Irmak, Y., Akyumuk, E., Çetin, G., & Sani-Bozkurt, S. (2024). Otizm Spektrum Bozukluğunda Yapay Zekâ Kullanımı: Sistematik Alanyazın Taraması. *4. Uluslararası Eğitim Teknolojileri ve Çevrimiçi Öğrenme Konferansı – ICETOL 2024*. Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye.

4th International Conference on Educational Technology and Online Learning – ICETOL 2024
Full Paper Proceedings

Otizm Spektrum Bozukluğunda Yapay Zekâ Kullanımı: Sistematik Alanyazın Taraması

Yasemin Irmak[1], Elif Akyumuk[2], Gül Çetin[3], & Sunagül Sani-Bozkurt[4]

[1]Anadolu Üniversitesi, Türkiye, yasemin_irmak@anadolu.edu.tr
[2]Anadolu Üniversitesi, Türkiye, elif_1557.hotmail.com
[3]Anadolu Üniversitesi, Türkiye, ogrt.gulcetin@gmail.com
[4]Anadolu Üniversitesi, Türkiye, ssbozkurt@anadolu.edu.tr

Özet

Yapay zeka zeknolojileri özellikle son yıllarda erişilebilir bir teknoloji haline gelmesiyle eğitimin farklı alanlarında da kullanılmaya başlanmıştır. Bu alanlardan birisi de özel eğitim alanıdır. Bu bağlamda özel eğitim alanında otizm spektrum bozukluğu çalışmalarına odaklanarak sistematik alanyazın çalışması gerçekleştirilmiş ve bu kapsamda 2020-2024 yılları arasında yayımlanmış 51 çalışma incelenmiştir. İlgili çalışmalar incelendiğinde özellikle erken çocukluk döneminde OSB olan çocukları tanılama ve sınıflandırma ile ilgili öne çıkan araştırmalar olduğu görülmektedir. Makine öğrenimi algoritmalarının, OSB'nin tespiti ve sınıflandırılması için yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. İncelenen çalışmalarda yapay zekâ kullanılarak OSB olan çocuklara beceri öğretimi konusu oldukça sınırlıdır. İncelediğimiz çalışmalarda erken tanının önemi vurgulanmış ve bu doğrultuda yapay zekâ teknolojilerinin OSB tanısına erken müdahale ve tedavi için potansiyel bir araç olarak kullanımı üzerinde durulmuştur. Bu kapsam da bu çalışmada öneriler geliştirilmiş ve ileri çalışmalar için sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: otizm spektrum bozukluğu, OSB, yapay zeka, yardımcı teknolojiler, eğitim teknolojileri.

