009). Diagnostic Errors—The Next Frontier for Patient Safety. *JAMA*, 301(10), 1060-1062. <https://doi.org/10.1001/jama.2009.249>
- Nigro, S., Barbagallo, G., Bianco, M. G., Morelli, M., Arabia, G., Quattrone, A., Gasparini, S., Cascini, G. L., & Quattrone, A. (2019). Track density imaging: A reliable method to assess white matter changes in Progressive Supranuclear Palsy with predominant parkinsonism. *Parkinsonism & Related Disorders*, 69, 23-29. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2019.10.020>
- O'Shea, K., & Nash, R. (2015). An Introduction to Convolutional Neural Networks. CoRR, abs/1511.08458. <http://arxiv.org/abs/1511.08458>
- Peng, Y., Zhang, Y., & Wang, L. (2010). Guest Editorial: Artificial Intelligence in Biomedical Engineering and Informatics: An Introduction and Review. *Artif. Intell. Med.*, 48(2-3), 71-73. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2009.07.007>
- Peruzzo, D., Arrigoni, F., Triulzi, F., Righini, A., Parazzini, C., & Castellani, U. (2016). A framework for the automatic detection and characterization of brain malformations: Validation on the corpus callosum. *Medical Image Analysis*, 32, 233-242. <https://doi.org/10.1016/j.media.2016.05.001>
- Pfeffer, M. A., & Ling, S. H. (2022). Evolving Optimised Convolutional Neural Networks for Lung Cancer Classification. *Signals*, 3(2), 284-295. <https://doi.org/10.3390/signals3020018>
- Poplawski, M. M., Alizadeh, M., Oleson, C. V., Fisher, J., Marino, R. J., Gorniak, R. J., Leiby, B. E., & Flanders, A. E. (2019). Application of Diffusion Tensor Imaging in Forecasting Neurological Injury and Recovery after Human Cervical Spinal Cord Injury. *Journal of Neurotrauma*, 36(21), 3051-3061. <https://doi.org/10.1089/neu.2018.6092>
- Prevedello, L. M., Erdal, B. S., Ryu, J. L., Little, K. J., Demirer, M., Qian, S., & White, R. D. (2017). Automated critical test findings identification and online notification system using artificial intelligence in imaging. *Radiology*, 285(3), 923-931.
- Previtali, F., Bertolazzi, P., Felici, G., & Weitschek, E. (2017). A novel method and software for automatically classifying Alzheimer's disease patients by magnetic resonance imaging analysis. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 143, 89-95. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2017.03.006>
- Reilly, J. B., Ogdie, A. R., Von Feldt, J. M., & Myers, J. S. (2013). Teaching about how doctors think: A longitudinal curriculum in cognitive bias and diagnostic error for residents. *BMJ Quality & Safety*, 22(12), 1044. <https://doi.org/10.1136/bmjqs-2013-001987>

- Retico, A., Gori, I., Giuliano, A., Muratori, F., & Calderoni, S. (2016). One-Class Support Vector Machines Identify the Language and Default Mode Regions As Common Patterns of Structural Alterations in Young Children with Autism Spectrum Disorders. *Frontiers in Neuroscience*, 10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2016.00306>
- Ricciardi, C., Edmunds, K. J., Recenti, M., Sigurdsson, S., Gudnason, V., Carraro, U., & Gargiulo, P. (2020). Assessing cardiovascular risks from a mid-thigh CT image: A tree-based machine learning approach using radiodensitometric distributions. *Scientific Reports*, 10(1), 2863. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59873-9>
- Richens, J. G., & Buchard, A. (2022). Artificial Intelligence for Medical Diagnosis. İçinde N. Lidströmer & H. Ashrafian (Ed.), *Artificial Intelligence in Medicine* (ss. 181-201). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-64573-1_29
- Rundo, L., Han, C., Nagano, Y., Zhang, J., Hataya, R., Militello, C., Tangherloni, A., Nobile, M. S., Ferretti, C., Besozzi, D., Gilardi, M. C., Vitabile, S., Mauri, G., Nakayama, H., & Cazzaniga, P. (2019). USE-Net: Incorporating Squeeze-and-Excitation blocks into U-Net for prostate zonal segmentation of multi-institutional MRI datasets. *Neurocomputing*, 365, 31-43. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2019.07.006>
- Rundo, L., Stefano, A., Militello, C., Russo, G., Sabini, M. G., D'Arrigo, C., Marletta, F., Ippolito, M., Mauri, G., Vitabile, S., & Gilardi, M. C. (2017). A fully automatic approach for multimodal PET and MR image segmentation in gamma knife treatment planning. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 144, 77-96. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2017.03.011>
- S. Rosati, P. Franco, C. Fiandra, F. Arcadipane, P. Silvetti, E. Gallio, J. Panic, U. Ricardi, & G. Balestra. (2020). Comparison of different classifiers to recognize active bone marrow from CT images. 2020 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA), 1-5. <https://doi.org/10.1109/MeMeA49120.2020.9137173>
- Salakhutdinov, R., Mnih, A., & Hinton, G. (2007). Restricted Boltzmann machines for collaborative filtering. *Proceedings of the 24th international conference on Machine learning*, 791-798.
- Salvatore, C., Cerasa, A., & Castiglioni, I. (2018). MRI Characterizes the Progressive Course of AD and Predicts Conversion to Alzheimer's Dementia 24 Months Before Probable Diagnosis. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnagi.2018.00135>
- Salvi, M., Molinari, F., Dogliani, N., & Bosco, M. (2019). Automatic discrimination of neoplastic epithelium and stromal response in breast carcinoma. *Computers in Biology and Medicine*, 110, 8-14. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2019.05.009>
- Santarelli, M. F., Genovesi, D., Positano, V., Scipioni, M., Vergaro, G., Favilli, B., Giorgetti, A., Emdin, M., Landini, L., & Marzullo, P. (2021). Deep-learning-based cardiac amyloidosis classification from early acquired pet images. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*, 37(7), 2327-2335. <https://doi.org/10.1007/s10554-021-02190-7>
- Sathyakumar, K., Munoz, M., Singh, J., Hussain, N., & Babu, B. A. (2020). Automated lung cancer detection using artificial intelligence (AI) deep convolutional neural networks: A narrative literature review. *Cureus*, 12(8).
- Shah, S. (2022). Optimizing the Diagnostic Information. *Abdominal Ultrasound E-Book: How, Why and When*, 1.
- Shariaty, F., & Mousavi, M. (2019). Application of CAD systems for the automatic detection of lung nodules. *Informatics in Medicine Unlocked*, 15, 100173. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2019.100173>
- Shen, D., Wu, G., & Suk, H.-I. (2017). Deep Learning in Medical Image Analysis. *Annual Review of Biomedical Engineering*, 19, 221-248. <https://doi.org/10.1146/annurev-bioeng-071516-044442>

- Sidey-Gibbons, J. A. M., & Sidey-Gibbons, C. J. (2019). Machine learning in medicine: A practical introduction. *BMC Medical Research Methodology*, 19(1), 64. <https://doi.org/10.1186/s12874-019-0681-4>
- Spampinato, C., Palazzo, S., Giordano, D., Aldinucci, M., & Leonardi, R. (2017). Deep learning for automated skeletal bone age assessment in X-ray images. *Medical Image Analysis*, 36, 41-51. <https://doi.org/10.1016/j.media.2016.10.010>
- Squarcina, L., Castellani, U., Bellani, M., Perlini, C., Lasalvia, A., Dusi, N., Bonetto, C., Cristofalo, D., Tosato, S., Rambaldelli, G., Alessandrini, F., Zoccatelli, G., Pozzi-Mucelli, R., Lamonaca, D., Ceccato, E., Pileggi, F., Mazzi, F., Santonastaso, P., Ruggeri, M., & Brambilla, P. (2017). Classification of first-episode psychosis in a large cohort of patients using support vector machine and multiple kernel learning techniques. *Individual Subject Prediction*, 145, 238-245. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.12.007>
- Steinhubl, S. R., Muse, E. D., & Topol, E. J. (2015). The emerging field of mobile health. *Science Translational Medicine*, 7(283), 283rv3-283rv3. <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.aaa3487>
- Subramaniam, M. D., B, A. K., Chirayath, R. B., Nair, A. P., Iyer, M., & Vellingiri, B. (2021). Can deep learning revolutionize clinical understanding and diagnosis of optic neuropathy? *Artificial Intelligence in the Life Sciences*, 1, 100018. <https://doi.org/10.1016/j.ailsci.2021.100018>
- Sutton, R. T., Pincock, D., Baumgart, D. C., Sadowski, D. C., Fedorak, R. N., & Kroeker, K. I. (2020). An overview of clinical decision support systems: Benefits, risks, and strategies for success. *npj Digital Medicine*, 3(1), 17. <https://doi.org/10.1038/s41746-020-0221-y>
- Szolovits, P., Patil, R. S., & Schwartz, W. B. (1988). Artificial Intelligence in Medical Diagnosis. *Annals of Internal Medicine*, 108(1), 80-87. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-108-1-80>
- Şavklıyıldız, A., Özkan, Ö., Uysal, H., Şenol, U., Özkan, Ö., Doğan, E. A., Barçın, E., Bilge, İ., Gök, K., Döğer, E. N., Şimşek, B., Carlak, H. F., Polat, Ö., & Çolak, Ö. H. (2021). Adaptive analysis of cortical plasticity with fMRI in full face and arm transplants. *Brain Imaging and Behavior*, 15(4), 1788-1801. <https://doi.org/10.1007/s11682-020-00374-8>
- Tang, A., Tam, R., Cadrin-Chênevert, A., Guest, W., Chong, J., Barfett, J., Chepelev, L., Cairns, R., Mitchell, J. R., Cicero, M. D., Poudrette, M. G., Jaremko, J. L., Reinhold, C., Gallix, B., Gray, B., Geis, R., O'Connell, T., Babyn, P., Koff, D., ... Shabana, W. (2018). Canadian Association of Radiologists White Paper on Artificial Intelligence in Radiology. *Canadian Association of Radiologists Journal*, 69(2), 120-135. <https://doi.org/10.1016/j.carj.2018.02.002>
- Tang, Z., Zhang, X., Yang, G., Zhang, G., Gong, Y., Zhao, K., Xie, J., Hou, J., Hou, J., Sun, B., & Wang, Z. (2021). Automated segmentation of retinal nonperfusion area in fluorescein angiography in retinal vein occlusion using convolutional neural networks. *Medical Physics*, 48(2), 648-658. <https://doi.org/10.1002/mp.14640>
- Tangaro, S., Fanizzi, A., Amoroso, N., & Bellotti, R. (2017). A fuzzy-based system reveals Alzheimer's Disease onset in subjects with Mild Cognitive Impairment. *Physica Medica*, 38, 36-44. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2017.04.027>
- Teare, P., Fishman, M., Benzaquen, O., Toledano, E., & Elnekave, E. (2017). Malignancy Detection on Mammography Using Dual Deep Convolutional Neural Networks and Genetically Discovered False Color Input Enhancement. *Journal of Digital Imaging*, 30(4), 499-505. <https://doi.org/10.1007/s10278-017-9993-2>
- Tóth, L., Hoffmann, I., Gosztolya, G., Vincze, V., Szatlóczki, G., Bánréti, Z., Pákási, M., & Kálmán, J. (2018). A speech recognition-based solution for the automatic detection of mild cognitive impairment from spontaneous speech. *Current Alzheimer Research*, 15(2), 130-138.
- Turing, A. M. (2009). *Computing Machinery and Intelligence*. İçinde R. Epstein, G. Roberts, & G. Beber (Ed.), *Parsing the Turing Test: Philosophical and Methodological Issues in the Quest*

for the Thinking Computer (ss. 23-65). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6710-5_3

- Ulivieri, F. M., Piodi, L. P., Grossi, E., Rinaudo, L., Messina, C., Tassi, A. P., Filopanti, M., Tirelli, A., & Sardanelli, F. (2018). The role of carboxy-terminal cross-linking telopeptide of type I collagen, dual x-ray absorptiometry bone strain and Romberg test in a new osteoporotic fracture risk evaluation: A proposal from an observational study. *PLOS ONE*, 13(1), e0190477. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190477>
- Veit, W. (2021). Experimental philosophy of medicine and the concepts of health and disease. *Theoretical Medicine and Bioethics*, 42(3), 169-186. <https://doi.org/10.1007/s11017-021-09550-3>
- Williams, R. J., & Zipser, D. (1989). A Learning Algorithm for Continually Running Fully Recurrent Neural Networks. *Neural Computation*, 1(2), 270-280. <https://doi.org/10.1162/neco.1989.1.2.270>
- X. Ouyang, S. Karanam, Z. Wu, T. Chen, J. Huo, X. S. Zhou, Q. Wang, & J. -Z. Cheng. (2021). Learning Hierarchical Attention for Weakly-Supervised Chest X-Ray Abnormality Localization and Diagnosis. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 40(10), 2698-2710. <https://doi.org/10.1109/TMI.2020.3042773>
- Y. Lecun, L. Bottou, Y. Bengio, & P. Haffner. (1998). Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, 86(11), 2278-2324. <https://doi.org/10.1109/5.726791>
- Zaharchuk, G., & Davidzon, G. (2021). Artificial Intelligence for Optimization and Interpretation of PET/CT and PET/MR Images. *Artificial Intelligence in Nuclear Medicine*, 51(2), 134-142. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2020.10.001>

BÖLÜM

6

GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNIĞİNİN TAHRİBATSIZ MUAYENE ALANINDA TATBİKİ

Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül ÇAKIR ŞENCAN

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi,

E-posta: aysegulcakir@beun.edu.tr

 0000-0002-1267-7153

ATIF: Çakır Şencan, A (2022). Görüntü İşleme Tekniğinin Tahribatsız Muayene Alanında Tatbiki. Volkan ÇAVUŞ (Ed.), *Yapay Zeka Uygulamalarında Güncel Konular ve Araştırmalar-2* içinde (ss. 107-135). Konya, Çizgi Kitabevi Yayınları.

