

Enerji Sektörünün Dijital Dönüşümünde Yapay Zekâ

Aslı Göde¹

Ahmet Doğan²

Hakan Özköse³

Özet

Enerji sektörü, dijital dönüşümünün merkezinde bulunan ve giderek artan bir öneme sahip olan yapay zekâ teknolojileri sayesinde büyük bir değişim süreci geçirmektedir. Bu dönüşüm, enerji üretimi, dağıtımı ve yönetimi gibi anahtar işlevlerde radikal gelişmelere yol açmaktadır. Enerji sektöründe yapay zekânın kullanımı, veri analizi, enerji talebi tahmini, enerji verimliliği iyileştirmesi ve altyapı yönetimi gibi kritik alanlarda önemli bir rol oynamaktadır. Makine öğrenmesi, derin öğrenme, yapay sinir ağları, uzman sistemler, genetik algoritmalar ve bulanık mantık gibi yapay zekâ yöntemleri, enerji sektöründe yüksek veri yoğunluğuna sahip bir ortamda enerji verimliliğini artırmak, enerji tüketimini optimize etmek ve altyapıyı daha iyi yönetmek amacıyla kullanılmaktadır. Ancak, enerji sektörünün dijital dönüşümü bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu zorluklar arasında güvenlik endişeleri, büyük veri yönetimi karmaşıklığı ve mevcut altyapının uyumsuzluğu gibi engeller bulunmaktadır. Bu engeller, yapay zekâ teknolojilerinin etkili bir şekilde uygulanmasını zorlaştırabilir. Bu nedenle, bu zorlukların üstesinden gelmek ve daha sürdürülebilir, verimli ve güvenli bir enerji geleceği inşa etmek oldukça önemlidir. Enerji sektörünün dijital dönüşümü, yapay zekânın rehberliğinde hızla ilerlemektedir ve bu teknolojilerin etkisi gelecekte daha da artacaktır. Bu süreç, enerji sektörünün daha verimli, sürdürülebilir ve güvenli

- 1 Arş. Gör., Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bucak Zeliha Tolunay Uygulamalı Teknoloji ve İşletmecilik Yüksekokulu, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, agode@mehmetakif.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-7785-6200
- 2 Doç. Dr., Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, ahmetdogan@osmaniye.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-7116-3558
- 3 Doç. Dr., Bartın Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, hozkose@bartin.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-4628-3056

bir şekilde enerji üretimini ve yönetimini sürdürmesine yardımcı olacaktır. Bu çalışma, yeni teknolojilerin özellikle yapay zekanın enerji sektöründeki dijital dönüşümü nasıl etkilediğini incelemek amacıyla hazırlanmıştır. Bu çerçevede, ilk olarak yapay zekanın tanımı, tarihçesi, kapsamı ve temel prensipleri gibi konular ele alınmıştır. Daha sonra, enerji sektörünün dijital dönüşüm sürecine, bu dönüşümün engellerine ve yapay zekanın enerji sektöründeki dijital dönüşümdeki rolüne odaklanılmıştır. Son bölümde ise çalışmanın sonuçları ve genel değerlendirmeler sunulmuştur.

1. Giriş

1760'lı yıllarda ortaya çıkan sanayi devrimi, yeni buluşların üretim üzerindeki etkileri ve o günden itibaren dünyada başlayan köklü dönüşümlerle yeni bir dönemin başlangıcı oldu (Doğan ve Kavak, 2023). Dördüncü Sanayi Devrimi'nin eşlik ettiği dijitalleşme dalgası, cinsiyet, ırk, yaş ve milliyetten bağımsız olarak bireyleri ve kuruluşları önemli ölçüde etkiledi. Dijital teknolojiye yapılan yatırımların ve uygulamaların ekonomik büyümeye de önemli ölçüde destek sağlayabileceği yaygın bir görüş olarak kabul edilmektedir. Dijital teknolojilerin aynı zamanda, ekonomik dayanıklılığı artırabileceği de savunulmaktadır. COVID-19 salgını sürecinde yaşanan gelişmeler bu görüşleri desteklemektedir (Wei vd., 2023). Dijitalleşme, işletmelerin rekabet etmesinde ve geleceğe yönelik proje yatırımlarında önemli bir yer tutmaktadır. Dijitalleşmenin altındaki teknolojiler siber güvenlik, bulut bilişim, artırılmış gerçeklik, yapay zekâ, büyük veri, nesnelerin interneti ve blockchain gibi teknolojiler olarak sıralanabilir. Dijitalleşme kavramı bu teknolojilerin işletmeler tarafından kullanılması iken dijital dönüşüm bu teknolojiler iş süreçlerine entegre edilmesidir. Literatürde "Artificial Intelligence" olarak adlandırılan yapay zekâ kavramı her insanda ister istemez bir ilgi uyandırmaktadır. Bunun temel sebebi insanların cansız varlıkları eğitime ve harekete geçirme isteğinden kaynaklanır. Bazı insanlara göre yapay zekâ insan hayatını büyük ölçüde kolaylaştıran geleceğin teknolojisi iken diğer insanlara göre insanlığın sonunu getirecek olan teknoloji olarak görülmektedir. Bu durum yapay zekânın insan zekasının önüne geçebilme potansiyelinden ve endişesinden kaynaklanmaktadır. Yapay zekâ teknolojisi günümüzde neredeyse tüm disiplinlerde ve sektörlerde yerini almaktadır. Enerji sektörü de bu sektörlerin başında gelmektedir. Enerji sektörünün dijitalleşmesine yapay zekâ teknolojisi eklendiği zaman enerji sektöründe bulunan işletmeler, endüstriler ve ülkeler açısından maliyet ve zaman konusunda büyük ölçüde tasarruf sağlanabilmektedir. Ayrıca verimlilik artışı, hataların en aza indirgenmesi veya ortadan kaldırılması, üretim hızının artması ve refahın artması gibi faydalar sağlamaktadır.

Çalışmanın yer aldığı kitabın muhtevası göz önüne alındığında, yönetim bilişim sistemleri ile dijital dönüşüm ve enerji sektörü ilişkisine kısaca değinmemin faydalı olacağını düşünmekteyiz. Yönetim bilişim sistemleri birçok alanla etkileşim içerisinde yer alan multidisipliner bir yapıya sahiptir. Gökçen (2011), yönetim bilişim sistemlerini organizasyonun yönetiminde kullanılan, bilginin işlenmesini ve iletişimini sağlayan bir sistem olarak tanımlamıştır. Doğal olarak iş süreçlerinin tasarımının her evresinde yönetim bilişim sistemlerinin kullanılabilmesi öngörülmektedir. Teknolojik yeniliklere uyum sağlamak isteyen kurumlar veya kuruluşlar yönetim bilişim sistemlerini daha etkin kullanabilmek için dijital dönüşümden yararlanmaya başlamışlardır. Assay (2021) dijital dönüşümü, bir sürecin daha verimli veya etkili hale getirilmesi için dijital teknolojilerin kullanılması olarak tanımlamıştır. Bu kapsamda bakıldığında dijital dönüşümün birçok farklı alanda verimliliği ve etkinliği arttırmak için kullanılabilmesi görülmektedir. Yönetim bilişim sistemleri ve dijital dönüşümün, enerji (Chang ve Lin, 2015; Yew vd., 2022), sağlık (Aghaji vd., 2021; Mwinnyaa vd., 2021), çiftlik (Poppe vd., 2023; Schwering vd., 2022), eğitim (Boz ve Şimşek, 2022; Martins vd., 2019) gibi birçok alanda süreç performanslarını arttırmak için kullanıldığı bilinmektedir. Bu çalışma kapsamında da enerji sektörü ile ilgili bir projeksiyon sunulmaktadır.