Giriş

Yapay zekâ kavramı ilk olarak 1956 yılında Dortmund Konferansı'nda John McCarthy, Marvin L. Minsky, Nathaniel Rochester ve Claude E. Shannon tarafından sunulan bir öneri mektubunda dile getirilmiştir. Ancak bu kavramın mucidi olarak John McCarthy kabul edilmektedir (Alpaydın, 2013). Prof. John McCarthy, yapay zekânın insan gibi düşünebilen, kararlar alabilen, insanların odaklandığı işleri yapabilen ve problemleri çözebilen makineler olduğunu ifade etmiştir (Elmas, 2016). Yapay zekâ üzerine birçok tanım yapılmıştır. Bellman, (1978) yapay zekayı; insan düşüncesiyle ilişkilendirdiğimiz karar verme, problem çözme, öğrenme gibi faaliyetlerin otomasyonu şeklinde tanımlarken Haugeland, (1985) ise yapay zekayı bilgisayarları düşünmeye iten, tam ve gerçek anlamda zihinleri olan makineler olması için heyecan verici çabalamalar olarak tanımlamıştır. Yapay zekâ yöntemleri arasında makine öğrenmesi ve derin öğrenme olmak üzere iki temel alan bulunmaktadır (Sabak, 2023). Makine öğrenmesi, bilgisayarların öğrenmesini sağlayan teknolojidir. Genellikle örnekler kullanılarak olayların girdi ve çıktıları arasındaki ilişkiler öğrenilir (Öztürk ve Şahin, 2018). Derin öğrenme; nesne tanıma, konuşma tanıma, doğal dil işleme gibi alanlarda çok katmanlı yapay sinir ağlarını kullanan bir yapay zekâ yöntemi olup makine öğrenmesinin çeşitlerinden biridir. Derin öğrenme, geleneksel makine öğrenmesi yöntemlerinden farklı olarak kodlanmış kurallar ile öğrenmek yerine; resim, video, ses ve metinlere ait simgelerden otomatik olarak öğrenebilmektedir (Yılmaz ve Kaya, 2022). Yapay zekâ teknolojileri birçok alanda önemli bir rol oynamaktadır. Bu alanlardan birisi de otizm spektrum bozukluğudur. Otizm Spektrum Bozukluğu (OSB), sosyal iletişim ve etkileşimdeki yetersizliklerin yanı sıra tekrarlayıcı ilgi, örüntü ve takıntılı davranışlarla kendini karakterize eden nörogelişimsel bir bozukluktur (American Psychiatric Association [APA], 2023). Erken dönemde eğitim almaya başlayan otizm spektrum bozukluğu olan çocuklarda sosyal gelişim, iletişim becerileri, dil ve konuşma becerileri, oyun ve bilişsel becerilerinde önemli gelişmeler görülmüştür (Landa, 2008). Otizm spektrum bozukluğu olan bireylerin erken yaşta fark edilmesi, tanılanması ve eğitsel-davranışsal müdahalelerin yapılabilmesi için değerlendirmenin uygun bir şekilde yapılması önemlidir (Selimoğlu vd., 2013). Fakat otizm için özel geliştirilmiş standart araçların olmaması/rutinde kullanılmaması ya da müdahaleye ilişkin gecikme gibi sebeplerden ötürü tanılama sürecinin okul öncesi döneme kadar uzayabildiği görülmektedir (Özçelik vd., 2015). Bu nedenle yapay zekâ alanında çalışan araştırmacıların OSB olan çocukların tanılanmasında yapay zekânın hesaplama sistemlerini kullanma konusu ilgilerini çekmiştir (Sağdıç ve Sani-Bozkurt, 2020). Alanyazın incelendiğinde yapay zekâ teknolojisi ile OSB'nin tanılanmasına yönelik derleme çalışmalarının olduğu (örn., Alqaysi vd., 2022; Chaddad vd., 2021; Moridian vd., 2022) görülmektedir. Bununla birlikte özellikle OSB'de yapay zekâ konulu alanyazın incelendiğinde makine öğrenmesinin kullanımına yönelik derleme çalışmalarının olduğu (örn., Cavus vd., 2021; Francese ve Yang 2022; Kollias vd., 2021) dikkat çekmektedir. Bu derleme çalışmalarından biri olan Francese ve Yang (2022)'ın çalışmasında, gelecekteki sistemli derleme çalışmalarında makine öğrenimi ve göz izlemeyle birlikte OSB tanısında kullanılan diğer araçların da çalışmaya dahil edilmesi gerektiği belirtilmektedir. Ayrıca