- BÖLÜM 6 -

GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİĞİNİN TAHRİBATSIZ MUAYENE ALANINDA TATBİKİ

Ayşegül ÇAKIR ŞENCAN

Dr. Öğr. Üyesi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, aysegulcakir@beun.edu.tr

 0000-0002-0506-6522

1. TAHRİBATSIZ MUAYENE

Üretim endüstrisinde hedef, beklentileri karşılayabilecek nitelikteki ürünü en az maliyetle, en hızlı şekilde üretmektir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte üretim tekniklerinde farklı imkanlar ortaya çıkmış, değişen imkanlar da farklı ihtiyaçları doğurmuştur (Groover, 2021). Bu değişim müşterinin beklentilerine yansımış ve üretim koşulları iyileştikçe pazar koşulları da ağırlaşmıştır. Tüm bu gelişmeler, rekabet gücünü kaybetmemek için üreticileri yeni üretim tekniklerine ve kalite güvence stratejilerine yönlendirmiştir (Türker vd., 2011). Bu sebeple imalat süreçlerinde uygulanan kalite kontrol işlemlerinin de önemi artmıştır. Üretimin herhangi bir aşamasında veya sonunda ürün kalitesi sağlıklı bir şekilde tespit veya teyit edilirken, bu kalite kontrol işlemlerinin üretim zamanını ve maliyetlerini asgari şekilde etkilemesi beklenir. Kalite kontrol aşamasında ürünü tahrip eden testlerde, test edilen numune ıskartaya çıkarak ürün niteliğini kaybeder. Bu ise üretim zamanına ve maliyetine belirgin bir şekilde yansır. Kalitesi test edilen ürünün kaldığı yerden üretim yolculuğuna devam etmesi ancak tahribatsız muayene yöntemleri ile mümkündür. Çünkü tahribatsız muayene, malzemenin iç veya dış yapısına herhangi bir zarar vermeden gerçekleştirilir. Diğer bir ifadeyle, malzemenin dış yüzeyindeki veya iç yapısındaki süreksizlikleri tespit etmek amacıyla gerçekleştirilen testler tahribatsız muayene (Non Destructive Testing - NDT) olarak adlandırılır (Hellier, 2013).

Üretim sürecindeki yeni parçalara olduğu kadar, periyodik bakımlarda da tahribatsız muayene yöntemleri kullanılır. Tahribatsız muayenede, ürünü montajlı olduğu sisteme takılı olduğu yerden sökmeden ve hatta ilgili sistemi hiç durdurmada da muayene yapılabilir. Tüm bu avantajlar tahribatsız muayene yöntemlerinin önemini ve kullanım sıklığını artırmaktadır (Gönül, 2020). Tahribatsız muayene yöntemleri sadece metal malzemelerde değil, polimer, seramik yada kompozit malzemeler olmak üzere çeşitli mühendislik malzemelerine de uygulanabilir. Malzemenin

yüzeylerinde veya iç bünyesindeki süreksizlikler çok farklı tahribatsız muayene yöntemleriyle test edilebilir. Bunlar:

- ✓ Görsel muayene (Visual Inspection-VI)
- ✓ Sıvı emdirme ile muayene (Penetrant Testing-PT)
- ✓ Manyetik parçacıkla muayene (Magnetic Particle Inspection-MPI)
- ✓ Girdap akımlarıyla muayene (Eddy Currents Inspection -ECI)
- ✓ Ultrasonik muayene (Ultrasonic Inspection -US)
- ✓ Radyografik muayene (Radiographic Inspection-RI)

olmak üzere 6 grupta değerlendirilebilir (Dwivedia, 2018).

1.1. Görsel Muayene (Visual Inspection-VI)

Görsel muayene malzeme yüzeyindeki süreksizliklerin ya da hataların tespitinde kullanılan bir yöntemdir. Yüzeydeki aşınmalar, pürüzler veya çatlaklar, boyut sapmaları, şekil hataları gibi malzemenin dış yüzeyinden görülebilecek kusurlar bu yöntem ile denetlenebilir. Görsel muayene bir ürünün imalatı sırasında, işletme sürecinde veya periyodik bakım aşamasında uygulanabilir. Görsel muayene diğer tahribatsız muayene yöntemlerinden önce kullanılan ön muayene olarak da kabul edilir. Bu sebeple en sık kullanılan yöntemlerden biri olarak değerlendirilebilir (Rajendran, 2009). Görsel muayene yöntemi çıplak gözle yapılabileceği gibi yardımcı bir araç kullanılarak da yapılabilir. Boroskop, endoskop, videoskop, mikroskop, büyüteç, yüzey pürüzlülük cihazı, kumpas, açılı ayna, cetvel, lüksmetre, fotoğraf makinası vb. yardımcı araçlar görsel muayenede kullanılmaktadır. Görsel muayenede kullanılan bu yardımcı araçların bazıları Şekil 1.1'de verilmiştir.



Şekil 1.1. Görsel muayenede kullanılan bazı yardımcı araçlar (Url: 1)

Görsel muayene yöntemleri doğrudan gözle muayene ve dolaylı gözle muayene olmak üzere iki grupta değerlendirilebilir. Doğrudan gözle muayenede kesintisiz bir optik yol söz konusudur. Yani muayene edinin gözü ile muayene edilen yüzey arasında herhangi bir elektronik aktarma gerçekleşmez. Büyüteç, boroskop veya açılı ayna kullanılarak yapılan muayene bu gruba örnek olarak verilebilir. Dolaylı gözle muayene ise muayene edinin bir elektronik aktarma aracı kullanılarak ilgili yüzeyden bilgi alabildiği gözle muayene türüdür. Fotoğraf makinesi, videoskop yada yüzey pürüzlülük cihazı kullanılarak yapılan gözlemler bu gruba örnek verilebilir.

Görsel muayene konuya özel belli bir standarda göre yapılır. Bu standartlarda muayene edilecek bölgeye hangi mesafede, hangi açıyla bakılması gerektiği, optimum ortam aydınlatmasının ne olması gerektiği gibi bilgiler yer almaktadır. Görsel muayenede kullanılan çeşitli standartlardan bazıları aşağıdaki gibidir.

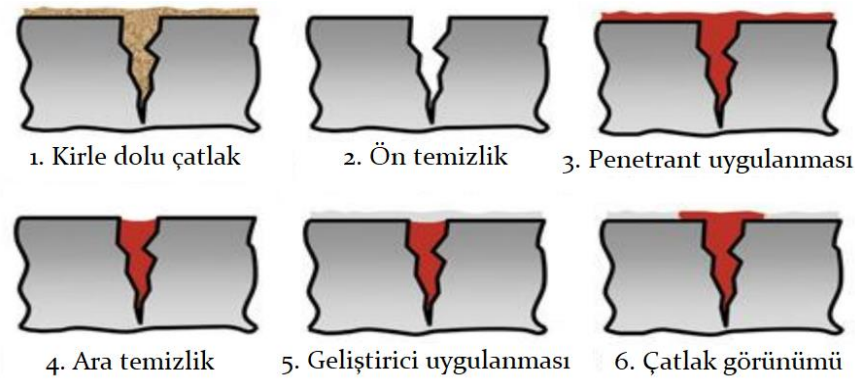
- ✓ TS EN ISO 17635 – Metalik Malzemeler İçin Genel Kurallar
- ✓ TS EN 1330-10 – Gözle Muayenede Kullanılan Terimler
- ✓ TS EN 13018 – Genel Kurallar
- ✓ TS EN 13927 – Donanım
- ✓ TS ISO 3058 – Gözle Muayene Araçları
- ✓ TS EN ISO 17637 – Kaynaklar için Genel Kurallar
- ✓ TS EN ISO 6520-1 – Geometrik Kusurların Sınıflandırılması
- ✓ TS EN ISO 5817 – Kusurlar İçin Kalite Seviyeleri
- ✓ TS EN 1370 – Döküm-Yüzey Pürüzlülüğünün Kompomatörlerle Muayenesi (TSE, 2022).

1.2. Sıvı Emdirme ile Muayene (Penetrant Testing-PT)

Sıvı emdirme yöntemi, adına Penetrant denilen özel kimyasalların yüzeye emdirilerek yüzey süreksizliklerinin tespit edilmesinde kullanılan tahribatsız muayene yöntemidir. Bu yöntem genellikle malzeme içinden başlayıp yüzey üzerine açılan çatlakların tespitinde uygulanır (Shull, 2001). Yüzey altında kalan ve yüzeye ulaşmayan çatlaklar bu yöntemle tespit edilemez. İçerde kalan ve yüzeye açılmayan böyle çatlakların tespiti için farklı tahribatsız muayene yöntemleri kullanılır.

Sıvı emdirme yönteminin uygulanacağı test malzemesinin yüzeyi gözeneksiz ve temiz olması gerekir. Aksi halde penetrant sıvı, çatlığa yeterince nüfuz edemez ve

çatlaklar sağlıklı bir şekilde gözlenemez. Dolayısıyla öncelikle gözlem yapılacak yüzeyin kirlerden arındırılması gerekir. Temizlenen yüzeye penetrant sıvı uygulandıktan sonra sıvının ve yüzeyin durumuna göre 5-30 dk bekletilir. Daha sonra yüzeyde kalan penetrant sıvı bir temizleyici ile temizlenir. Ardından incelenen bölgeye yüzey tarafından emilen sıvıların belirginliğini artırmak için geliştirici (developer) denilen kimyasal sıvı tatbik edilir. Çatlaklar tarafından emilen penetrant sıvı ile geliştirici kimyasallar birleşerek penetran sıvının belirginleşmesini sağlar (T.C. MEB, 2011). Bu şekilde yüzeydeki çatlak net bir şekilde görülebilir. Dolayısıyla sıvı emdirme ile muayenede penetrant dışında kullanılan diğer elemanlar temizleyiciler ve geliştiricilerdir. Şekil 1.2’de sıvı emdirme ile muayene adımları gösterilmiştir.



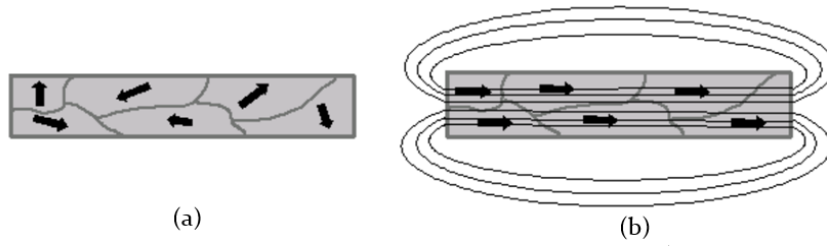
Şekil 1.2 Sıvı emdirme ile muayene adımları

Bir penetrant sıvının en önemli özellikleri vizkositesi, yüzey gerilimi, yoğunluğu ve görünürlüğüdür. Görünürlüğü boya veya floresant ile sağlanır. Görünürlüğü boya ile sağlanan penetrantlar normal ışık altında incelenirken, görünürlüğü flourasant ile sağlanan penetrantlar siyah ışık denilen özel bir ışık uygulanarak incelenir. Bazı penetrantlar su ile bazıları ise özel çözücülerle temizlenebilmektedir (Moore & Tracy, 1999). Sıvı emdirme ile muayene yönteminde referans alınan standartlar aşağıda listelenmiştir.

- ✓ TS EN ISO 12706 - Penetrant muayenesi / Terimler ve tarifler
- ✓ TS EN ISO 3059 - Penetrantla muayene ve manyetik parçacıkla muayene
- ✓ TS EN ISO 3452-1-Penetrant muayenesi –Genel kurallar
- ✓ TS EN ISO 3452 -2- Penetrant maddelerin deneyi
- ✓ TS EN ISO 3452-3-Referans muayene blokları (TSE, 2022).

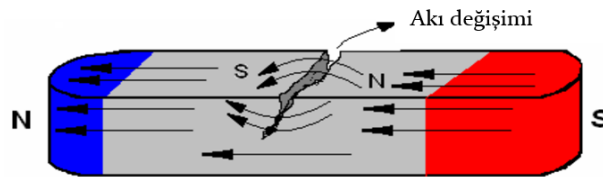
1.3. Manyetik Parçacıkla Muayene (Magnetic Particle Inspection-MPI)

Manyetik parçacıkla muayene yüzeydeki veya yüzeye yakın çatlak, boşluk, katmer ve metalik olmayan yabancı maddelerin tespitinde kullanılır. Bu yöntem demir, nikel, kobalt ve bazı çelik alaşımları gibi sadece ferromanyetik (mıknatıslanabilen) malzemelere uygulanabilir. Hassas ve hızlı bir tahribatsız muayene işlemidir. Şekil 1.3'te ferromanyetik olmayan malzemeler (a) ile ferromanyetik malzemelerin (b) manyetik davranışlarıyla ilgili görselleri verilmiştir.