Bu bölüm yeni teknolojilerin özellikle bu teknolojilerin içinde bulunan yapay zekânın enerji sektöründeki dijital dönüşümü nasıl etkilediğini incelemek amacıyla yazılmıştır. Çalışma aşağıdaki şekliyle yapılandırılmıştır. Çalışmanın ilk kısımlarında, yapay zekâ, yapay zekânın tarihçesi, yapay zekânın kapsamı ve temelleri, yapay zekâ teknikleri ile ilgili konulara değinilmektedir. Sonraki kısımda, enerji sektörünün dijital dönüşümüne, enerji sektörünün dijitalleşmesinde karşılaşılan engellere, enerji sektörünün dijital dönüşümünde yapay zekânın rolüne yer verilmiştir. Son kısım ise sonuç ve değerlendirmeleri içermektedir.

2. Yapay Zekâ

Yapay zekâ, insana özgü olan düşünme, genelleme yapabilme, öğrenme ve tecrübelerle edindiği bilgiyi kullanarak problem çözebilme gibi becerileri bilgisayar veya makinelerle kazandırmaktır (Yılmaz, 2022). Nilsson'a göre yapay zekâ, makineleri zeki duruma getirmek için yapılan faaliyetlerdir. (Nilsson, 2009). Pirim'e göre yapay zekâ zeki bilgisayar programları ve zeki makineler yapma bilimi veya mühendisliğidir (Pirim, 2006). Köroğlu'na göre yapay zekâ insan eli ile yapılmış doğru bir çözüm yolu çıkararak, keşfeden, öğrenen ve algoritma üretebilen sistemlerdir (Köroğlu, 2017). Ginsberg'e göre yapay zekâ, zeki bir makine inşa etmeye girişmektir (Ginsberg, 1993).

Görüldüğü üzere her tanım doğru olup yapay zekânın birçok şekilde tanımı yapılmaktadır. Toplumda sıklıkla akıl ve zekâ kavramı birbiri yerine kullanılmaktadır. Oysaki akıl anlama, kavrama, idrak etme ve düşünme kapasitesidir. Zekâ ise insanın akıl yürütme, gerçekleri algılama, düşünme, yargılama, kavrama ve sonuç çıkarma becerilerinin tümüdür.

2.1. Yapay Zekânın Tarihçesi

Yapay zekâ teknolojisi günümüzde çok popüler olmakla birlikte neredeyse tüm disiplinlerde yer alır. Yapay zekânın mantığı çok eski zamanlara dayanır. Antik Yunanlar döneminde robotlarla ilgili fikirler olduğu görülmektedir. Antik Yunanlar döneminde rüzgâra hükmettiği söylenen Daedalus, yapay insan oluşturma çabasıyla bu fikre örnek olarak verilebilir (Yılmaz, 2022). Modern yapay zekâ ise Alan Mathison Turing'in 1943'te "Makineler Düşünebilir mi?" sorusunu ortaya çıkararak bir dönüm noktası yaratmasıyla başlamıştır (Zhang, 2022). 1943'te Walter Pitts ve Warren McCulloch öğrenebilen nöral ağları açıkladıkları "Sinir Aktivitesinde Önemli Olan Fikirlerin Mantıksal Hesabı" isimli makalesi yayınlandı. 1950'de Isaac Asimov, büyük etkiler yaratan "Ben, Robot" adlı bilim kurgu romanını yayınladı. 1951'de Manchester Üniversitesi'nin Ferranti Mark I makinesini kullanan Christopher Strachey bir dama programı, Dietrich Prinz ise bir satranç programı yazdı. John McCarthy, 1956'daki Dartmouth Konferansı için 1955 yılında isim babası olduğu yapay zekâ terimini ortaya atmıştır. 1956'da matematik problemlerini çözebilen Logic Theorist adlı program Newell, Shaw ve Simon tarafından ortaya konuldu. 1962'de ilk endüstriyel robot şirketi olan Unimation kuruldu. 1974'te internet terimini Cerf ve Kahn tarafından ilk kez kullanıldı. 1979'da Standfor arabası başarı ile tespit edildi. 1981'de IBM ilk kişisel bilgisayarını üretmiştir. 1993'te MIT (Massachusetts Teknoloji Enstitüsü)'de insan görünümlü robot olan Cog'un üretimine başlandı. 1997'de Deep Blue isimli süper bilgisayar dünya satranç şampiyonunu yenmiştir. 2000'de jest ve mimik hareketleri yapabilen Kısmet isimli robot tanıtılmıştır. 2005'te yapay zekaya sahip Asimo isimli robot tanıtılmıştır (Yılmaz, 2022). 2011'de Apple sesle komutları yerine getirebilen Siri'yi tanıtmıştır. 2012'de Google sürücüsüz araçları trafikte denemiştir. 2016'da Google'ın AlphaGo'su dünyanın başarılı Go oyuncularından birini mağlup etmiştir. 2021'de OpenAI tarafından yazıyla izah edilen resimleri yaratabilme yeteneği olan DALL-E isimli çalışma yayınlanmıştır (New Scientist, 2017).

2.2. Yapay Zekânın Kapsamı ve Temelleri

Uzman Sistemler

Uzman bir kişinin çözebileceği problemleri çözen ve bilgisayar programları geliştiren teknolojidir. Uzman bir kişinin bilgi ve tecrübesinden faydalanırlar. Uzman sistemlerde bir problemin çözümünden sonra elde edilen bilgi depolanarak daha sonra farklı bir problemin çözümünde kullanılır (Öztürk ve Şahin, 2018).

Robotik

Uzay mühendisliği, makine mühendisliği, bilgisayar mühendisliği, uçak mühendisliği ve elektronik mühendisliği alanlarının ortak çalışması ile ortaya çıkan bilim dalına Robotik denilmektedir. Yapay zekâ, duyuşsal ve algısal sistemlerle birleşerek robotik bilim dalını ortaya çıkarmaktadır. Robotlar bir yazılım vasıtasıyla yönetilen ve faydalı bir amaç için iş ve değer üreten karmaşık makinelerdir (Pirim, 2006).

Doğal Dil İşleme

Dil, sembollerin bir araya getirildiği, bilgi iletmek veya bilgiyi yayınlamak için kullanıldığı bir dizi kural veya sembol dizisi olarak tanımlanabilir. Tüm kullanıcılar makineye özgü dil konusunda çok bilgili olmayabileceğinden, Doğal Dil İşleme (Natural Language Processing, NLP), yeni diller öğrenmek veya bu dilde mükemmelliğe ulaşmak için yeterli zamanı olmayan kullanıcılara hitap eder. NLP, bilgisayarların insan dillerinde yazılan ifadeleri veya kelimeleri anlamasını sağlamaya yardımcı olan bir Yapay Zekâ ve Dilbilim sistemidir (Khurana vd., 2023).

Konuşma ve Anlama

Kullanıcının makine ile haberleşmesi konuşma ve anlama kavramını oluşturur. Bu durum iki aşamada gerçekleşir. Birinci aşamada makine anlamsız gelen konuşmayı tanımaya çalışır. İkinci aşamada işe konuşmayı anlamaya çalışır (Yılmaz, 2022).

Bilgisayar Görüsü

Fiziksel etkileşim olmadan optik araçlar aracılığıyla nesnelere algılamak ve bu algılarla süreçlerini yönetmeye bilgisayar görüşü denir (Yılmaz, 2022).

Yapay zekanın bu bilim dallarının yanı sıra felsefe, psikoloji, matematik, biyoloji, kontrol teorisi ve bilgisayar bilimleriyle de ilişkisi vardır. Yapay zekânın bu bilim dalları ile arasında doğra orantı vardır. Bilim dallarının gelişmesiyle birlikte yapay zekâ da gelişir. Yapay zekânın gelişmesiyle birlikte bilim dalları gelişir (Yılmaz, 2022).