yapay zekânın OSB ile ilgili olarak son yıllarda derin öğrenme ile gerçekleştirilen yapay zekâ destekli araştırmalarının (Khodatars vd., 2021; Uddin vd., 2024) artışı da dikkat çekmektedir. Dolayısıyla OSB olan bireylerde makine öğrenmesi ve derin öğrenme ile gerçekleştirilen yapay zekâ destekli araştırmaların eğilimlerini belirlemek amacıyla genel çerçevede bir perspektif sunulmasına ihtiyaç olduğu düşünülmektedir (Sağdıç ve Sani-Bozkurt, 2020). Hopcan vd. (2023) tarafından yapılan özel eğitimde yapay zekâ araştırmalarındaki son trendleri ortaya çıkarmayı amaçlayan sistematik derleme çalışmasında dahil edilen 29 makalede ele alınan temel yetersizlik türünün otizm spektrum bozuklukları olduğu ifade edilmektedir. Bu bulgu OSB'nin her 36 çocuktan birinde görülmesiyle (Centers for Disease Control and Prevention, 2023) açıklanabilir. Bu durum da günümüzde OSB olan birey sayısının ne kadar sık arttığının bir göstergesidir. Bu sıklık ve artışın önemi ve bununla birlikte OSB'nin yaşam boyu süren nöro-gelişimsel bir bozukluk ile ilişkili olması (Huang vd., 2019) dikkate alındığında ilgili alanyazında OSB alanında yapay zekâ teknolojisinin kullanımına yönelik çalışmaların incelenmesi, önemle üzerinde durulması gereken konulardan biridir. Sağdıç ve Sani-Bozkurt (2020) tarafından yapılan çalışmada yapay zekâ teknolojilerinin OSB alanında kullanımının incelenmesine yönelik gerçekleştirilen ilgili alanyazın çalışmasında OSB'nin en önemli tanı ölçütlerinden biri olan sosyal etkileşim ve iletişimdeki yetersizlikleri ile sınırlı, yineleyici ve takıntılı davranış, ilgi ve etkinlik örüntüleri bağlamında oldukça sınırlı araştırmalar gerçekleştirildiği dikkat çekmektedir. Bunun yanı sıra çalışmada OSB ve yapay zekâ ile ilgili olarak yapılan çalışmaların sonuçları ümit verici olmakla birlikte bu teknolojinin OSB olan çocuklar için ileride ne tür sonuçlara yol açabileceği üzerinde durulması gereken konulardan biri olarak vurgulanmaktadır. Bunun için alanyazındaki bulguların genişletilmesi ve desteklenmesi amacıyla OSB olan bireylere çeşitli alanlarda yapay zekânın kullanılmasına yönelik ileri araştırmaların yapılması önerilmektedir. Alanyazında yapılan araştırma bulguları incelendiğinde OSB'de yapay zekâ kullanımına ilişkin araştırmalarla ilgili halen bir boşluk olduğu dikkat çekmektedir. OSB olan çocuklarla özellikle teknolojinin gelişimi ile birlikte gelişen ve değişen yapay zekâ konulu araştırmalarının sonuçları ile ilgili olarak mevcut durumu ortaya koymak önemlidir. Bu önem doğrultusunda yukarıda söz edildiği üzere OSB'nin hızlı artışı ve aynı zamanda yapay zekâ teknolojisinin her geçen gün hızla gelişmesi ve çeşitlilik göstermesi nedeniyle özellikle 2020 pandemi sonrası yapay zekâ teknolojisinin OSB alanında kullanılmasıyla ilgili güncel çalışmaları incelemek ve araştırma trendlerini belirlemek amaçlanmıştır.

Yöntem

Bu çalışmanın yöntemi sistematik alanyazın tarama çalışmasıdır. Sistematik alanyazın taraması belli bir konu üzerinde yayımlanmış çalışmaların kapsamlı bir biçimde taranarak, çeşitli dahil etme ve eleme kriterleri ile derlemeye dahil edilecek bulguların sentezlenmesini ifade eder (Karaçam, 2013; Zawacki-Richter vd., 2020). Bu bağlamda anahtar sözcükler "autism spectrum disorders" ve "artificial intelligence" olarak belirlendikten sonra Academic Search Ultimate, EBSCO ve Google Akademik veri tabanlarında tarama yapılmıştır. Genişletici olarak geliştirilmiş bağlantılı konular seçeneği işaretlenmiştir. Böylece yapay zekâ ve otizm ile ilişkili diğer anahtar sözcükler (AI, machine learning, deep learning, autism vb.) de taramaya dahil olmuştur. Academic Search Ultimate veri tabanında anahtar kelimeler aratıldığında 267 makaleye ulaşılmıştır. Kapsam içi ölçütlerden biri olan a) tam metin sınırlandırması yapıldığında bu sayı 233'e b) 2020-2024 yılları arasındaki makaleler sınırlandırması ile sayı 176'ya, c) yayın dili Türkçe ve İngilizce olması sınırlandırması ile 173'e, d) hakemli dergilerde yayımlanmış olması sınırı ile sayı 167'ye düşmüştür. Kapsam içi ölçütler belirlenerek ulaşılan çalışmalardan derleme çalışmaları elendiğinde makale sayısı 58'e düşmüştür. Bu makaleler incelenmiş ve araştırma sonuçlarının yapay zekâ ile analiz edildiği makaleler ve içeriğinde yapay zekânın önerildiği ama yapay zekânın yer almadığı makaleler çalışmadan dışlanmıştır. Bu işlemden sonra 27 makale çalışma kapsamına alınmıştır. EBSCO veri tabanında anahtar kelimeler aratılmış ve kapsam içi ölçütler dahilinde yukarıda söz edilen süreç benzer şekilde yürütülmüş ve 10 çalışma dahil edilmiştir. Google Akademik veri tabanında anahtar kelimeler aratılmış ve kapsam içi ölçütler dahilinde yukarıda söz edilen süreç benzer şekilde yürütülmüş ve 14 çalışma dahil edilmiştir. Bu süreç sonunda Academic Search Ultimate, EBSCO ve Google Akademik veri tabanlarından ulaşılan toplam makale sayısı 51'dir (Kaynakçada * ile gösterilmiştir). Bu 51 çalışmanın içerikleri tabloya dökülmüş ve tablo üzerinden üç araştırmacı aracılığı ile tablo içerikleri kontrol edilerek içeriklerin son hali verilmiştir. Çalışmanın verileri içerik analizi ile analiz edilmiştir.