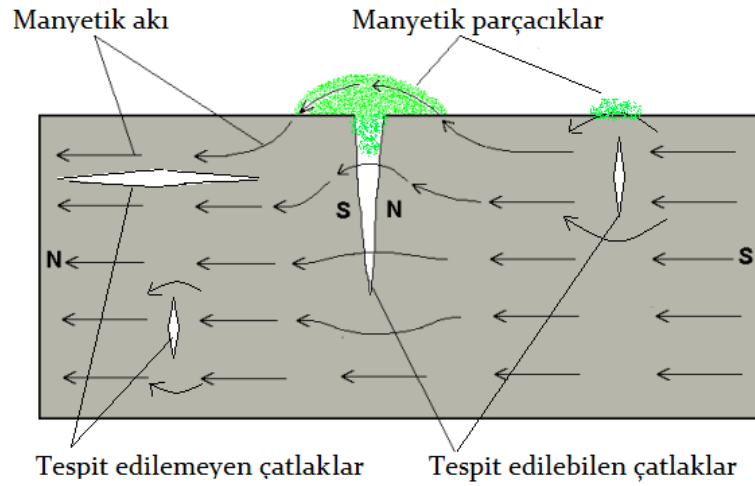
Şekil 1.3 Malzemelerin manyetik davranışları: a) Manyetik olmayan malzeme, b) Manyetik malzeme

Döküm, dövme veya kaynakla imalat gibi birçok üretim yöntemi sonucu meydana gelen hataları saptamak için bu muayene yöntemi kullanılır. Manyetik parçacıkla muayene yönteminde mıknatıslanabilen malzemenin yüzeyindeki yada yüzeye yakın çatlakları belirleyebilmek için manyetik alan ve küçük manyetik parçacıklar (demir tozu) kullanılır (Topuz, 1993). Muayene parçasının durumuna göre bobinle, manyetik çatala, merkezi iletkenle vb. farklı düzeneklerle mıknatıslanma işlemi yapılması mümkündür. Bu yöntemle muayenesi yapılacak malzeme, önce uygun bir düzenek yardımıyla mıknatıslandırılır. Mıknatıslandırılan malzeme, arasında düzenli bir manyetik akı olan kutuplara sahip olur. Herhangi bir süreksizlik yoksa bu akı düzgün bir şekilde devam eder. Eğer çatlak yada boşluk gibi bir süreksizlik var ise çatlak bölgelerinde yeni kutuplar oluşacak ve buralarda manyetik akı dalgalanacaktır (Küçük & Eken, 2017). Şekil 1.4'te çatlak bölgelerinde oluşan yeni kutuplar ve manyetik akıya etkisi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Çatlak bölgelerindeki manyetik akı değişimi

Malzemedeki çatlakları tespit etmek amacıyla, daha önce mıknatıslandırılmış parçanın yüzeyine manyetik malzeme püskürtülür. Bu manyetik malzeme yerine göre kuru parçacıklar (toz) hâlinde ya da yağ içine manyetik parçacık katılarak emülsiyon halinde kullanılabilir. Mıknatıslanmış parçaya manyetik malzeme (toz yada emülsiyon) püskürtülünce, manyetik malzemenin içindeki parçacıklar sadece mıknatıslanmış parçanın iki ucundaki kutuplarda değil, çatlakların iki ucundaki kutuplarda da birikir ve manyetik akının kuvvet çizgileri boyunca bu parçacıklar sıralanır. Malzemede hata varsa manyetik parçacıklar bu şekilde hatanın bulunduğu yerde kümelenerek çatlakların olduğu bölgeyi gösterir (Groover, 2021). Şekil 1.5'te çatlakların üzerindeki bu kümelenme şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.5. Manyetik parçacık yöntemi ile çatlakların tespiti şematik görünümü

Bu yöntemle çok derinde olan çatlaklar tespit edilemez. Yüzeyden en fazla 10 mm içeride olan çatlaklar tespit edilebilir. Ayrıca akı yönü çatlak hattına dik yada en az 45° açıyla uygulanmalıdır. Akı yönünün çatlak doğrultusuna paralel olması durumunda çatlak tespiti mümkün olmayabilir (T.C. MEB, 2011). Manyetik parçacıkla muayene edilen malzemeler daha sonra demanyetizasyon işleminden geçirilmesi gerekir. Manyetik parçacıkla muayenenin doğru uygulanabilmesi için çeşitli standartlardan faydalanılmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir.

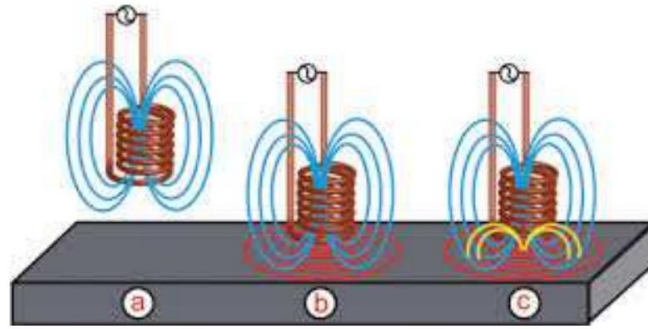
- ✓ TS EN ISO 9934-1 - Manyetik parçacık muayenesi - Bölüm 1: Genel ilkeler
- ✓ TS EN ISO 9934-2 -Manyetik parçacık muayenesi - Bölüm 2: Tespit ortamı
- ✓ TS EN ISO 9934-3 -Manyetik parçacıkla muayene-Bölüm 3: Teçhizat
- ✓ TS EN ISO 17638 - Kaynakta manyetik parçacık muayenesi
- ✓ TS EN 1369 - Dökümler-Manyetik parçacık muayenesi

- ✓ TS EN ISO 12707 - Manyetik parçacık muayenesinde kullanılan terimler. (TSE, 2022).

1.4. Girdap Akımlarıyla Muayene (Eddy Currents Inspection -ECI)

Girdap akımları ile muayene yüzeydeki veya yüzeye çok yakın süreksizliklerin tespitinde kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem elektriği ileten tüm malzemelerin tahribatsız muayenesinde kullanılabilir. Yüzeyde boya veya kaplama olsa bile yüzeye yakın çatlaklar bu yöntem ile tespit edilebilir. Girdap akımlarıyla muayene yönteminde sadece çatlak ve korozyon gibi süreksizlikler değil, aynı zamanda iletken bir malzeme üzerindeki boya veya kaplama kalınlığı da ölçülebilir. Ayrıca malzemelerin elektrik iletkenlik özelliğinin ölçümünde de bu yöntemden faydalanılabilir (KTÜ, 2007).

Girdap akımları yöntemi, iletken bir parçaya küçük elektrik akımlarının indüklenmesi ve manyetik alanlar arasında meydana gelen tepkimenin incelenmesi ile gerçek bir test yöntemidir. Bir bobinden alternatif akım (AC) geçirildiğinde bu bobin etrafında bir manyetik alan oluşur. Şekil 1.6'nın a bölümünde mavi ile bu manyetik alan gösterilmiştir.



Şekil 1.6 Girdap akımları ile muayenede oluşan manyetik alanlar (Akman, 2018)

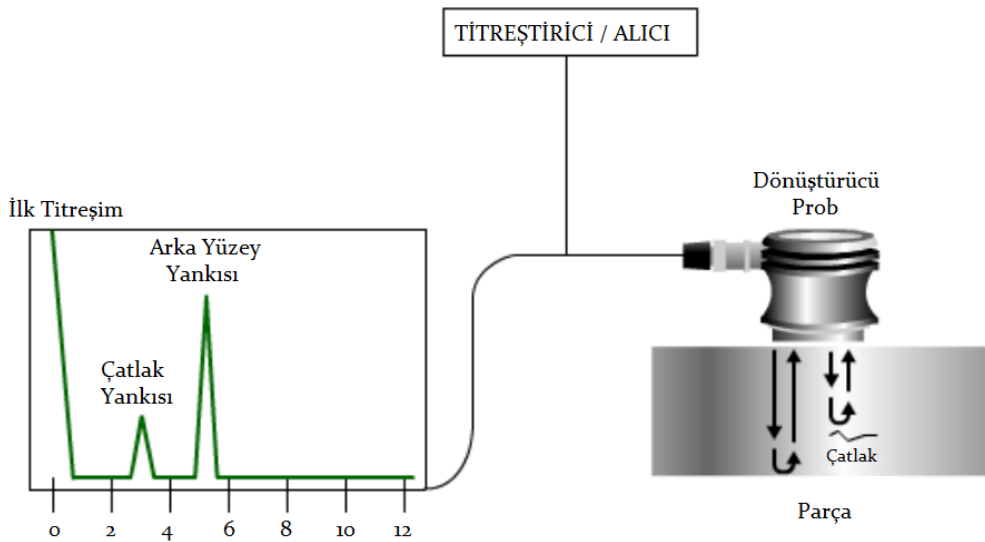
Manyetik alan teorisine göre bir bobin elektriksel olarak iletken bir malzeme yüzeyine yaklaştırıldığında, bobinin değişken manyetik alanı malzeme yüzeyinde indüksiyon akımlarına sebep olur. Girdap akımları olarak adlandırılırlar bu akımlar kapalı bir devre halinde akarlar. Şekil 1.6'nın b bölümünde kırmızı ile bu girdap akımları gösterilmiştir. Girdap akımları da kendi manyetik alanlarını oluştururlar. Oluşan bu ikincil manyetik alan Şekil 1.6'nın c bölümünde sarı ile gösterilmiştir. Girdap akımlarının sebep olduğu bu ikincil manyetik alan ölçülerek yüzey hataları tespit edilir (T.C. MEB, 2019). Muayene parçasında herhangi bir süreksizlik olması durumunda girdap akımları zayıflar. Bu durumda ikincil manyetik alan da zayıflar. Muayene parçası ve süreksizlik arasındaki

elektrik direnci farkından dolayı akımlar farklı bir yörünge izlemek durumunda kalır. Bu farklılık kullanılan prop tarafından ölçülerek süreksizlikler belirlenir (Akman, 2018). Girdap akımları ile muayenenin uygulanmasındaki ayrıntılar çeşitli standartlarda belirtilmiştir. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir.

- ✓ TS 11085 EN 1330-5 - Girdap akımları muayenesinde kullanılan terimler
- ✓ TS EN ISO 15548-1- Girdap akımı ile muayene- Teçhizat özellikleri
- ✓ TS 5481 - Çelik boruların girdap akımları metodu ile muayenesi
- ✓ TS EN 1971-1-Dikişsiz bakır boruların girdap akımları ile muayenesi (TSE, 2022).

1.5. Ultrasonik Muayene (Ultrasonic Inspection -US)

Malzemelerin tahribatsız muayenesinde, frekansları duyma sınırının (10-20000 Hz) üzerinde olan ve bu nedenle ultra ses dalgası olarak adlandırılan ultrasonik dalgalar da kullanılabilir (Küçük & Eken, 2017). Adına ultrasonik muayene yöntemi denilen bu yöntem tüm mühendislik malzemelerine uygulanabilir. Katı maddelerin ses dalgalarının iyi bir şekilde iletme kabiliyeti, bu yöntemin temelini oluşturur. Daha açık bir ifadeyle ultrasonik muayene yöntemi, malzemedeki süreksizlikleri tespit edebilmek için mayene probu tarafından üretilen yüksek frekanstaki (0.1-20 MHZ) ses üstü dalgalarının test malzemesi içerisinde yayılması, bir süreksizliğe çarptıktan sonra tekrar proba yansması ve böylece prob tarafından algılanması temeline dayanmaktadır (KTÜ, 2007). Şekil 1.7’de ultrasonik muayene yönteminde hataların tespiti şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.7. Ultrasonik muayene yönteminde hataların tespiti (KTÜ, 2007)

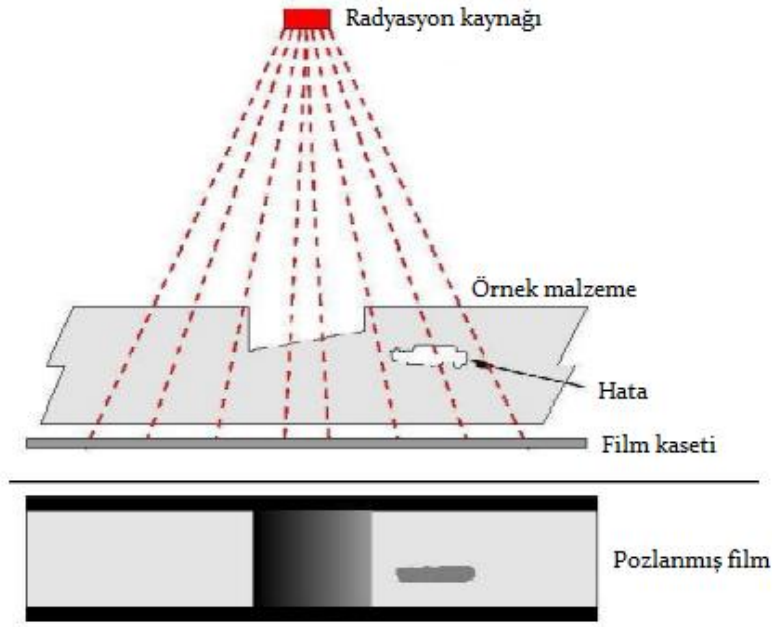
Propta bulunan piezzo-elektrik kirstal mekanik enerjiyi elektrik enerjisine, elektrik enerjisini de mekanik enerjiye dönüştürme özelliğine sahip olduğundan dolayı, ultrasonik cihazdan gelen elektrik siyalleri prop tarafından titreşime dönüştürülür ve malzemeye gönderilir. Malzeme içinden yansıyan titreşimler de yine prop tarafından elektirik sinyaline dönüştürülerek tekrar ultrasonik cihaza gönderilir (Türker vd., 2011).