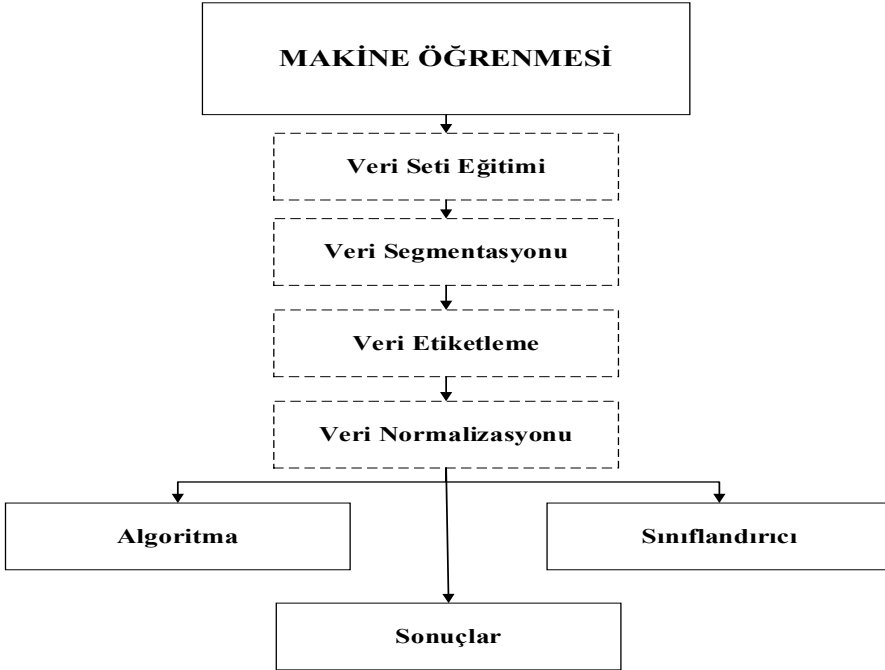
2.3. Yapay Zekâ Teknikleri

Yapay zekâ teknikleri genel olarak, makine öğrenmesi, derin öğrenme, yapay sinir ağları, uzman sistemler, genetik algoritmalar ve bulanık mantıktan oluşmaktadır.

Makine Öğrenmesi

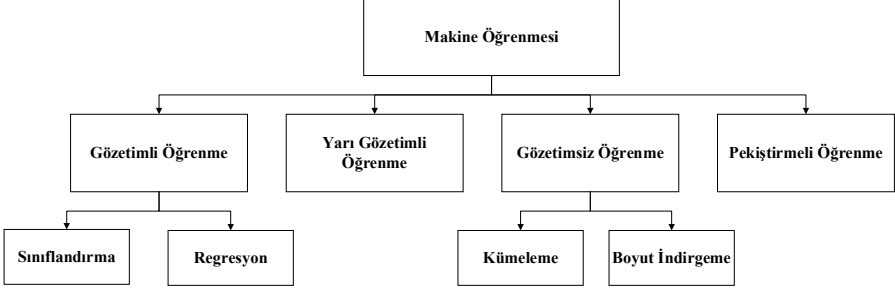
Makine öğrenmesi (machine learning) farklı veri toplama teknikleri ile elde edilen ve sistem bilgisini içeren verilerin uygun yöntemler kullanılarak bilgisayarın karmaşık örüntüleri anlamasını ve bilgisayara karar verme yeteneğinin kazandırılmasını hedef alan bir bilim dalı olarak tanımlanabilir. Makine öğrenmesinin kullanım alanları robotik, dolandırıcılık tespiti, nesne tanıma, doğal dil işleme, tıbbi tanı, bilgisayar oyunları örnek olarak verilebilir (Atak, 2022).

Makine öğrenmesinin akış şeması Şekil 1'de gösterildiği gibidir. Önce yeterli miktarda veri elde edilir. Daha sonra veri seti eğitilir. Eğitim sonrası veriler parçalara ayrılır. Ayrılan bu parçalar etiketlenir. Sonra verilere normalizasyon uygulanır ve veriler sınıflandırılır. Sınıflandırma sonucu elde edilen bilgiler çıkarılır.



Şekil 1. Makine öğrenmesi akış şeması (Sharma vd., 2022)

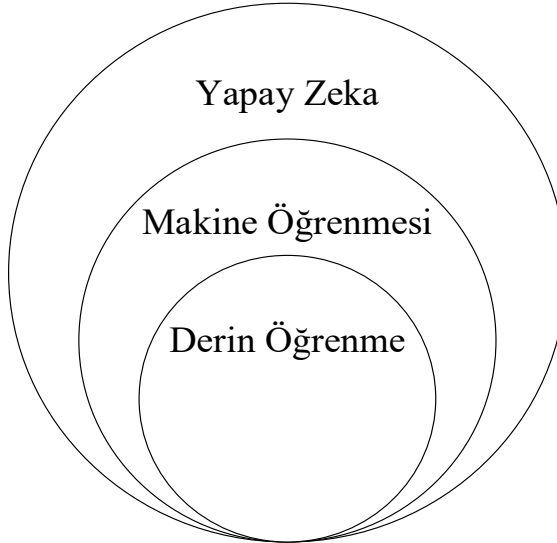
Makine öğrenmesi teknikleri gözetimli (supervised), yarı gözetimli (semi-supervised), gözetimsiz (unsupervised) ve pekiştirmeli (reinforcement) öğrenme olarak Şekil 2’de olduğu gibi dört grupta sınıflandırılır.



Şekil 2. Makine öğrenmesi teknikleri (Shobha ve Rangaswamy, 2018)

Derin Öğrenme

Derin öğrenme (deep learning), hiyerarşik yapıları kullanarak verilerdeki üst düzey soyutlamaları öğrenmeye çalışan bir makine öğrenimi alt alanıdır (Guo vd., 2016). Derin öğrenme, özellik çıkarma ve dönüştürme için birçok doğrusal olmayan işlem birimi katmanını kullanır (Şeker vd., 2017). Ayrıca derin öğrenme insan zekasının yapabildiği karar verme, analiz, gözlem ve öğrenme becerilerini taklit eden ve büyük miktarda gözetimsiz veri kullanan bir makine öğrenmesi türüdür (Uludağ, 2020). Yapay zekâ, makine öğrenmesi ve derin öğrenme arasındaki ilişki Şekil 3’te gösterildiği gibidir.



Şekil 3. Yapay zekâ, makine öğrenmesi ve derin öğrenme arasındaki ilişki (Mellit vd., 2020)

Derin öğrenmenin uygulamalarına, spam barındıran maillerin saptanması, şoförsüz (otonom) araçlar, el yazısı tanıma, hastalıkların saptanması, ses tanıma, yüz tanıma ve kredi kartı sahtekârlıklarının tespit edilmesi örnek olarak verilebilir.

Yapay Sinir Ağları

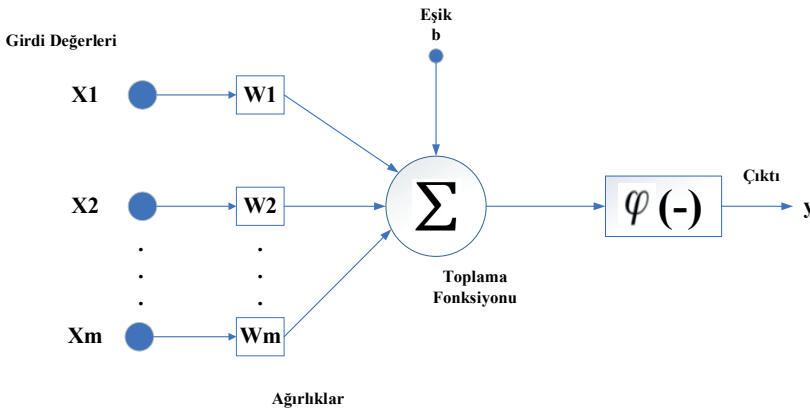
Yapay sinir ağları (artificial neural networks) insan beyninin öğrenme ve bilgi işleme tekniğini modelleyerek taklit eden bir yapay zekâ alt alanıdır. Yapay sinir ağlarındaki temel amaç kendi kendine öğrenebilmek ve insan gibi düşünerek karar almaktır. Bunun yanı sıra ezberleme ve bilgiler arasında ilişkiler oluşturma yeteneklerine sahiptir (Kaynar vd., 2017).