Bulgular

Katılımcı özellikleri

Katılımcı özellikleri bağlamında katılımcıların yaşları ile ilgili çalışmaların 12'sinin 0-6 yaş (örn., Kim vd., 2022; Chola Raja ve Kannimuthu, 2023; Tilwani vd., 2023), 7'sinin 6-12 yaş (örn., Alsaidi vd., 2024; Khullar vd., 2021; Zhao vd., 2021), 1'inin 12-18 yaş (Torres vd., 2022), 1'inin 18 yaş üzeri (Scott vd., 2021) katılımcıları içeren geniş bir yelpazede gerçekleştirildiği görülmüştür. Ek olarak 16 çalışma (örn., Chi vd., 2022; Selvi vd., 2023; ud Din

vd., 2022;) geniş bir yaş aralığında yapılmıştır. Kalan 14 çalışmada ise (örn., Ali vd., 2023; Shahamiri vd., 2022) katılımcıların yaşları belirtilmemiştir. İncelenen araştırmaların sıklıkla erken yaş dönemindeki katılımcılardan oluştuğu dikkati çekmektedir. Yukarıda söz edildiği üzere otizmde erken tanı ve müdahale amacıyla katılımcı yaşları 18-35 ay (Tang vd., 2023) ve 6-24 ay (Lee vd., 2020) gibi 0-6 yaş döneminde olan çocuklarla çalışmalar yürütülmüştür. Otizm tanısı her yaşta konulabilir ancak erken dönemde tanılamak çocuğun eğitim sürecinde başarılı olmasını sağlayabilir (Alqaysi vd., 2022). Aynı zamanda erken tanı beraberinde erken müdahalenin yolunu açmaktadır. Ancak uzman yetersizliği, hızlı ve doğru tanı araçlarına sınırlı erişim nedeniyle otizmi yaşamın erken dönemlerinde tanılama zor olabilir (Cavus vd., 2021). Katılımcı özellikleri incelendiğinde 0-6 yaş dönemi kadar, geniş aralıklı büyük yaş grupları ile de çalışıldığı görülmektedir (örn., Chi vd., 2022; Selvi vd., 2023; ud Din vd., 2022). 51 makalenin 18'inde (örn., Cantin-Garside vd., 2020; Shahamiri vd., 2022) katılımcılar yalnızca OSB olan bireylerden oluşmaktadır. Araştırmaların 16'sında (örn., Ali vd., 2023; Kim vd., 2023; Wawer vd., 2022) OSB ve tipik gelişim gösteren bireylerin karşılaştırıldığı görülmekteyken; 16 çalışmada ise (örn., Alvari vd., 2021; Awaji vd., 2023; Raj ve Masood 2020) risk altında olan ve/veya tanısı OSB olan bireyler araştırmalara dahil edilmiştir. Araştırmaların 1'inde ise (Yang vd., 2023) katılımcılar OSB ve Dikkat Eksikliği ve Hiperaktivite Bozukluğu (DEBH) olan bireylerden oluşmaktadır. Yalnızca OSB olan bireyler %34'lük bir araştırma dilimini oluştururken OSB olan bireyler ile tipik gelişim gösteren bireylerin karşılaştırıldığı %31'lik bir dilim de görülmektedir. Özellikle OSB olan bireyleri alanyazında tipik gelişim gösteren bireylerle karşılaştırması beklendik bir durum olarak ifade edilebilir. Alanyazın incelendiğinde OSB'li bireyler, tipik gelişim gösteren bireylerden farklı olarak çevrelerine karşı ilgisiz görünürler ve sosyal gülümseme, insan yüzüne karşı ilgi göstermeyip, ilgilerini çevrelerindeki kişiler ile kendiliklerinden paylaşmada ve duygusal karşılık vermede önemli sınırlılıklar sergilemektedirler. Bu anlamda OSB'li bireylerin sosyal davranışları sosyal ortamlarda uygunsuz ve olağan dışıdır (Ceyhun vd., 2016; Tanguay, 2000; Volkmar vd., 2002). Ek yetersizlikler incelendiğinde ise OSB olan bireylerin sıklıkla DEHB olan bireylerle karşılaştırıldığı görülmektedir (Şen, 2020). Geçtiğimiz yıllarda DEHB ve OSB olan bireylerin görülme sıklıklarındaki artışa paralel olarak, DEHB ve OSB arasındaki ilişki hem klinik hem araştırma alanında ilgi odağı olmuştur (Antshel vd., 2013; Şen, 2020). Ayrıca son yıllarda OSB olan çocuklarda DEHB'in birlikte görüldüğü bulgusuna ulaşan araştırmalar alanyazında artmıştır (Ames ve White, 2011; Rao ve Landa, 2014; Şen, 2020). DEHB tanısı alanların da klinik olarak yüksek OSB semptom seviyeleri gösterdiklerine ilişkin çalışmalar (Grzadzinski vd., 2011; Mulligan vd., 2009; Şen, 2020) klinik olarak iki durum arasında önemli bir örtüşme olduğu görüşünü savunan ve giderek artan bir araştırma grubunun doğmasına neden olmuştur. Bu nedenle çalışmalarda birlikte ele alınan çalışma sayısının oldukça fazla olmasının nedeni olarak açıklanabilir.