Ultrasonik muayene yöntemi metalik veya metalik olmayan malzemelerdeki hacimsel hatalar ile çatlak benzeri süreksizliklerin tespitinde kullanılır. Bu yöntem yüzeyde veya yüzeye çok yakın hataları belirlemede yetersiz kalsa da, iç yapının derinliklerindeki süreksizlikleri belirlemede oldukça başarılıdır. Bu sebeple kalın parçaların iç yapılarındaki süreksizliklerin muayenesinde sıklıkla kullanılır. Bir çatlağın ultrasonik muayene yöntemiyle sağlıklı bir şekilde tespit edilebilmesi için gelen ses dalgasının doğrultusu ile çatlak doğrultusunun paralel olamaması gerekir (Türker vd., 2011). Ultrasonik muayene yönteminde dikkat edilmesi gereken hususlar standartlaştırılmıştır. Bu muayene yönteminde referans alınan standartlardan bazıları aşağıdaki gibidir.

- ✓ TS EN ISO 17640 - Kaynakların ultrasonik muayenesi-Teknikler, deney sınırları ve değerlendirmeler
- ✓ TS EN ISO 23279 - Ultrasonik muayene - Kaynaklardaki belirtilerin karakterizasyonu
- ✓ TS EN ISO 11666 - Kaynaklarda ultrasonik muayene- Kabul seviyeleri
- ✓ TS EN ISO 16823 - Ultrasonik muayene - Geçiş tekniği (TSE, 2022).

1.6. Radyografik Muayene (Radiographic Inspection-RI)

Radyografik muayene birçok malzemeye nüfuz edebilen yüksek enerjili elektromanyetik dalgalar ile malzemenin içindeki hataların saptanması işlemine verilen addır. Radyografik muayene yönteminde, malzemeye zarar vermeden iç yapısının derinliklerindeki bir hata oldukça hassas bir şekilde tespit edilebilir ve muayene sonuçları kalıcı olarak kaydedilebilir. Bu sebeple radyografi yöntemi sanayide yaygın olarak kullanılan tahribatsız muayene yöntemlerinden biridir. Bu yöntem ile malzemelerdeki kalınlık değişimleri, yapısal değişiklikler, içteki hatalar, montaj detayları tespit edilebilmektedir. Şekil 1.8’de radyografik muayene yönteminde hataların tespiti şematik olarak verilmiştir.



Şekil 1.8 Radyografik muayene yönteminde hataların tespiti (Akman, 2018)

Radyografik muayenede yönteminde iki temel unsur görev yapar. Bunlar nüfuz ediciler ve algılayıcıdır. Burada nüfuz ediciler radyografik unsurlar olan X ve gama ışınlarıdır. Tıpkı ışık gibi X ve gama ışınları da elektromanyetik dalga gurubuna aittirler. Fakat ışıktan farklı olarak X ve gama ışınlarının dalga boyları çok kısa olduğundan gözle görülmezler ve malzemelere nüfuz ederek içlerinden geçebilirler (Küçük & Eken, 2017). İkinci temel unsur olan algılayıcılar ise filmler veya flat ekranlardır. Malzemeye nüfuz eden dalgalar sayesinde malzeme içindeki süreksizliklerin algılanabilmesi için malzemenin arka tarafına dalgaya duyarlı gümüş (Ag) filmler konulur. Dalgaya maruz kalan malzemenin arka tarafındaki filmlerde malzemenin iç kısmının görüntüsü oluşur. Filmler banyo işlemine tabi tutularak görüntü elde edilir. Elde edilen görüntü malzemedeki hataları, boşlukları ve kalınlık değişikliklerini gösterir. Bu şekilde malzemenin görüntülenmesi Radyografi olarak adlandırılır. Malzemenin dalgaya direk maruz olmayan kısmına bir dedektör konulup, film yerine dedektör ile malzemedeki geçen dalgalar toplanarak bir monitöre aktarılırsa bu teknik de Radyoskopi olarak adlandırılır (Kara vd., 2017). Radyografik muayenenin hatasız uygulanabilmesi için çeşitli standartlardan faydalanılmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir.

- ✓ TS EN ISO 5579 -Metalik Malzemelerin Film ve X- veya Gamma Işınlarıyla Radyografik Muayenesi - Genel Kurallar
- ✓ TS EN ISO 17636-1- Kaynak dikişlerinin radyografik muayenesi
- ✓ TS EN ISO 19232-1-Radyografların görüntü kalitesi-Kısım 1 (TSE, 2022).

2. GÖRÜNTÜ İŞLEME

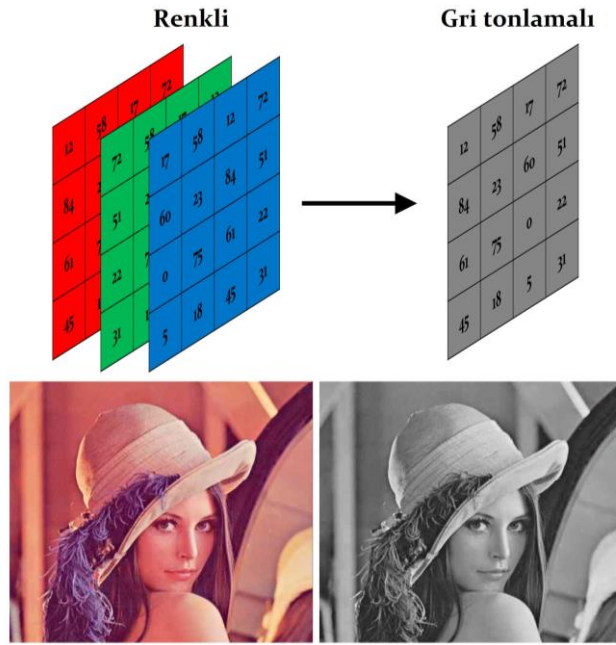
Yarı iletken teknolojisinin gelişmesini önce diyotların, sonra transistörlerin ve işlemcilerin gelişimi izlemiştir. Bu gelişmelere bağlı olarak bilgisayarların gelişimiyle birlikte teknoloji hayatımızın her alanına yerleşmiştir. Bir diyot çeşidi olan fotodiyotların geliştirilmesiyle de ışık enerjisi miktarına bağlı olarak devreden akım geçişini yönetebilme yetkinliği elde edilmiştir. Hava karardığında yanan lambalar, ışık miktarına bağlı olarak parlaklığı değişen ekranlar bu yetkinlik sayesinde çalışan mekanizmalardır. Fotodiyotların ışık hassasiyetinin artırılması ve bir düzlem üzerinde belirli sayıda yan yana dizilmesiyle iki boyutlu ışık değişimleri algılanıp dijital olarak saklanabilmektedir. Dijital fotoğraf makinelerinde bulunan görüntü sensörlerinin temeli buna dayanır. Bir dijital görüntü, matris formunda birim karelerin birleşmesiyle genellikle dikdörtgen şekilde (4:3, 16:9) gri tonlamalı ya da renkli olarak elde edilebilir. Bahsi geçen birim karelere pixel adı verilir. Genelleme yapılırsa her bir fotodiyot karşılığında bir pixel oluşur. Görüntü sensöründe fotodiyot sayısı ne kadar fazla ise dijital görüntü çözünürlüğü de o kadar fazla olur (Da Silva & Mendonça, 2005).

Örneğin; HD (High Definition-Yüksek Çözünürlük) bir görüntüde yatayda 1280 adet ve düşeyde 720 adet olmak üzere toplam 1280x720 adet pixel bulunur. Bir pixel renkli (RGB-Red, Green, Blue-Kırmızı, Yeşil, Mavi) ya da gri tonlamalı olabilir. Her bir renk ikili sayı sisteminde 8 bitlik [0-255] yani 256 adet renk derinliğine sahiptir. “0” en açık, “255” en koyu olacak şekilde renkler tonlarına göre sayısallaştırılmıştır. Örneğin; beyaz renk heksadesimal (onaltılık) sayı sisteminde $RGB(FF,FF,FF)_{16}$, desimal (onluk) sayı sisteminde $RGB(255,255,255)_{10}$ ve binari (ikili) sayı sisteminde $RGB(11111111,11111111,11111111)_2$ şeklinde gösterilir. Siyah renk ise sırasıyla; $RGB(00,00,00)_{16} = RGB(0,0,0)_{10} = RGB(00000000,00000000,00000000)_2$ şeklinde gösterilir.

Sayılarla ifade edilebilen her şey dijital ortamda işlenebilir. Görüntü de yukarıdaki gibi sayısallaştırılabildiği için çeşitli işlemler kullanılarak istenilen sonuçlar elde edilebilir. Örneğin; görüntü tanıma veya sınıflandırma, nesne tanıma, plaka okuma, yüz tanıma, vb. birçok eylem gerçekleştirilebilir. Bu süreçler birbirinden farklı olsa da genel anlamda hepsi görüntü işleme olarak tanımlanabilir. Görüntü işleme süreci; ön işlemler (özellik çıkarımı) ve yapay sinir ağı (YSA) olmak üzere iki kısımda incelenebilir.

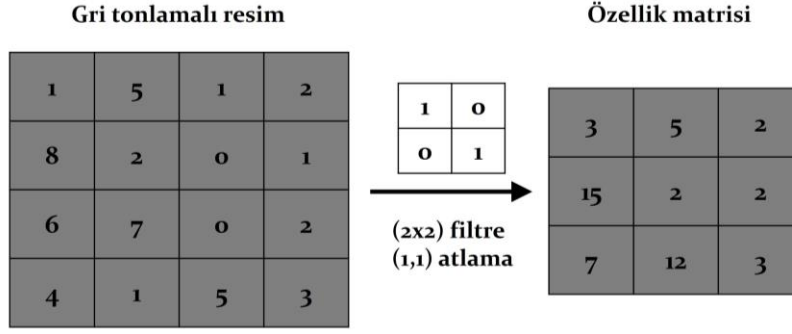
2.1 Ön İşlemler (Özellik Çıkarımı)

Bu işlemlerin nihai amacı sayısal ifade edilebilen görüntünün yapay sinir ağının giriş katmanına uygun giriş değerlerine dönüştürülmesidir. En genel ifadeyle bir transfer fonksiyonu gibi çalışır. Öncelikle; görüntü üzerinde çalışılmak istenen bölüm belirlenir ve sadece ilgili kısım kalacak şekilde dış kısım atılır. Böylece gereksiz hesaplama işlemleri engellenmiş olur. Sonrasında; görüntü renkli ise, gri tonlamaya ya da siyah-beyaz tonlamaya dönüştürülür (Gonzalez & Woods, 2018).



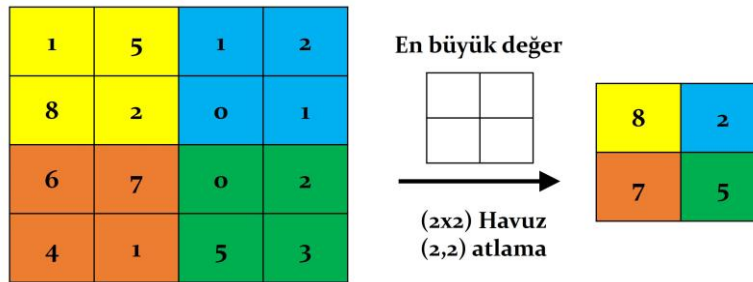
Şekil 2.1 Renkli görüntünün (RGB) üç katmandan (gri) tek katmana dönüştürülmesi

Bu işlem renkli görüntüde RGB olarak tanımlanan üç katmanın tek katmana düşürülmesini sağlar. Böylece hesaplama karmaşıklığı üç kat azaltılmış olur. Elde edilen bu tek katmanlı resim (matris) istenilen sayıda ve boyutta (örn. 3x3) matris şeklindeki filtreden geçirilir. Bu işlemde, görüntü matrisinin filtre matrisi ile soldan sağa skaler çarpılması sonucunda matris şeklinde bir çıktı elde edilir. Farklı filtreler kullanılarak farklı çıktı matrisleri oluşturulur. Bu çıktı matrislerinin her biri görüntünün farklı özelliklerini ön plana çıkarmaktadır.



Şekil 2.2 Gri tonlamalı resmin filtreden (2x2) geçirilmesi

Çıktı matrislerinin boyutları filtre boyutuna ve filtre kaydırma adımına göre değişir. Matris boyutlarını eşitlemek ve matrisin çerçeve sınırlarında bulunan değerlerin sağlıklı şekilde işleme dahil edilebilmesi için matris çerçevesine sıfır değerler eklenir. İstenilirse bu filtreleme işlemi sayısı artırılabilir. Filtreleme işlemleri arasında ReLu aktivasyon fonksiyonu kullanılarak negatif değerler sıfıra dönüştürülür. Böylece süreç içerisindeki doğrusallıktan uzaklaşmış olur (Gonzalez & Woods, 2018). Yine tercih edilmesi durumunda filtreler arası ya da YSA öncesi son aşamada havuzlama işlemi gerçekleştirilir. En çok kullanılan çeşidi havuzdaki en büyük değer (max pooling) seçimidir. Havuz içerisindeki en büyük değer seçilip çıktı matrisine yazılır. Filtrelemede olduğu gibi belli boyutta (örn. 2x2, 3x3) havuz oluşturulur ve matris üzerinde soldan sağa gezdirilir. Burada, işleme giren matrisin özelliklerini kaybetmeden boyut küçültme hedeflenmektedir. Böylece hesaplama karmaşıklığı azaltılmış olur.