Yapay sinir ağlarındaki bir sinir hücresi biyolojik sinir hücresinde olduğu gibi girdileri birleşme (toplama) fonksiyonundan geçirir ve bunun sonucunu aktivasyon fonksiyonuna iletir. Aktivasyon fonksiyonunun sonucunda bir çıktı değeri üretilir. Üretilen bu değer bir başka yapay sinir ağına aktarılır (Güner, 2021). Biyolojik sinir hücresi ve yapay sinir ağı hücresi birbirine karşılık gelen terimler Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Biyolojik sinir hücresi elemanları ve Yapay sinir ağı elemanları (Güner, 2021)

Biyolojik sinir hücresi elemanları	Yapay sinir ağı elemanları
Dentrit	Toplama fonksiyonu
Hücre gövdesi	Transfer fonksiyonu
Akson	Aktivasyon fonksiyonu
Nöron	Girdi
Sinaps	Ağırlık

Şekil 4'te yapay sinir ağının yapısı gösterilmektedir.

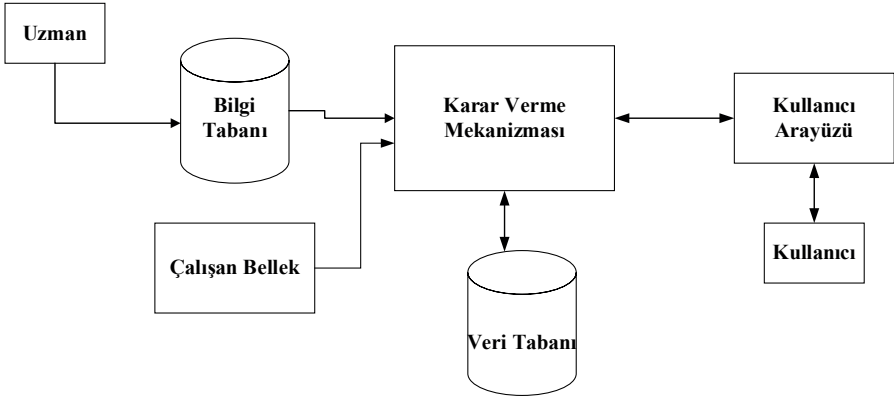


Şekil 4. Yapay sinir ağı yapısı (Jin vd., 2016)

Şekil 4'te X_i değerleri giriş elemanlarını temsil eder. X_i girdi değerlerinin hepsi W_i ile çarpılır. Çarpım sonucu elde edilen bilgiye eşik değeri olan b değeri eklenir. Bir sonraki aşamada aktivasyon fonksiyonu uygulanır ve y çıktı değeri elde edilir. Yapay sinir ağlarının çalışma mantığı yukarıdaki şekilde gösterildiği gibidir (Jin vd., 2016).

Uzman Sistemler

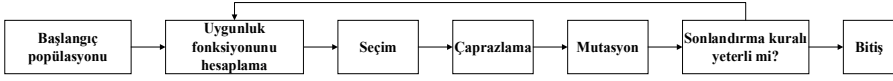
Uzman sistemler çözümü bir uzmanın bilgi, beceri ve tecrübesini gerektiren problemlerde uzman gibi davranarak problemleri çözen sistemlerdir. Uzman sistemlerdeki amaç, bilgilerin saklanarak daha sonra benzer bir problemle karşılaşıldığında bu bilgilerden çıkarım yaparak çözüme ulaşmaktır. Uzman sistemlerin temel yapısı; bilgi tabanı, çalışan bellek, karar verme mekanizması, veri tabanı ve kullanıcı arayüzü öğelerinden oluşur. Bilgi tabanı bölümünde bilgiler tutulur ve bu bilgiler kullanılarak yeni bilgiler üretilmeye çalışılır. Veri tabanında bilgiler muhafaza edilir ve bilgi tabanı ile sürekli etkileşim halindedir. Çalışan bellekte mevcut problemle ilgili test sonuçları ve soru cevapları gibi bilgiler tutulur. Karar verme mekanizması arama ve çıkarımın yapıldığı birimdir. Kullanıcı arayüzü birimi ise sistem performansı özet bilgileri ve çıkan sonuçlar gibi bilgilerin sunulduğu birimdir (Mankad, 2015). Şekil 5'te uzman sistemlerin genel yapısı gösterilmektedir.



Şekil 5. Uzman sistemlerin genel yapısı (Mankad, 2015)

Genetik Algoritmalar

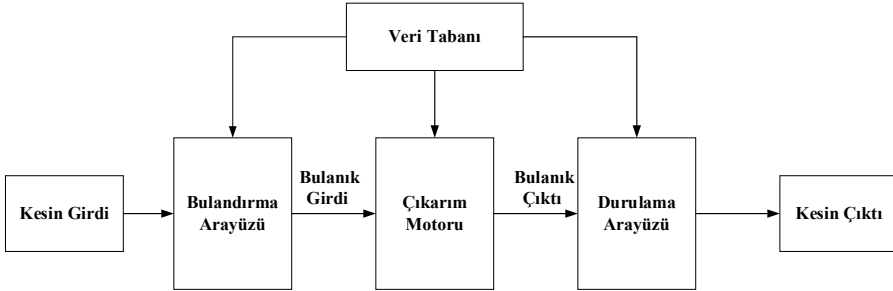
Yapay zekâ alanlarının hepsi canlıları ve doğayı taklit eder. Genetik algoritmalar ise, evrim teorisinin dayandığı doğal seçim ile en iyilerin hayatta kalması ilkesini taklit eder. Yani bir problem esnasında birden fazla çözüm arasından en iyi olan çözümü bulmayı amaçlar (Atalay ve Çelik, 2017). Şekil 6'da genetik algoritmaların genel akış şeması gösterilmektedir.



Şekil 6. Genetik algoritmaların genel yapısı (Peng, 2019)

Bulanık Mantık

Bir konu üzerinde yapılan araştırmada, araştırmacının konu hakkında fazla bilgi sahibi olmaması, yetersiz veya belirsizlik içeren bilgiler bulanık olarak ifade edilir (Yılmaz, 2022). Bulanık mantığın çalışma şekline hava durumu örnek olarak verilebilir. Mesela bulanık mantıkta hava durumu soğuk veya sıcak olarak sınıflandırılmaz. Çok soğuk, soğuk, ılık, sıcak ve çok sıcak şeklinde ara değerlere göre sınıflandırılma işlemi yapılır (Öztürk ve Şahin, 2018). Bulanık mantık sistemleri genelde 4 temel öğeden oluşur. Bunlar bulandırma arayüzü, çıkarım motoru, durulama arayüzü ve veri tabanıdır (Mitiku ve Manshabia, 2018). Şekil 7’de bulanık sistemlerin genel yapısı gösterilmektedir.

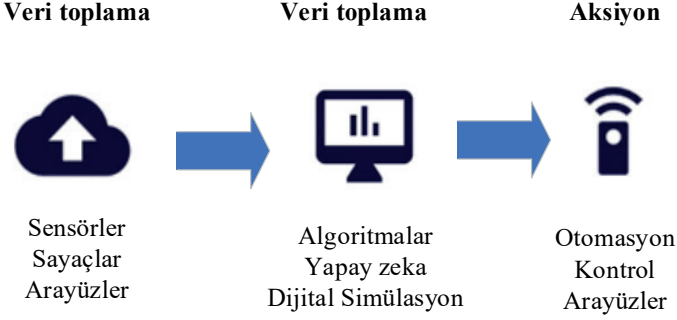


Şekil 7. Bulanık sistemlerin genel yapısı (Mitiku ve Manshabia, 2018)

3. Enerji Sektörünün Dijital Dönüşümü

Avrupa Komisyonu dijital dönüşümü, ileri teknoloji sürecinin bir sonucu olarak fiziksel ve dijital sistemlerin entegrasyonu ile yenilikçi iş modellerinin, yeni süreçlerin ve akıllı ürün ve hizmetlerin oluşması olarak tanımlamaktadır (European Commission, 2019). Giderlerde azalış, verimlilikte artış, sürdürülebilirlik, insandan kaynaklı hataların ortadan kalkması, tutarlılık ve analiz yapabilme dijital dönüşümün faydaları olarak sayılabilir (Han and Sarı, 2021). Dijital teknolojiler, enerji sektörünün rekabet ortamını da değiştirmektedir. Dijitalleşme, iş risklerini en aza indirirken gelirleri artıran maliyet avantajları sunmaktadır. Sonuç olarak, önemli dönüşüm fırsatlarıyla karşı karşıya kalan işletmeler, geleneksel yöntemler yerine dijitalleşme

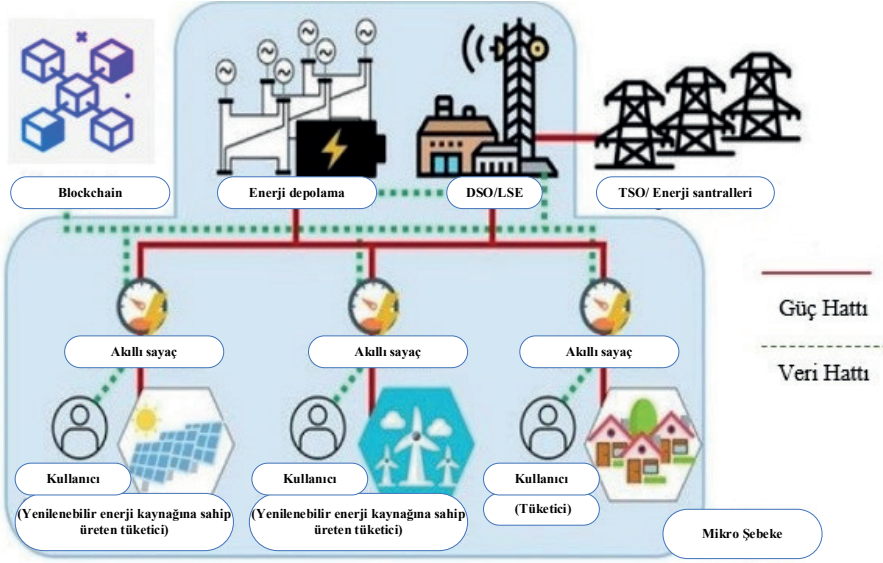
yoluyla başarıya ulaşabilmektedir (Shura, 2021). Dijitalleşme süreci Şekil 8'de gösterilmektedir.



Şekil 8. Dijitalleşme süreci (TMMOB, 2021)

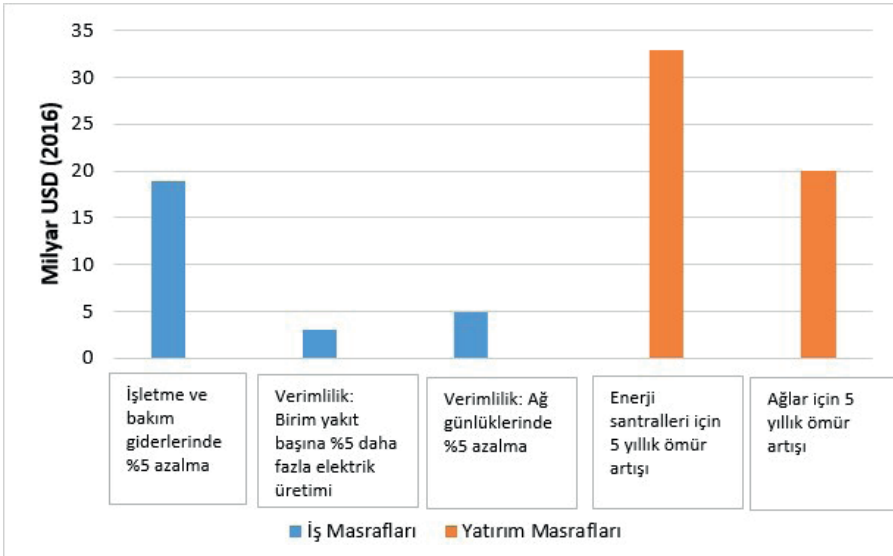
Enerji bileşenleri, nesnelerin interneti (IoT), 3D yazıcılar, yapay zeka (AI), büyük veri, bulut bilişim, robotlar, siber güvenlik, kriptoloji, blockchain ve simülasyon gibi teknolojiler ile birlikte dijitalleşir. Bunun sonucunda enerji sektöründe akıllı şebekeler, mikro şebekeler, hibrit şebekeler, uzaktan kontrol, sanal santraller gibi verimlilik artırıcı unsurlar oraya çıkar. Ekonomik açıdan enerji sektörünün dijital dönüşümünün faydaları ise hızlı ve doğru tahmin edebilme, üretim maliyetlerinin düşürülmesi, dağıtım maliyetlerinin düşürülmesi, sürdürülebilir enerji sistemleri, güvenilir enerji sistemleri ve esnek enerji sistemleri olarak sıralanabilir. Aynı zamanda otomasyonun da dijitalleşmesi sonucunda hatalı üretimde azalma, iş kazalarında azalma, üretim hızının artması, dağıtım ve üretim maliyetlerinin azalması gibi konularda verimlilik artışı sağlanır. Enerji sektörünün sosyal açıdan dijitalleşmesiyle herkesin ulaşabileceği ve ucuz enerji arzı, ulusal ve uluslararası politikalarda esneklik, ürün ve hizmet maliyetlerinin azalması, refahın artması ve gelir dağılımının eşitlenmesi için fırsat oluşması konusunda verimlilik sağlanır (TMMOB, 2021).

Blockchain, yenilenebilir enerji gelişimini yönlendirebilir ve sürdürülebilir enerjiyi destekleyebilir (Borowski, 2021). Mikro şebeke şeması Şekil 9'da gösterilmektedir.



Şekil 9. Enerji sektörünün mikro şebeke şeması (Borowski, 2021)

Enerji sektöründe dijitalleşme büyük oradan tasarruf sağlamaktadır. Örneğin 2016-2040 yılı arası enerji santrallerinin ve şebekenin dijitalleşmesi sonucu olası yıllık tasarruf miktarları Şekil 10'da gösterilmektedir.



Şekil 10. Enerji santrallerinin ve şebekelerinin dijitalleştirilmesiyle birlikte olası yıllık tasarruf oranları 2016-2040 (TMMOB, 2021)

Bu grafikten de anlaşılacağı üzere dijitalleşme işletmelere, sektörler ve ülkelere maliyet açısından büyük ölçüde tasarruf sağlamaktadır. Ancak enerji sektöründe dijitalleşmenin karşılaştığı bazı engeller vardır. Bu engeller Bölüm 3.1.'de açıklanmıştır.

3.1. Enerji Sektörünün Dijitalleşmesinde Karşılaşılan Engeller

Enerji sektörünün dijitalleşmesi büyük bir potansiyele sahip iken bu süreçte bazı engeller ile karşılaşılabilir. Bu engeller, güvenlik ve siber saldırılar, veri merkezlerinin enerji tüketimi, yeni teknolojilere güvensizlik, piyasaların uygun olarak oluşmaması, doğada beklenmeyen değişimler, iklimdeki beklenmeyen değişimler ve azalan enerji maliyetlerinin tüketimi artırması olarak sıralanabilir. Engellerin detaylı açıklaması aşağıda sıralandığı gibidir (TMMOB, 2021).

Mevzuat: Kural koyucular gerekli yasaları ve standartları zamanında uygulamaya koyamamaları, sisteme ve ekonomiye geri dönülemez zararlar verir (TMMOB, 2021).

Teknik Altyapı: Dijitalleşmede teknik altyapı sorunlarının üstesinden gelmek en önemli hususlardan biridir. Teknik altyapı hizmeti iyileştirilmeden dijitalleşmede birçok problemle karşılaşılabilir ve rekabet ortamında kurumların ön plana çıkmasını engelleyebilir. Teknik altyapıda karşılaşılan sorunlardan bazıları şunlardır; yetersiz altyapı, veri güvenliğinde eksiklikler, farklı teknolojilerin birbirleri ile uyum sorunu, internet altyapısının veya ağ bağlantı kapasitesinin yetersizliği, altyapı bakımında ve yenilenmesinde yaşanan problemler, güç sorunlarından yaşanan aksaklıklar, veri saklamada yaşanan altyapı eksikliği, teknolojinin hızlı değişimi gibi. Bu sorunların çözümü için etkin planlama, yeterli yatırım ve alanda uzmanlık gerekmektedir (Nuroğlu ve Nuroğlu, 2018).