Şekil 2.3 (4x4) Matrisin en büyük değer (max pooling) havuzundan (2x2) geçirilmesi

Ön işlem kısmının son aşaması matris halindeki son verinin vektör haline dönüştürülmesidir. Matristeki her satır transpoze edilerek alt alta eklenerek vektör haline getirilir (Da Silva & Mendonça, 2005).

2.2 Yapay Sinir Ağı (YSA)

Vektör haline getirilen ön işlem çıktı verisi YSA'nın giriş katmanına giriş değerleri olarak verilir. Burada "tam bağlantılı katmanlar" kullanılır ve düğümler arasında "ileri

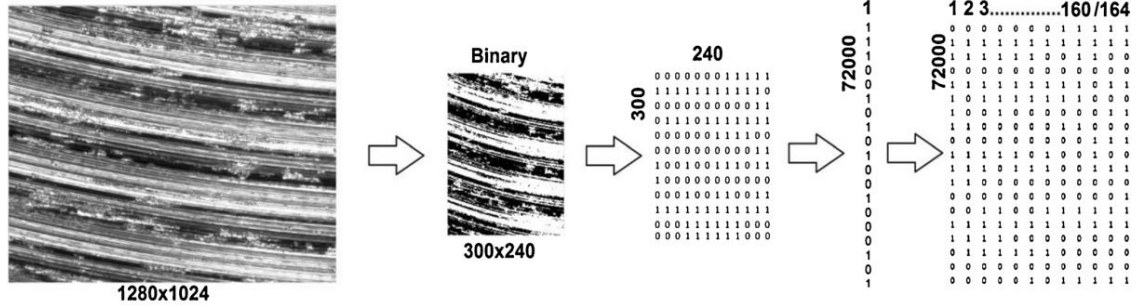
beslemeli bağlantı” bulunur. Bir görüntünün sağlıklı şekilde sınıflandırılmasında çoğunlukla ikiden fazla özellik değerlendirildiğinden çıktı katmanında ikiden fazla düğüm bulunur. Çoklu sınıflandırma yeteneği gerektiren böyle durumlarda en iyi sonucu softmax fonksiyonu vermektedir (Trappenberg, 2010). Softmax fonksiyonu, Sigmoid fonksiyonuna çok benzemekle birlikte özellikle ikiden fazla sınıflandırma yapılması gereken durumlarda güvenilir sonuçlar verir. Çıkış değerleri sınıflara ait olma olasılığına göre $[0, +1]$ aralığında değer alır. Çoğunlukla görüntü işleme ve derin öğrenme algoritmalarının çıkış katmanında kullanılır.

3. GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİĞİNİN TAHRİBATSIZ MUAYENE ALANINDA TATBİKİ ÜZERİNE YAPILAN ARAŞTIRMALAR

İmalat sürecinde uygulanan tahribatsız muayene yöntemlerinde kamera, mikroskop radyoskop gibi araçlarla elde edilen görüntülerin işlenmesi ve elde edilen bu bilgiler ışığında çeşitli algoritmalar geliştirilerek üretim süreci ya da ürünle ilgili çeşitli tahminlerin yapılması mümkündür. Bu görüntü alma araçlarıyla elde edilen ham veriler görüntü işlemeyle birlikte çeşitli modellerde kullanılabilecek sayısal verilere dönüştürülür. Daha sonra anlamlı bilgilerin elde edilebilmesi için, dönüştürülen sayısal verilere çeşitli algoritmalar içeren makine öğrenmesi modelleri uygulanır. Geliştirilen bu modellerin performansının farklı analiz metotlarıyla test edilmesi ise, yapılan tahminlerin güvenilirliği açısından önemlidir. Talaşlı imalat, eklemeli imalat, döküm ya da kaynakla birleştirme gibi farklı imalat süreçlerinde görüntü alma ile ilgili kısıtlar ve imkanlar farklıdır. Bu farklı imalat yöntemleriyle elde edilen ürünlerin durumunu tespit edebilmek için geliştirilen yaklaşımlarla ilgili yerine getirilmesi gereken görevler de farklı olacaktır. Görüntü işleme amacıyla geliştirilmiş kamera gibi görüntü alma araçlarının çoğunda kendi özel yazılımları olmasına rağmen, literatürdeki birçok araştırmada bu özel görevleri yerine getirebilmesi için uyarlanmış algoritma ve yazılım geliştirmeye çalışmışlardır (Tapia & Elwany, 2014).

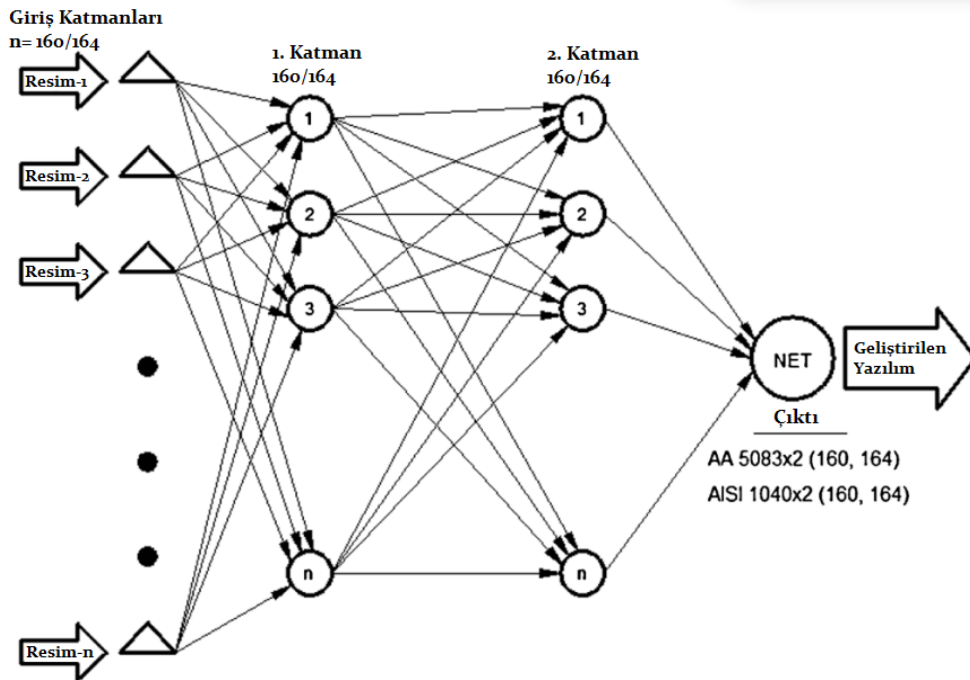
Samtaş talaşlı imalat üzerine yaptığı bir çalışmada, iş parçası yüzey kalitesini belirlerken görüntü işleme tekniğini kullanmıştır. Çalışmasında iş parçası malzemesi, kesici takım türü ve kesme parametrelerindeki değişimin yüzey pürüzlüğü üzerindeki etkisini incelemiştir. Bunun için AISI 1040 çeliği ile AA5083 alüminyum alaşımlarını frezelerken 3 farklı talaş derinliği, 3 farklı kesme hızı, 3 farklı ilerleme ve 3 farklı kaplamaya sahip kesici takım kullanmıştır. İş parçalarının frezelenmesi sonucu elde edilen işlenmiş yüzeylerin görüntülerini polarize bir mikroskop ile çekmiştir. Ayrıca Stylus ölçüm tekniğiyle yüzeylerin pürüzlüğünü temaslı olarak da ölçmüştür. Daha sonra işlenmiş

yüzeylerden elde edilen görüntülerin yüzey pürüzlülüğünü ölçmek ve algoritmada yapay sinir ağlarını kullanmak için MATLAB'da bir program oluşturmuştur. Yazarın, polarize mikroskopla çektiği görüntülerin bilgisayar yazılımı tarafından okunabilecek sayısal verilere dönüşüm basamaklarını anlattığı şema, şekil 3.1'de verilmiştir.



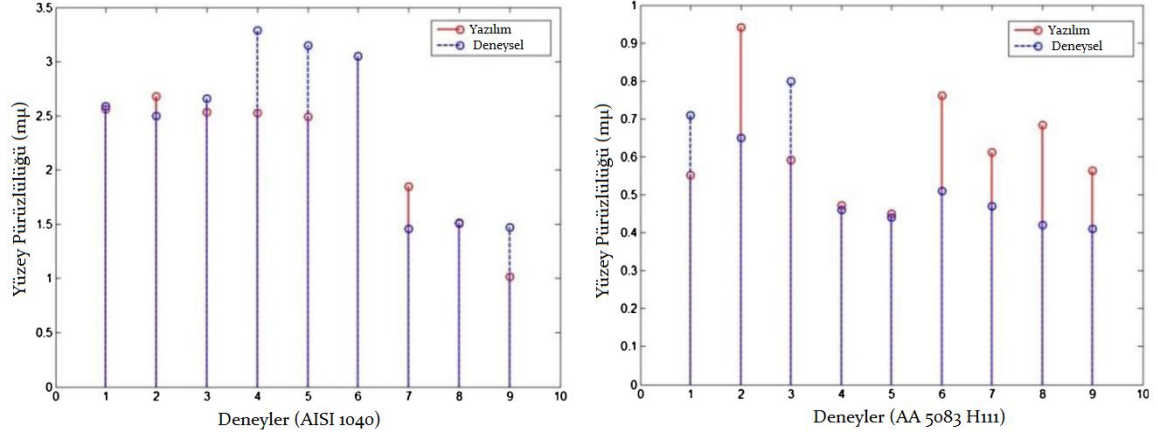
Şekil 3.1. Yüzey pürüzlülük görüntülerini işleme (Samtaş, 2014).

Yapay sinir ağları ile tahmini model oluşturmak için faydalandığı MATLAB programında, ağı eğitmek için girdi verisi olarak işlenmiş yüzey pürüzlüğü görüntülerini kullanılmıştır. Eğitim ağları için transfer fonksiyonu olarak log-sigmoid fonksiyonu seçmiş, eğitim algoritması olarak ölçeklendirilmiş eşlenik gradyan (Scaled Conjugate Gradient-SCG) algoritması kullanılmıştır. Şekil 3.2'de kullandığı yapay sinir ağı şeması görülmektedir.



Şekil 3.2. İşlenmiş görüntüler için kullanılan yapay sinir ağı şeması (Samtaş, 2014).

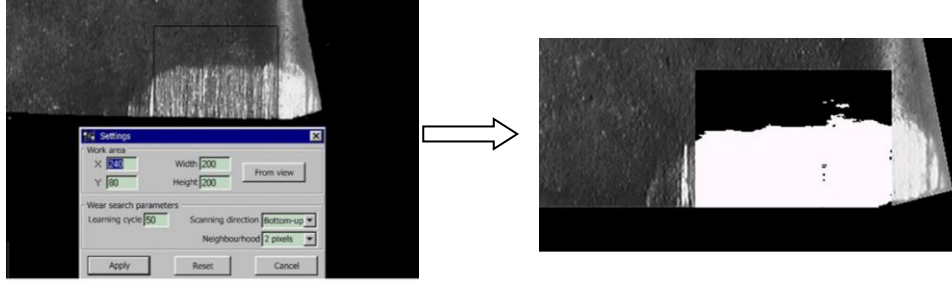
Bu şekilde yaptığı tahminlerde temaslı ölçümlerde elde ettiği sonuçlara çok yakın sonuçlara ulaşabilmiştir. Yazarın deneyde ölçtüğü sonuçlar ile yazılımın tahmin ettiği sonuçları karşılaştırmak için hazırladığı grafikler Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Deney sonuçları ile tahmin sonuçlarının karşılaştırılması (Samtaş, 2014).

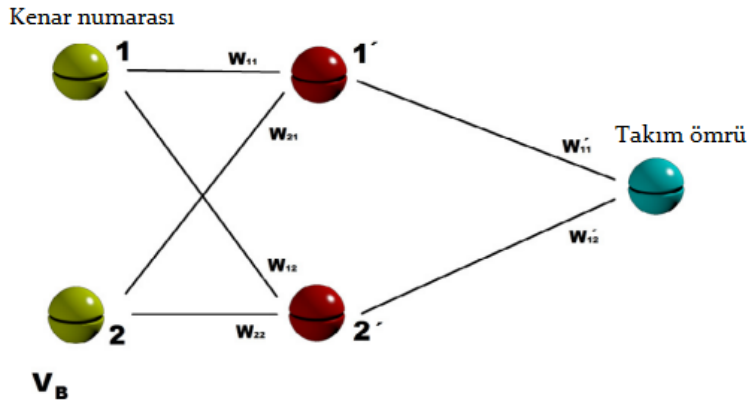
Böylece, temaslı ölçüm şartlarının yüzeye zarar verebileceği veya uç kalınlığından dolayı ince ayrıntıların okunamayacağı durumlarda, temaslı ölçüme alternatif olan temassız görüntü işleme ile bir tahmin yöntemi Samtaş'ın yaptığı bu çalışmayla başarıyla test edilmiştir (Samtaş, 2014).