Enerji Tüketimi: Dijitalleşme enerji tüketimini arttırabilir. Fakat, kurumlara enerji yönetimi açısından da fırsatlar sunar. Dijitalleşme ile birlikte enerji verimliliği artırılabilir ya da optimize edilebilir (Husaini ve Lean, 2022).

Teknoloji: Yeni teknolojilere olan güvensizliği ifade etmektedir. İnsanlar ve kurumlar yeni bir sisteme karşı şüpheli yaklaşabilirler. Güvensizliğin ana unsurları ise genelde etik, güvenlik ve mahremiyettir (Okmeydan, 2017).

İstihdam: Dijitalleşme, bazı görevlerin otomasyonlaşmasına olanak sağlayacaktır. Doğal olarak dijitalleşme, bazı iş kollarındaki iş pozisyonlarında çalışan kişi sayısının azalmasına veya iş pozisyonlarının tamamen kaybedilmesine neden olabilir. Diğer bir taraftan ise yeni iş imkanları ortaya çıkabilir (Artar ve Yeşiltaş, 2021).

Fiziksel Tehditler: Fiziksel tehditler sel, deprem, fırtına, yangın, çığ gibi doğa olayları olduğu için önceden tespit edilmesi de engellenmesi de zordur (Tekerek, 2008). Fiziksel tehditlerden daha az zarar görmek için afet zararlarını azaltmada kullanılan temel ilkelere uyulması gerekmektedir. Bu ilkeler afet türüne göre farklılıklar gösterebilmektedir (Kadioğlu, 2008).

Siber Güvenlik: Enerji sektörünün dijitalleşmesiyle birlikte siber güvenlik sorunları ortaya çıkabilir. Siber terörizm ve casusluk, giderek daha yaygın hale gelmekte ve dijital sistemleri kullanan kurumlara zarar verebilmektedir. Özellikle enerji sektörü, saldırganlar için popüler hedeflerden biri haline gelmiştir. Kişisel verilerin çalınmasından sistemlerin devre dışı bırakılmasına kadar bir dizi tehditle enerji sektörü karşı karşıyadır. Enerji şirketleri, siber güvenlik önlemleri için kaynaklarını iyi bir şekilde yönetmeli ve gerekli tedbirleri almalıdır. Ayrıca, personellerin de uzmanlar tarafından bilinçlendirilmesi önem teşkil etmektedir. Bunlara ek olarak, enerji şirketleri, güvenlik politikalarını gözden geçirmeli, tehditleri izlemeli ve gerekli önlemleri almaları gerekmektedir (Venkatachary vd., 2018).

Gizlilik: Enerji sektöründeki veri gizliliği, önemli iş operasyonlarının ve akışlarının dışarıya sızmasının engellenmesinin yanı sıra müşteri ve çalışanların verilerinin de korunmasını içermektedir. Doğal olarak yetkisiz erişimlerin engellenmesi gerekmektedir. Eğer gerekli önlemler alınmazsa, elde edilen verilerin kötü amaçlı olarak kullanılabilir (Abolhassan, 2017).

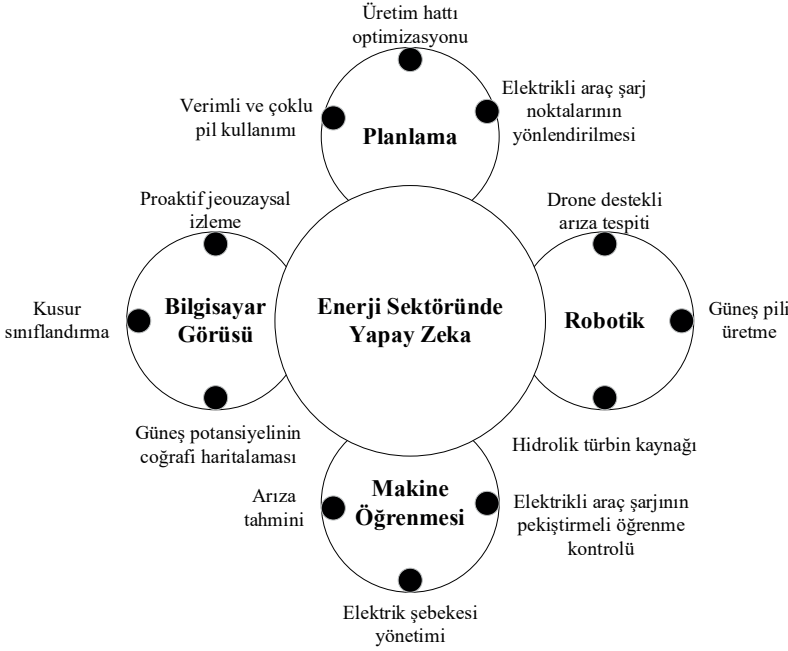
4. Enerji Sektörünün Dijital Dönüşümünde Yapay Zekânın Rolü

Günümüzdeki gelişmelerle birlikte yapay zekâ teknolojisi, çeşitli paydaşların (örneğin üreticiler, tüketiciler, perakende şirketleri, iletim ve dağıtım işletmecileri) ihtiyaçlarına cevap veren birçok otomatik olarak kontrol edilebilir kaynağın kullanımını mümkün kılacaktır. Bu sayede hem sistem optimizasyonu sağlanacak hem de sistem maliyetleri düşürülecektir (Shura, 2021). Hata tahmini, gerçek zamanlı bakım ve ideal bakım programlarının belirlenmesi, enerji sektöründe yapay zekanın en önemli uygulamalarından biri olmuştur. Ekipman arızasının yaygın olduğu ve potansiyel olarak önemli sonuçları olan bir sektörde yapay zekâ yardımıyla uygun sensörlerle birleştirilmiş ekipmanları izlemek ve arızaları oluşmadan önce tespit etmek büyük önem arz etmektedir. Böylece kaynak, para, zaman ve hayattan tasarruf sağlanır. Ayrıca yapay zekanın enerji sektöründeki rolü arasında; talep katılımı faaliyetlerini geliştirme, durum izleme, inceleme, tedarik zinciri optimizasyonu, karar verme ve enerji yönetimi faaliyetlerinin planlanması da yer almaktadır. İngiltere’de görüntü işleme ile Ulusal Şebeke oluşturulmuş ve dron vasıtasıyla elektrik santrallerinden evlere ve işyerlerine elektrik ileten

telleri ve direkleri izlemişlerdir. Yüksek çözünürlüklü kameralarla donatılan bu insansız hava araçları, geniş coğrafi alanları ve zorlu arazileri kapsama yetenekleri sayesinde önemli arızaların tespitinde rol oynamıştır (Makala ve Bakovic, 2020).

Yapay zekânın bir alt alanı olan makine öğrenmesi (Angelis, 2023), verilerin potansiyelinden yararlanmak için önemli bir tekniktir ve işletmelerin daha yenilikçi, verimli ve sürdürülebilir olmalarına olanak tanımaktadır (Kreuzberger vd., 2023). Makine öğrenmesi (ML), enerji sistemlerine hem enerji üretimi hem de enerji tüketimi açısından önemli katkılar sağlayabilmektedir. Enerji üretimi perspektifinden bakıldığında, bu yöntemin algoritmaları kullanılarak rüzgâr ve hidroelektrik gibi enerji üretim sistemlerinin optimizasyonu geliştirilebilir. ML ve nesnelerin interneti birlikte kullanılarak, istasyonlar, makineler ve enerji hatları gibi enerji üretim sistemlerinin bakımları öngörülebilir bir şekilde planlanabilir. Enerji tüketimi perspektifinden bakıldığında, verimliliğin en önemli faktör olduğu söylenebilir. Yapay sinir ağları gibi denetimli öğrenme algoritmaları aracılığıyla ML tüketimin optimize edilmesinde etkilidir. Soğutma sistemleri örneğini ele aldığımızda, faaliyet içinde yer aldığı ortam, oynadığı rol, sistem sorumlularının özellikleri, sistemin bulunduğu odanın takibi, kış mı yoksa yaz mı olduğunun bilinmesi gibi durumlarda ML oldukça iyi bir performans sergilemektedir. Bu gibi durumlar için ML, herhangi bir mühendisin ayarlama yapmasına gerek kalmadan çeşitli girdi değişkenleri ile aldığı verilerden öğrenim yaparak sistem ayarlamalarını gerçekleştirebilmesine olanak tanımaktadır. Bir başka örnek ise, ML ve yapay zekanın binalardaki ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinde uygun sıcaklık ve nem seviyesinin ayarlanmasında yardımcı olabileceği üzerinedir. Araştırmalara göre ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme, bir yapıdaki toplam enerji tüketiminin yarısından fazlasını oluşturmakta ve dünya çapında kullanılan toplam elektriğin %10'unu kullanmaktadır. Bu önemi göz önüne alındığında, ML ve yapay zekanın bu sistemlerin optimizasyonunda önemli bir fark yaratabileceği ifade edilmektedir (Mhlanga, 2023). Sektörün yapay zekâ teknolojilerinden yararlanabileceği bir diğer kritik alan ise, değer zincirinin tüketici etkileşimi kısmıdır. Yapay zekâ, nesnelerin interneti teknolojisi ile birleşerek talep tarafı yönetimini iyileştirebilmekte ve talep tahmininde kullanılarak ekonomik yük dağıtımını optimize edebilmektedir (Shura, 2021).

Şekil 11'de her bir yapay zekâ alt alanı için çeşitli örneklerle, yapay zekâ uygulamalarının enerji sektöründeki kullanım yerleri açısından nasıl kategorize edilebileceğini göstermektedir.



Şekil 11. Örnek kullanım senaryolarıyla birlikte enerji sektöründeki uygulamalar için önerilen yapay zekâ sınıflandırması (Quest vd., 2022)

5. Sonuç

Enerji sektöründeki dijitalleşme, artan veri kullanılabilirliği, bilgi işlem gücü ve dijital teknolojilerin yanı sıra gelişmiş model analizi ve planlamasına duyulan ihtiyaçtan kaynaklanmaktadır. Genel sistem verimliliğini artırma hedefiyle, dijitalleştirilmiş sistemlere doğru hareket, maliyetleri düşürmeye, enerji kayıplarını azaltmaya ve yenilenebilir enerjilerin elektrik şebekelerine entegrasyonunu hızlandırmaya yardımcı olabilecek yapay zekâ uygulamaları aracılığıyla desteklenir. Yapay zekâ uygulamalarının katma değerini tahmin etmek zor olsa da varlıklara yapılan yatırımları en aza indirmek, yüksek enerji taleplerini azaltmak ve enerji sistemlerinde milyarlarca dolarlık tasarruf elde etmeyi sağlayabilirler. Maliyetleri düşürmek göz önüne alındığında dijital dönüşüm ve yapay zekâ birlikte birçok avantaj sağlayabilir. Örneğin etkin planlama ve tahmin ile enerji talebi tahminleri, bakım planlamaları, stok yönetimi gibi süreçler daha iyi yönetilebilir. Bu sayede, gereksiz süreçler ortadan kaldırılabilir, optimize edilebilir ya da sadeleştirilebilir. Ayrıca, yapay zekâ, enerji tesislerinin otomasyonu ve izlenmesi süreçlerinin iyileştirilmesini de sağlamaktadır. Bu sayede çalışan masrafları da düşmektedir. Bunlara ek olarak ekipman masrafları da oluşacak arızaların önceden tespit edilmesi ile

azalacaktır. Son olarak, dijitalleşme ve yapay zekâ sayesinde tesisin genel verimliliğinde de artış gerçekleşecektir. Doğal olarak enerji üretiminde veya dağıtımında kullanılan ekipmanların da verimliliği artacaktır. Bu da enerji üretim ve dağıtım maliyetlerinin düşmesini tetikleyecektir. Maliyetlerin dışında, enerji sektörüne yapılacak olan yatırımlar sayesinde daha yeşil bir geleceğe yönelinebilir. Enerji sektörünün dijital dönüşümü, sürdürülebilir enerji kaynaklarını yönetmek ve çevresel etkileri en aza indirmek için bizlere fırsatlar sunmaktadır. Bu sayede daha yeşil bir gelecek için yol haritaları geliştirilebilir. Bunların dışında yapay zekâ ve dijitalleşme aslında enerji sektörü için bir nevi geleceğe yatırımdır. Yapılacak olan yatırımlar sayesinde sektörde rekabet avantajı sağlanabilir ve sektörün sürdürülebilirliği için katkıda bulunulabilir. Enerji sektörünün dijital dönüşümünde yapay zekanın rolünü dikkate aldığımız çalışmanın genel muhtevasından da görüleceği üzere, bu dijital dönüşüm ve gelişimde her ne kadar teknik unsurlar ön plana çıksa da göz ardı edilmemesi gereken en önemli faktörlerden birisi de bu sürecin etkili ve verimli bir şekilde yönetilmesidir. Dijital dönüşüm için çok büyük finansal kaynakların ayrıldığı ve yatırımların yapıldığı enerji sektöründe, sadece teknik tarafa odaklanarak başarı elde etmenin çok mümkün olamayacağını geçmişte gerçekleştirilen birçok başarısız proje de görmek mümkündür. Bu noktada, şirketlere son yıllarda gittikçe popülaritesi artan yönetim bilişim sistemlerinden yararlanmalarını tavsiye etmekteyiz. Yönetim bilişim sistemlerinin, bu süreçte işletmelere hem teknik hem de yönetsel olmak üzere her iki açıdan da önemli katkılar sağlayabileceğini düşünmekteyiz.

KAYNAKÇA

- Abolhassan, F. (2017). Security: The real challenge for digitalization. *Cyber Security. Simply. Make it Happen. Leveraging Digitization Through IT Security*, 1-11.
- Aghaji, A., Burchett, H. E., Oguego, N., Hameed, S., & Gilbert, C. (2021). Primary health care facility readiness to implement primary eye care in Nigeria: equipment, infrastructure, service delivery and health management information systems. *BMC health services research*, 21, 1-11.
- Artar, O., & Yeşiltaş, C. (2021). Ekonomideki dijital dönüşüm ve istihdam üzerindeki etkisi. *Working Paper Series Dergisi*, 2(1), 43-52.
- Assay, B. E. (2021). Role of Technology Startups in Africa's Digital Ecosystem. In *Encyclopedia of Organizational Knowledge, Administration, and Technology* (pp. 1580-1597). IGI Global.
- Atak, Ü. (2022). *Konteyner Liman Operasyonlarının Makine Öğrenmesi Yöntemleri İle Analizi* (Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü).
- Atalay M., & Çelik, E. (2017). Büyük veri analizinde yapay zekâ ve makine öğrenmesi uygulamaları. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(22), 155-172.
- Borowski, P. F. (2021). Digitization, digital twins, blockchain, and industry 4.0 as elements of management process in enterprises in the energy sector. *Energies*, 14(7), 1885.
- Boz, M., & Şimşek, İ. (2022). Analysis of Education Management Information Systems of the Ministry of National Education in Terms of Interoperability. *Journal of Qualitative Research in Education-Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 32, 213-240.
- Chang, H. H., & Lin, C. L. (2015). A novel information technology of load events detection for the energy management information systems. *Information Systems and e-Business Management*, 13(2), 289-308.
- De Angelis, F. (2023). The Impact of Machine Learning in Energy Materials Research: The Case of Halide Perovskites. *ACS Energy Letters*, 8(2), 1270-1272.
- Doğan, A., & Kavak, T. (2023). In The Digital World: NFT, Kartal E., Akadal E., Övenç G., Tabar S. (Ed.), *Global Studies on Management Information Systems*, Istanbul University Press, 143-166.
- European Commission. (2018). DigComp into action: Get inspired, make it happen. JRC Science For Policy Report, EUR 29115 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg. <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC110624/deguidemay18.pdf>