Mikołajczyk ve arkadaşları da talaşlı imalatta yapay sinir ağları (YSA) ve görüntü işleme kullanarak takım ömrünü tahmin etmeye çalışmışlardır. Tornalama işlemini kullanarak yaptıkları çalışmada takım aşınmasının otomatik tahmini için iki adımlı bir yöntem geliştirmeyi amaçlamışlardır. İlk adımda, takım aşınmasının yanak aşınması (VB) parametresini, aynı sabit tornalama koşulları altında üç kesme kenarı için geleneksel yollarla ölçmüşlerdir. İkinci adımda, ilk iki kesici kenardan topladıkları verilerle bir YSA modeli belirleyip eğitmiş ve oluşturdukları modeli üçüncü kesici kenarda değerlendirmişlerdir. Şekil 10'da takım aşınmasından yola çıkarak takım ömrü tahmini yapan bu ağ modelinin görseli verilmiştir. Bunun için aynı parametreyi (VB) görüntü tanıma ve Yapay Sinir Ağlarını (YSA) birleştiren özelleştirilmiş bir yazılım paketi olan Nöral Aşınma (Neural Wear) kullanarak tahmin etmeye çalışmışlardır. Şekil 3.4'te üçüncü kenar aşınmasının görüntülerini analiz etmek için kullandıkları Nöral Aşınma yazılımı ile elde ettikleri aşınma görüntüsü verilmiştir.



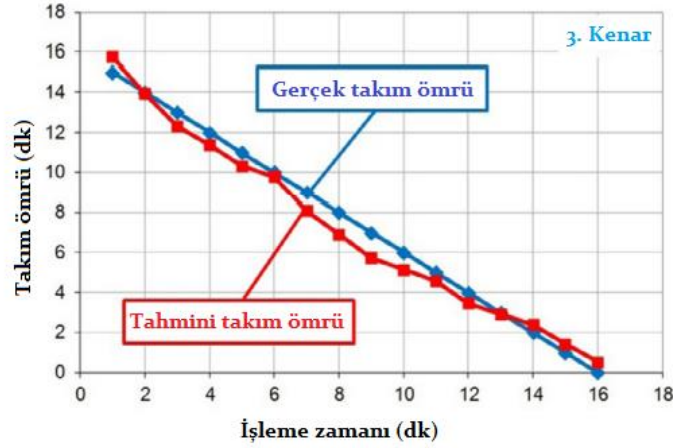
Şekil 4. Nöral Aşınma yazılımı ile üçüncü kenar aşınma görüntülerinin ölçülmesi (Mikołajczyk vd., 2018)

İlk iki kesme kenarından toplanan verilerle bir YSA takım ömrü modeli eğitip, bir sonraki modeli üçüncü kesme kenarı için iki farklı alt küme üzerinde değerlendirmişlerdir. İlk alt küme, takım aşınmasının doğrudan ölçümünden elde edilen veriler ve ikincisi ise kenar görüntülerini kullanarak takım aşınmasını tahmin eden Nöral Aşınma yazılımından elde edilen verilerdir. Şekil 5’de veri kümelerini eğitmek için araştırmacıların kullandığı YSA modeli görülmektedir.



Şekil 5. Veri kümelerini eğitmek için kullanılan YSA modeli (Mikołajczyk vd., 2018)

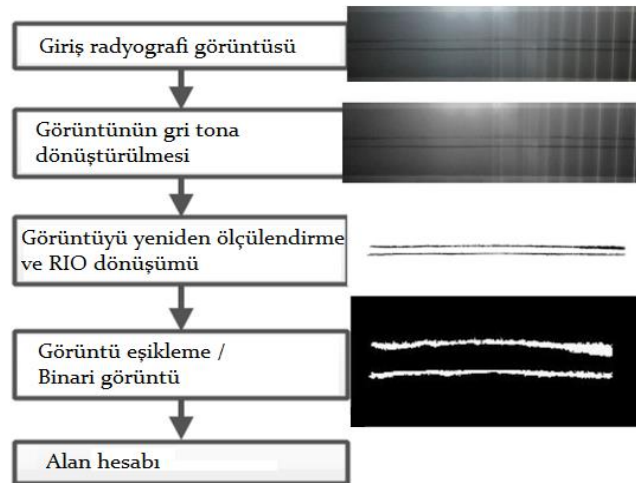
Araştırmacılar yaptıkları bu çalışmada Nöral Aşınma yazılımı ile takım ömrü tahmininin YSA modelini kullanıp yaptıkları karşılaştırmalarda doğrudan ölçümlerden biraz daha yüksek bir hata gözlemiş olsalar da, sonuçların aynı aralıkta olduğunu ve yaptıkları tahminlerin tüm endüstriyel gereksinimleri karşılayabilecek yakınlıkta olduğunu ortaya koymuşlardır. Araştırmacıların takım ömrü için deneysel sonuçlar ile YSA sonuçlarını karşılaştırdıkları grafik şekil 3.6’da verilmiştir.



Şekil3.6. Takım ömrü için deneysel sonuçlar ile YSA sonuçlarının karşılaştırılması (Mikołajczyk vd., 2018)

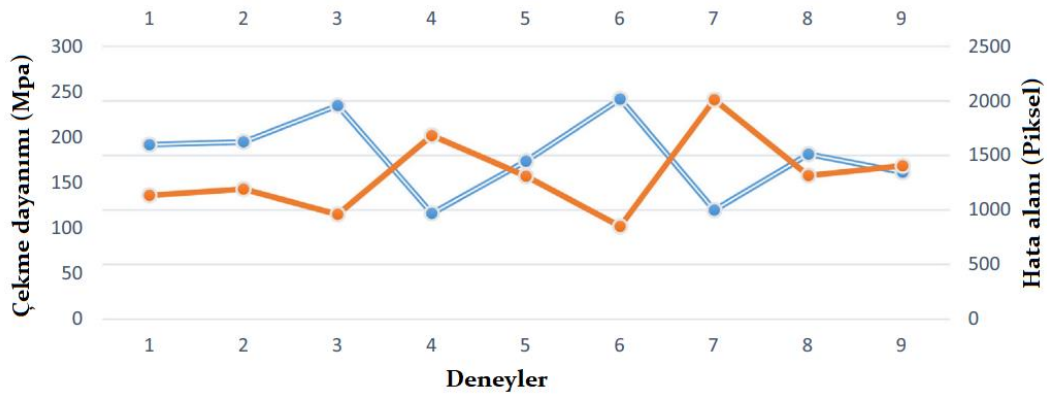
Araştırmacılar bu sonuçlar ile, görüntü tanıma yazılımı ve YSA modelleme kombinasyonunun, tornalama işlemlerinde takım ömrünün düşük maliyetli tahmini için potansiyel olarak kullanışlı bir endüstriyel araç haline getirilebileceğini doğrulamışlardır (Mikołajczyk vd., 2018).

Sudhagar ve arkadaşları sürtünme karıştırma kaynağında (SKK) kaynak kalitesini değerlendirebilmek için görüntü işleme tekniğini kullanmışlardır. Bunun için AA2024 alaşımlarının SKK ile birleştirilmesi işleminde kaynak bölgesinin X-ışını ile radyografik görüntüsünü almışlardır. Öncelikle radyografik muayeneden elde ettikleri X-ışını görüntüsünü, piksel sayısı açısından kusur alanını tahmin etmek için görüntü işleme sürecine tabi tutarak sayısal verilere dönüştürmüşlerdir. Daha sonra bu verileri kaynak bağlantısının ölçülen mekanik özellikleri ile karşılaştırmışlardır. Şekil 3.7’de araştırmacıların uyguladıkları görüntü işleme adımları verilmiştir.



Şekil 7. SKK kaynak bölgesinin radyografi görüntülerinin işlenmesi (Sudhagar vd., 2020)

Araştırmacılar dönme sayısı, ilerleme hızı, takım mesafesi olmak üzere giriş parametrelerinin kaynak kalitesine etkisini irdelemek için Taguchi deney tasarımından faydalanmışlardır. Deneylerden elde ettikleri sonuçlarda X-ışını görüntüsündeki kusur alanı ile kaynak bağlantısının çekme mukavemetinin ters orantılı olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca Taguchi yöntemine göre minimum kusur alanı ve maksimum çekme mukavemeti üreten işlem parametrelerinin 1000 dev/dk dönüş hızı, 80 mm/dk kaynak hızı ve merkez hattan 0 mm takım ofseti olduğunu gözlemişlerdir. Araştırmacıların kaynak bölgesinin çekme mukavemeti ile kusur alanlarını karşılaştırdıkları grafikler şekil 3.8’de verilmiştir.

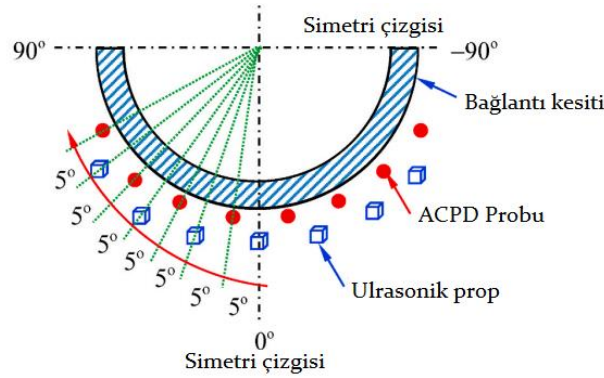


Şekil 3.8 Kaynak bölgesinin çekme mukavemeti ile kusur alanlarının karşılaştırması (Sudhagar vd., 2020)

Verilere uyguladıkları varyans analizinde kaynak bölgesinin çekme dayanımı ve hata alanı için en etkili parametrenin kaynak hızı olduğu ve bu parametreyi dönüş hızı ile takım mesafesinin takip ettiğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar yaptıkları bu analizlerde radyografik görüntü kullanılarak SKK'da kaynak bölgesinin kalite değerlendirmesi için önerdikleri yöntemin güvenilir olduğunu ve endüstrilerde uygulanabileceğini ortaya koymuşlardır (Sudhagar vd., 2020).

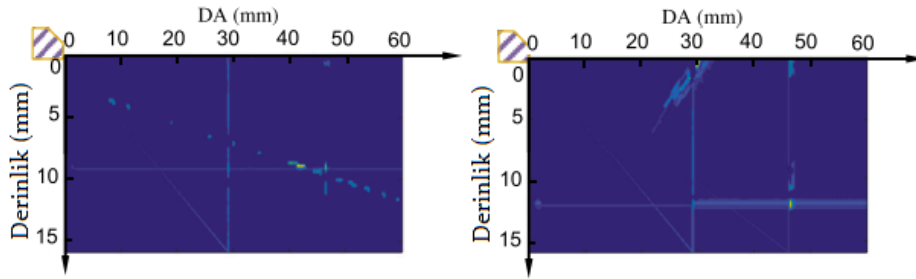
Feng ve Qian yaptıkları çalışmada kaynaklı boru bağlantılarındaki hataları tespit etmek için görüntü işleme tekniğini kullanmışlardır. Boru gibi içi boş olan dairesel yapıların (Circular Hollow Section - CHS) kaynağı ve kalite kontrolü oldukça zordur. Araştırmacılar boru bağlantılarında kaynak içindeki çatlak tespitini yapabilmek için ultrasonik muayene temeline dayanan ultrasonik faz dizisi (Ultrasonic Phase Array - UPA) tekniğini kullanmışlardır. Ayrıca bu tekniği karşılaştırmak amacıyla kaynak kalitesi kontrolü için iki farklı teknik daha uygulamışlardır. Bunlar alternatif akım potansiyel düşüşü (Alternating Current Potential Drop - ACPD), ve silikon-kopya teknikleridir.

Boruların birleştirme bölgesindeki ultrasonik ölçümü ve ACPD ölçümünü şekil 3.9'daki gibi gerçekleştirmişlerdir.



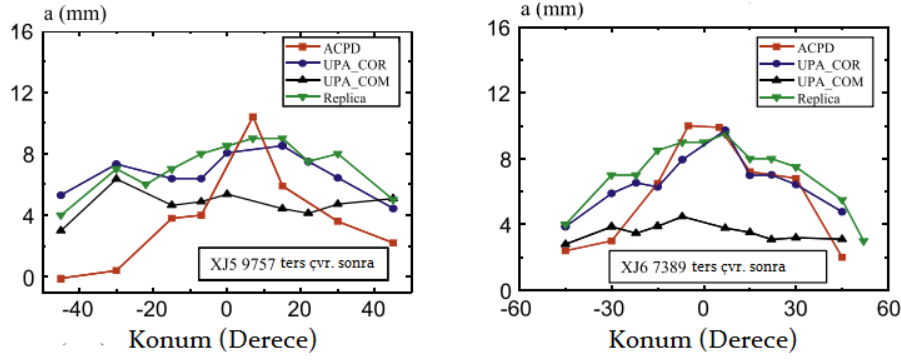
Şekil 3.9 Kaynak hattında ACPD ve ultrasonik ölçüm noktaları (Feng & Qian, 2020).