- Ginsberg, M. (1993). *Essentials of artificial intelligence*. California: Morgan Kaufmann.
- Gökçen, H. (2011). *Yönetim Bilgi Bilişim Sistemleri Analiz ve Tasarım*. Ankara: Afşar Matbaacılık.
- Guo, Y., Liu, Y., Oerlemans, A., Lao, S., Wu, S., & Lew, M. S. (2016). Deep learning for visual understanding: A review. *Neurocomputing*, 187, 27-48.
- Güner, O. Ö. (2021). *Toplu yemek hizmetlerinde makine öğrenmesi algoritmaları ile talep planlama* (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü).
- Han, F. Ö., & Sarı, E. B. (2021). Enerji Sektörünün Dijital Dönüşüm Projelerini Yürüten Araştırmacıların Dijital Yeterliliklerine Yönelik İçerik Analizi. *Scientific Journal of Innovation and Social Sciences Research*, 1(1), 1-25.
- Husaini, D. H., & Lean, H. H. (2022). Digitalization and energy sustainability in ASEAN. *Resources, Conservation and Recycling*, 184, 106377.
- Jin, C., Jang, S., Sun, X., Li, J., & Christenson, R. (2016). Damage detection of a highway bridge under severe temperature changes using extended Kalman filter trained neural network. *Journal of Civil Structural Health Monitoring*, 6, 545-560.
- Kadioğlu, M. (2008). Modern, bütünleşik afet yönetimin temel ilkeleri. Kadioğlu M., Özdamar E. (Ed.), *Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri*, JICA Türkiye Ofisi, 1-34.
- Kaynar, O., Tuna, M. F., Görmez, Y., & Deveci, M. A. (2017). Makine öğrenmesi yöntemleriyle müşteri kaybı analizi. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 18(1), 1-14.
- Khurana, D., Koli, A., Khatter, K., & Singh, S. (2023). Natural language processing: State of the art, current trends and challenges. *Multimedia tools and applications*, 82(3), 3713-3744.
- Koroğlu, Y. (2017). *Yapay zekânın teorik ve pratik sınırları*. Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi.
- Kreuzberger, D., Kühl, N., & Hirschl, S. (2023). Machine learning operations (mlops): Overview, definition, and architecture. *IEEE Access*, 11, 31866-31879.
- Makala, B., & Bakovic, T. (2020). Artificial intelligence in the power sector.
- Mankad, K. B. (2015). An expert system design to categorize multiple intelligence of students. *The IUP Journal of Computer Sciences*, 9(3), 23-35.
- Martins, J., Branco, F., Gonçaves, R., Au-Yong-Oliveira, M., Oliveira, T., Naranjo-Zolotov, M., & Cruz-Jesus, F. (2019). Assessing the success behind the use of education management information systems in higher education. *Telematics and Informatics*, 38, 182-193.

- Mellit, A., Massi Pavan, A., Ogliari, E., Leva, S., & Lughi, V. (2020). Advanced methods for photovoltaic output power forecasting: A review. *Applied Sciences*, 10(2), 487.
- Mhlanga, D. (2023). Artificial intelligence and machine learning for energy consumption and production in emerging markets: a review. *Energies*, 16(2), 745.
- Mitiku, T., & Manshahia, M. S. (2018). Neuro fuzzy inference approach: a survey. *Int. J. Sci. Res. Sci. Eng. Tech*, 4, 505-519.
- Mwinnyaa, G., Hazel, E., Maïga, A., & Amouzou, A. (2021). Estimating population-based coverage of reproductive, maternal, newborn, and child health (RMNCH) interventions from health management information systems: a comprehensive review. *BMC health services research*, 21, 1-14.
- New Scientist Instant Expert (2021). *Düşünen makineler: yaklaşan yapay zekâ çağı ve insanlığın geleceği* (1. bs.). İstanbul: Say.
- Nilsson, N., J. (2009). The quest for artificial intelligence: A history of ideas and achievements. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nuroğlu, E., & Nuroğlu, H. H. (2018). Türkiye ve Almanya'nın Sanayide Dijital Dönüşümü: Yol Haritaları ve Şirketlerin Karşılaştırması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23(Endüstri 4.0 ve Örgütsel Değişim Özel Sayısı), 1537-1560.
- Okmeydan, S. B. (2017). Yeni iletişim teknolojilerini sorgulamak: Etik, güvenlik ve mahremiyetin kesiştiği nokta. *Gümüşhane Üniversitesi İletişim Fakültesi Elektronik Dergisi*, 5(1), 347-372.
- Öztürk, K., & Şahin, M. E. (2018). Yapay sinir ağları ve yapay zekâ'ya genel bir bakış. *Takvim-i Vekayi*, 6(2), 25-36.
- Peng, J. (2019). Optimizing the transportation route of fresh food in cold chain logistics by improved genetic algorithms, *Int. J. Metrol. Qual. Eng.* 10, 14.
- Pirim H. (2006). Yapay zekâ. *Journal of Yasar University*, 1(1), 81-93.
- Poppe, K., Vrolijk, H., & Bosloper, I. (2023). Integration of Farm Financial Accounting and Farm Management Information Systems for Better Sustainability Reporting. *Electronics*, 12(6), 1485.
- Quest, H., Cauz, M., Heymann, F., Rod, C., Perret, L., Ballif, C., Virtuani A., & Wyrtsch, N. (2022). A 3D indicator for guiding AI applications in the energy sector. *Energy and AI*, 9, 100167.
- Schwering, D. S., Bergmann, L., & Sonntag, W. I. (2022). How to encourage farmers to digitize? A study on user typologies and motivations of farm management information systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 199, 107133.

- Sharma, A., Mukhopadhyay, T., Rangappa, S. M., Siengchin, S., & Kushvaha, V. (2022). Advances in computational intelligence of polymer composite materials: machine learning assisted modeling, analysis and design. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 29(5), 3341-3385.
- Shobha, G. ve Rangaswamy, S. (2018). Machine Learning. *Handbook of Statistics*, 38, 197-228.
- Shura (2021), Enerji Dönüşüm Merkezi. Türkiye’de enerji sektörünün dijitalleşmesi kapsamında iş modellerinin, teknolojilerin ve gerekli mevzuat altyapısının değerlendirilmesi. <https://shura.org.tr/wp-content/uploads/2022/03/dijitallesme-mart2022.pdf>.
- Şeker, A., Diri, B., & Balık, H. H. (2017). Derin öğrenme yöntemleri ve uygulamaları hakkında bir inceleme. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(3), 47-64.
- Tekerek, M. (2008). Bilgi güvenliği yönetimi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 11(1), 132-137.
- Türkiye Makine Mühendisleri Odası (TMMOB), https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/gonderi_dosya_ekleri/3Oturum-BatuVarlik-Dijitallesme-veEnerji.pdf.
- Uludağ, B. (2020). *İşitme kayıplı bireylerin derin öğrenme tabanlı ses duygu analizi* (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü).
- Venkatachary, S. K., Prasad, J., & Samikannu, R. (2018). Cybersecurity and cyber terrorism-in energy sector—a review. *Journal of Cyber Security Technology*, 2(3-4), 111-130.
- Wei, C., Li, C. Z., Löschel, A., Managi, S., & Lundgren, T. (2023). Digital technology and energy sustainability: Recent advances, challenges, and opportunities. *Resources, Conservation and Recycling*, 190, 106803.
- Yew, M. H., Molla, A., & Cooper, V. (2022). Behavioural and environmental sustainability determinants of residential energy management information systems use. *Journal of Cleaner Production*, 356, 131778.
- Yılmaz, A., & Soylu, İ. (Ed.) (2022). *Yapay zekâ (10. bs.)*. İstanbul: KODLAB.
- Zhang, Y. (2022). A Historical Interaction between Artificial Intelligence and Philosophy. arXiv preprint arXiv:2208.04148.