Yaptıkları çalışmada ultrasonik iletim yolu ve S-tarama ultrasonik görüntüleri üzerindeki ultrasonik prop ile çatlak yüzeyi arasındaki mesafenin neden olduğu etkiyi sayısallaştırmayı amaçlamışlardır. Şekil 3.10'da ultrasonik ölçümle elde ettikleri farklı iletim ve yansıma yolları için örnek görüntüler verilmiştir.



Şekil 3.10 Ultrasonik ölçümdeki farklı iletim ve yansıma yolları (Feng & Qian, 2020)

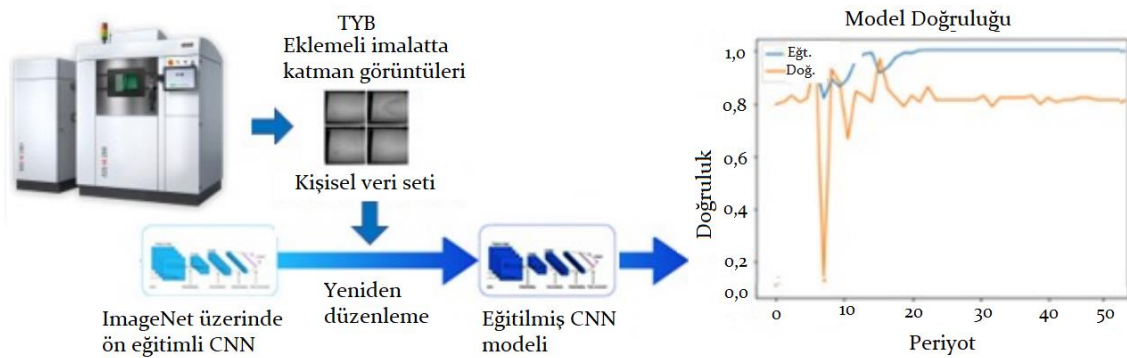
Bu kapsamda, yansıma ilkesini görüntü işleme ile birleştirerek, boru şekline sahip bağlantılardaki yorulma çatlak boyutunun doğruluğunu inceleyerek, orijinal S-tarama görüntülerinden çatlak boyutu ve yönelimindeki belirsizliği gidermeye çalışmışlardır. Yüzey çatlaklarının saptanmasında temel dalga iletim parametrelerini ve elde edilen S-tarama ultrasonik görüntülerinin bazı özelliklerini belirlemişlerdir. Bu özelliklere dayanarak, çatlakların boyutu ve yönelimindeki belirsizliği çözmek için yeni bir düzeltilmiş algoritma ve ölçüm şeması oluşturmuşlardır. Şekil 3.11'de ACPD, UPA ve silikon kopya ile nihai çatlak profili için hazırladıkları karşılaştırma grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.11 ACPD, UPA ve silikon kopya ile nihai çatlak profillerinin karşılaştırılması (Feng & Qian, 2020)

Araştırmacılar UPA sonuçları üzerinden hesapladıkları görüntü işleme verilerini, ACPD ölçümü ve silikon kopya kullanarak ölçtükleri çatlak boyutu verileri ile karşılaştırdıklarında, CHS kaynak bölgesindeki yüzey çatlaklarının boyutlandırılması için geliştirdikleri bu modelin başarılı olduğunu ortaya koymuşlardır (Feng & Qian, 2020).

Duman ve Özsoy yaptıkları çalışmada toz yatak füzyon birleştirme (TYB) tekniği ile eklemeli imalatta kusur tespiti için görüntü işleme tekniği kullanarak derin öğrenme tabanlı bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Kusurları algılama ve sınıflandırma işlemini evrimsel sinir ağları (Convolutional Neural Networks-CNN) modeli kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Şekil 3.12’de araştırmacıların transfer öğrenimi kullanılarak kusur tespit modeli için hazırladıkları şema verilmiştir.

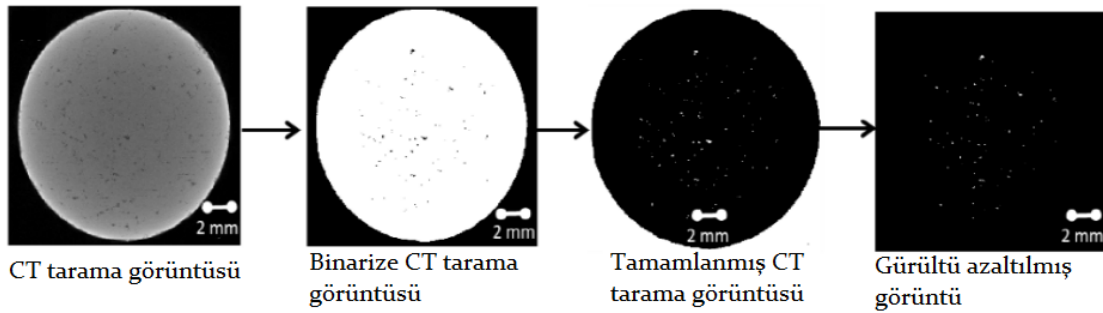


Şekil 3.12 TYB eklemeli imalatta transfer öğrenimi kullanılarak kusur tespiti (Duman1 & Özsoy, 2022)

TYB eklemeli imalat yönteminde, çok fazla imalat görüntüsü almak yüksek maliyete sebep olduğundan dolayı, sınırlı sayıdaki görüntü verileri ile kusur tespiti yapabilmek için derin öğrenme yöntemlerinden öğrenme aktarımı kullanarak yeterli doğruluk oranı elde edebilmişlerdir. Parça imalatı sürecinde elde ettikleri görüntülerden oluşan veri setini, VGG16, DenseNet ve InceptionV3 olmak üzere üç farklı ön öğrenmeli

modelin eğitim ve testi için kullanmışlardır. Derin öğrenmede iki veya daha fazla sınıflandırma modeli kullanıldığında, bu modellerin performansları çeşitli tekniklerle ölçülür ve performansı en yüksek model, veri kümesindeki problemi çözmek için kullanılır. Araştırmacılar uyguladıkları 3 sınıflandırma modelinin performansını ölçmede ROC (Receiver Operating Characteristic) eğrisini kullanmışlardır. İşledikleri görüntülerden, imalat katmanında kusurun olup olmasına göre yaptıkları sınıflandırmada InceptionV3 modelinden %64, DenseNet modelinden %74 ve VGG-16 modelinden ise %88.3 doğruluk oranı ile en yüksek performans elde etmişlerdir. Bu şekilde derin öğrenme yönteminden faydalananarak uyguladıkları yeni model ile, YTB tekniğiyle eklemeli imalat sürecindeki kusur tespitini gerçekleştirebilmişlerdir (Duman1 & Özsoy, 2022).

Imani ve arkadaşları da eklemeli imalat işleminde ürünün gözenekliliği analiz etmek için görüntü işleme tekniğinden faydalanmışlardır. Yaptıkları çalışmada toz yataklı lazer ergitme makinesi kullanarak farklı tarama mesafesi, hız ve lazer gücü değerlerinin ürettikleri ürünün gözenekliliğine etkisini analiz etmişlerdir. Bunun için 10 mm çap x 25 mm yüksekliğinde titanyum alaşımı (Ti-6Al-4V) numunelerini üretirken, bu farklı parametrelerin gözenek sayısı, büyüklüğü ve yeri üzerindeki etkisini X-ışını bilgisayarlı tomografi (XCT) görüntüleri kullanarak, görüntü işleme yöntemi ile tespit etmeye çalışmışlardır. Şekil 3.13'te araştırmacıların çektikleri XCT görüntüleri verilmiştir.

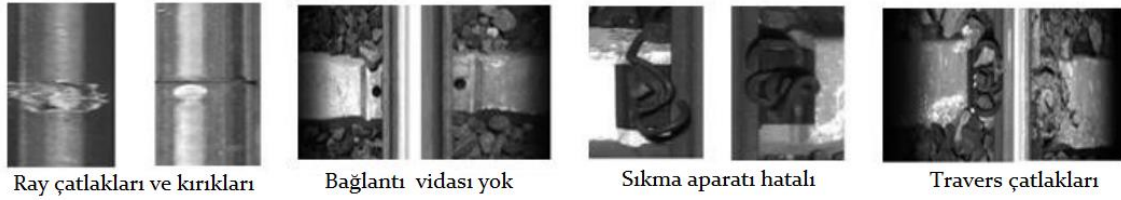


Şekil 3.13 X-ışını bilgisayarlı tomografi (XCT) görüntüleri ile görüntü işleme yöntemi (Imani vd., 2018)

Araştırmacılar çalışmalarında XCT görüntülerinin yanı sıra, DSLR (Digital Single-Lens Reflex) kamera ile katman katman anlık imalat sürecinin görüntülerini almış ve erken aşama proses sapmalarını engellemek için spektral grafik teorisine dayanan yöntemler geliştirmişlerdir (Imani vd., 2018).

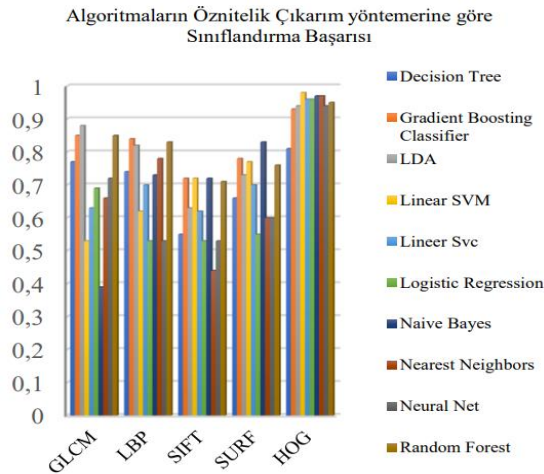
Özdemir ve Kaya ray bileşenlerindeki hataların görüntü işleme tekniğiyle tespitini amaçlayan bir çalışma yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada demiryolu bileşenlerinde oluşan

hataların erken tespitini yaparak, bu hataların hızlı ve etkin bir şekilde ortadan kaldırılması ve bu hatalardan dolayı oluşabilecek kazaların ve kayıpların önüne geçilmesini amaçlamışlardır. Bu kapsamda ray bağlantı noktasında vidası olmayan, sıkma aparatı dönmüş veya çıkmış olan, ray çatlakları ve travers çatlakları bulunan görüntülerden oluşan 4 farklı bileşenden 7 farklı problem tespit etmişlerdir. Araştırmacıların tespit ettiği demir yollarındaki bu hatalara ait örnek görüntüler Şekil 3.14'teki gibidir.



Şekil 3.14 Demir yollarındaki hatalara ait örnek görüntüler (Özdemir & Kaya, 2022)

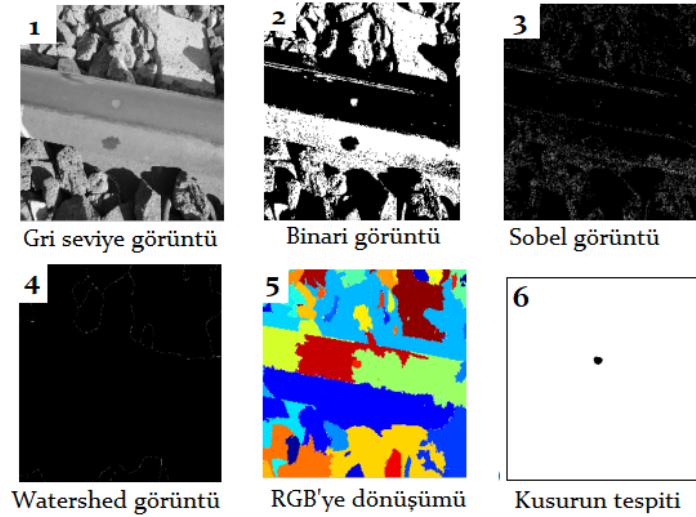
Elde ettikleri görüntülerden öncelikle SIFT (Scale-Invariant Feature Transform), SURF (Speeded-Up Robust Features), GLCM (Gray Level Co-Occurrence Matrix), LBP (Local Binary Pattern) ve HOG (Histogram of Oriented Gradients) olmak üzere 5 farklı özellik belirleme yöntemi kullanarak sınıflandırma için gerekli verileri toplamışlardır. Daha sonra elde ettikleri bu verileri kullanarak DT (Decision Tree), GBC (Gradient Boosting Classifier), LDA (Linear Discriminant Analysis), SVM (support Vector Machines), SVC (Support-Vector Clustering), LR (Logistic Regression), NB (Naive Bayes), Knn (Nearest Neighbors), NN (Neural Net) ve RF (Random Forest) gibi 10 farklı makine öğrenmesi yöntemi ile sınıflandırma işlemlerini gerçekleştirmişlerdir. Şekil 3.15'te araştırmacıların sınıflandırma algoritmalarının başarısını karşılaştırdıkları grafik görülmektedir.



Şekil 3.15 Sınıflandırma algoritmalarının başarısı (Özdemir & Kaya, 2022)

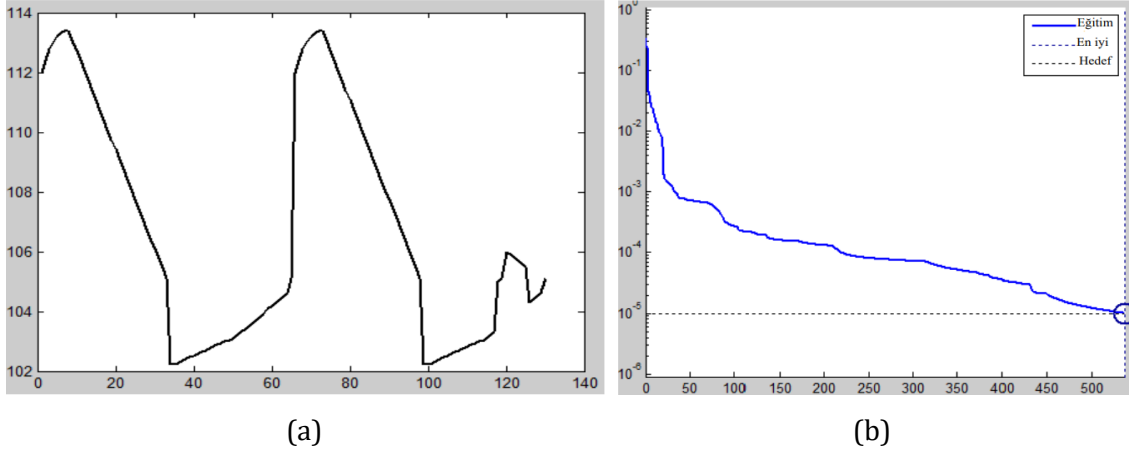
Özellik belirleme yöntemlerinden HOG yöntemini SVM sınıflandırma yöntemi ile birlikte kullandıklarında, bu tekniğin % 98 oranında başarılı olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar görüntü işleme tekniği için uyguladıkları bu algoritmayı kullanarak demiryollarındaki ray, bağlantı noktaları, travers gibi bileşenlerde oluşan, kusurların tespitini başarıyla gerçekleştirmişlerdir (Özdemir & Kaya, 2022).

Karaduman ve arkadaşları da yaptığı çalışmada ray profillerinin ölçümünde görüntü işleme tekniğini kullanmışlardır. Bunun için görüntü işleme tabanlı ray profil ölçüm algoritması geliştirmişlerdir. Ray profillerini hem lazer teknolojileriyle ölçmüş hem de çektikleri ray görüntülerini kullanarak temassız olarak hataları tespit etmeye çalışmışlardır. Bu kapsamda yaptıkları çalışmada raydan aldıkları kamera görüntüsünü ve lazer teknolojilerini kullanarak elde ettikleri ray mesafesi ve açı verileri ile bir algoritma geliştirmişlerdir. Bu algoritma ile bir CCD (Charged Coupled Device) kameradan aldıkları ray görüntülerini işleyerek arızalı bölgeyi tespit etmeyi amaçlamışlardır. Şekil 3.16'da araştırmacıların raylardan aldıkları görüntüleri işleme aşamaları verilmiştir.



Şekil 3.16 Görüntü işleme aşamaları (Karaduman vd., 2012)

İşlenmiş görüntüden tespit etikleri arızalı bölgenin çevresel etkilerden kaynaklanabilecek gürültülerden etkilenme ihtimaline karşı, lazer teknolojisi kullanarak ray mesafelerini ölçüp YSA'da kullanmış ve böylece algoritmanın güvenilirliği arttırmışlardır. Araştırmacılar sağlam bir rayın ve arızalı bir rayın verilerini birleştirilerek 130 mesafe verisini ve 130 açı verisini yapay sinir ağında giriş olarak kullanmışlardır. Bu verilerle yapay sinir ağını eğitmişlerdir. Şekil 3.17 (a)'da lazer metre ile sağlam bir ray ve arızalı bir raydan elde ettikleri mesafe verileri, şekil 3.17 (b)'de bu verileri kullanarak elde ettikleri yapay sinir ağının eğitim performansı görülmektedir.



Şekil 3.17 Verilerin işlenmesi: a) Lazer metre ile mesafe ölçümü, b) Yapay sinir ağının eğitim performansı (Karaduman vd., 2012)

Araştırmacılar geliştirdikleri algorithmada temassız bir yöntem kullandıkları için, bu yöntem raya herhangi bir zarar vermemektedir. Yaptıkları bu çalışmayla ray profil ölçümü konusunda güvenilir, yüksek hızda çalışabilen ve temassız bir teknik geliştirmeyi başarmışlardır (Karaduman vd., 2012).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada tahribatsız muayene yöntemleriyle elde edilen görüntülerin görüntü işleme tekniğiyle değerlendirmesi üzerine yapılan çalışmalar incelenmiştir. Konunun daha iyi anlaşılabilmesi için önce tahribatsız muayene ve görüntü işleme kavramlarının iyi bilinmesi gerekir. Endüstride yaygın olarak kullanılan tahribatsız muayene (Non Destructive Testing - NDT), malzemenin dış yüzeyindeki veya iç yapısındaki süreksizlikleri tespit etmek amacıyla malzemeye zarar vermeden gerçekleştirilir. Görüntü işleme süreci ise; ön işlemler (özellik çıkarımı) ve yapay sinir ağı (YSA) olmak üzere iki kısımda incelenebilir. Ön işlem ile sayısal olarak ifade edilen görüntü, yapay sinir ağının giriş katmanına uygun giriş değerlerine dönüştürülür. Vektör haline getirilen bu ön işlem çıktı verileri YSA'nın giriş katmanında giriş değerleri olarak kullanılır. YSA ile bu giriş verileri için hesaplanan ağırlıklar ve kullanılan aktivasyon fonksiyonlarına bağlı olarak çıktı değerleri elde edilir.

Bir ürünün imalat sürecinde ya da periyodik bakım sürecinde uygulanan tahribatsız muayene yöntemlerinde kamera, mikroskop, radyoskop gibi araçlarla elde edilen görüntülerin işlenmesi ve elde edilen bu bilgiler ışığında çeşitli algoritmalar geliştirilerek üretim süreci ya da ürünle ilgili çeşitli tahminlerin yapılması mümkündür. Farklı imalat süreçleri için ya da kullanım durumunda olan herhangi bir ürünün periyodik bakımı için yapılan farklı tahribatsız muayene çeşitlerinde görüntü alma ile ilgili kısıtlar ve

imkanlar da farklıdır. Bu çalışmada incelenen araştırmalarda talaşlı imalat, eklemeli imalat, kaynakla birleştirme gibi farklı imalat süreçleri ve ray konstrüksiyonlarının kontrolü için farklı tahribatsız muayene çeşitleri uygulanmıştır. Görsel muayene, ultrasonik muayene, radyografik muayene olarak sıralanabilecek bu tahribatsız muayenelerden elde edilen görüntüler, görüntü işleme tekniği ile analiz edilmiştir. Her ne kadar süreçler ve süreçlerin sunduğu imkanlar farklı olsa da görüntü işleme tekniğinin temel mantığı tüm çalışmalarda uygulanmıştır. Öncelikle veri toplulukları sayısallaştırılmış ve özellikleri belirlenmiştir (özellik çıkarımı). Sonra sürece en uygun yöntem seçilerek sınıflandırmalar yapılmıştır. Sınıflandırmayla elde edilen kümeler kullanılarak çeşitli yapay zekâ modelleriyle çıktılar tahmin edilmiştir. Bu şekilde yapay zekâ modelleriyle, deneysel süreçlerden daha az zaman ve maliyet harcayarak doğruya yakın tahminler gerçekleştirilmiştir. Yapılan araştırmalarda veri setinin genişletilmesi, kullanılan algoritmaların çeşitli yöntemlerle optimize edilmesi ve farklı alanlarda geliştirilen yeni algoritmaların incelenen alanlarda uygulanması gibi işlemlerin, alınan sonuçların güvenilirliğini ve doğruluğunu artırabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Akman, A.B., (2018). Raylı Sistem Araçları İmalatında Kullanılan 6061 ve 5083 Alaşımlarının TIG ve MIG Kaynaklarının Tahribatlı ve Tahribatsız Muayene Yöntemleriyle Karşılaştırılması. [Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji Eğitimi Anabilim Dalı].
- Da Silva, E.A.B., & Mendonça, G.V., (2005). The Electrical Engineering Handbook, Pages 891-910, Academic Press.
- Duman, B., & Özsoy, K. (2022). Toz yatak füzyon birleştirme eklemeli imalatta kusur tespiti için öğrenme aktarımı kullanan derin öğrenme tabanlı bir yaklaşım. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 37:1, Sayfa: 361-375.
- Dwivedia, S. K., Vishwakarmab, M., & Sonic, A. (2018). Advances and Researches on Non Destructive Testing: A Review. Materials Today: Proceedings, 5, 3690-3698.
- Feng, L., & Qian, X. (2020). Enhanced sizing for surface cracks in welded tubular joints using ultrasonic phased array and image processing. NDT and E International, 116 -102334.
- Gonzales, R.C., Woods, R.E., (2018). Digital Image Processing, Pearson Education, NewYork.
- Gönül, E. (2020). Kaynaklı İmalatta Tahribatsız Muayene Metotları. TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Kaynak Eğitim ve Muayene Merkezi (KEMM), Eğitim Notları.
- Groover, M. P. (2021). Modern İmalatın Prensipleri (4. Baskı). (Çeviri: Yurdakul, M., & İç, Y. T.) Nobel Yayınevi.
- Hellier, C. J. (2013). Handbook of nondestructive evaluation. McGraw-Hill Education.
- Imani, F., Gaikwad, A., Montazeri, M., Rao, P., Yang, H., & Reutzel, E. (2018). Layerwise In-Process Quality Monitoring In Laser Powder Bed Fusion. 13th International Manufacturing Science and Engineering Conference (MSEC2018), TX, USA.
- Kara, O., Erdal, H., & Çelik, H., H., (2017). Bazı Tahribatsız Test Yöntemleri: Karşılaştırmalı Bir Derleme Çalışması, Marmara Fen Bilimleri Dergisi, 3: 82-93, DOI:10.7240/marufbd.326674.
- Karadeniz Teknik Üniversitesi (2007). Tahribatsız Muayene Laboratuvarı Ders Notları. https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/14_03_00_aca05.pdf Alınma tarihi: 15/06/2022.
- Karaduman, G., Karaköse, M. & Akın, E. (2012). Görüntü İşleme Tabanlı Ray Profili Ölçüm Algoritması. Otomatik Kontrol Türk Milli Komitesi 2012 Ulusal Toplantısı (TOK 2012) Sayfa: 790-795, 11-13 Ekim 2012, Niğde.
- Küçük, İ. & Eken, T. Y. (2017). Malzeme Proses Laboratuvarı Tahribatsız Muayene Deney Föyü. Bursa Teknik Üniversitesi Doğa Bilimleri, Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi.
- Mikołajczyk, T., Nowicki, K., Bustillo, A., & Pimenov, D. Y. (2018). Predicting tool life in turning operations using neural networks and image processing. Mechanical Systems and Signal Processing, 104, 503-513.
- Moore, P.O. & Tracy, N.A., (1999). Nondestructive Testing Handbook, Liquid Penetrant Testing (PT), (3rd ed.). Volume 2, ASNT.
- Özdemir, C. & Kaya, Y. (2021). Ray Bileşenlerinde Meydana Gelen Arızaların Görüntü İşleme Teknikleri ile Tespit Edilmesi. Bilişim Teknolojileri Dergisi, Cilt: 14, Sayı: 1.
- Rajendran, V., (2009)., Engineering Physics 6.2. McGraw Hill Education.
- Samtaş, G. (2014). Measurement and evaluation of surface roughness based on optic system using image processing and artificial neural network. Int. J. Adv. Manuf. Technol., 73:353-364. Doi: 10.1007/s00170-014-5828-1.

- Shull, P.J. (2001). Nondestructive evaluation theory, techniques and applications. The Pennsylvania State University.
- Sudhagar, S., Sakthivel, M., & Daniel, S. A. A. (2020). Application of image processing to radiographic image for quantitative assessment of friction stir welding quality of aluminium 2024 alloy. Measurement 152, 107294.
- T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, (2011). Metal Teknolojisi: Tahribatsız Muayene Eğitim Notları. 521MMI206, Ankara.
- T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, (2019). Uçak Bakım-Tahribatsız Muayene Eğitim Dokümanı, Ankara.
- Tapia, G., & Elwany, A. (2014). A Review on Process Monitoring and Control in Metal-Based Additive Manufacturing. Journal of Manufacturing Science and Engineering, Vol. 136, p. 060801-10.
- Topuz, A. (1993). Tahribatsız Muayeneler, YTÜ Yayınları, İstanbul.
- Trappenberg, T. P. (2010). Fundamentals of Computational Neuroscience (2nd ed.). Oxford University Press.
- Türk Standartları Enstitüsü, Standart Arama. <https://intweb.tse.org.tr/standard/standard/StandardAra.aspx> , Alınma tarihi: 05 Mart 2022.
- Türker, M., Güven, E. A., & Ertürk, A. T. (2011). Ultrasonik Yöntem ile Tahribatsız Malzeme Muayenesi. Kocaeli Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, Metal Dünyası - Malzeme, Metalurji, Otomasyon ve Üretim Teknolojisi, Teknik yazı, Sayı: 222, Sayfa: 108.
- Url 1: <https://dokumhane.net/wp-content/uploads/2019/04/Tahribats%C4%B1z-Muayene-Yo%CC%88ntemleri.pdf> . Alınma tarihi: 15/06/2022.

YAPAY ZEKA UYGULAMALARINDA GÜNCEL KONULAR VE ARAŞTIRMALAR-2

Editör
Öğr. Gör. Volkan ÇAVUŞ