Çalışılan Konular

Araştırma kapsamında çalışılan konular; tanı amaçlı yapay zekâ kullanımı, beceri öğretimi amaçlı yapay zekâ kullanımı, problem davranışları önleme amaçlı yapay zeka kullanımı olarak üç şekilde sınıflandırılabilir. İncelenen makalelerin çoğunlukla OSB olan bireyleri tanılama ve sınıflandırma (örn., Scott vd., 2021; Selvi vd., 2023; Torres vd., 2023; Yang vd., 2023) kategorisinde olduğu görülmektedir. 48 makalede OSB olan bireyleri tanılama, olasılığı tespit etme ve sınıflama alanında çalışıldığı görülürken beceri öğretimi alanında yalnızca iki makale (Griffen vd., 2023 Wan vd., 2022;), problem davranışı önleme alanında ise 1 makale (Hameed vd., 2022) bulunmaktadır. Tanılama ve sınıflandırma kategorisinde ele alınan makaleler incelendiğinde bazı çalışmalarda yapay zekâ ile göz takibi ve göz teması (Ahmed vd., 2022; Alsaidi vd., 2024; Alvari vd., 2021;) inceleme konu alanları ile OSB bireyleri tanılama çalışmaları yapıldığı tespit edilmiştir. Bununla ilgili olarak Kollias vd. (2021) derleme araştırmasında da çoğu çalışmanın OSB sınıflandırması için Makine Öğrenimi ve göz izleme teknolojisini kullandığını ve %80'den daha yüksek bir doğruluk elde ettiğini belirtmiştir. Dolayısıyla yapılan çalışmanın bulgularının, derleme çalışmaları ile de uyumlu olduğu ve tanılamada göz izleme teknolojisinin sık kullanıldığı ifade edilebilir. Araştırmadaki makalelerin 16 tanesi MRI (örn., Kim vd., 2022; Tang vd., 2020; Yang vd., 2023) ve EEG (örn., Liao vd., 2022; Torres vd., 2022; ud Din vd., 2022) yapay zeka destekli beyin görüntüleme yoluyla yapılan otizmi tanılama çalışmalarıdır. MRI'ın OSB tanılamada oldukça sık kullanıldığı tespit edilmiştir. Chaddad vd. (2021) yaptıkları derleme çalışmasında OSB teşhisi için MRI tabanlı modellerin, göz izleme ve BT görüntü analizinden daha uygun olduğunu ve MRI'ın, beyin hakkında daha fazla detay sağlayabildiğini ifade etmiştir. Yine Moridian vd. (2022), klinik uzmanların, OSB'yi doğru bir şekilde teşhis etmek için MRI yöntemlerini kullandığı belirtilmiştir. EKG sinyallerinin OSB yatkınlığı ile bağlantısının araştırıldığı bir çalışmada (Tilwani vd. 2023) EKG sinyallerinin bir bebeğin OSB geliştirme olasılığı hakkında bilgiler içerdiğini öne sürülmektedir. Tanılama makalelerinin bir diğer çalışma konusu ise duygu tanımadır (örn., Talaat, 2023; Torres vd., 2023; Turan vd., 2023). OSB'li bireylerin yüz hareketlerinin ince analizi ile yapılan tanılama çalışmalarının (Awaji vd., 2023; Alvari vd., 2021) da dikkate değer olduğu söylenebilir. Son olarak kendini yaralayıcı davranışı tespit etme (Cantin-Garside vd., 2020), baş hareketi (Zhao vd., 2021), postür kontrolü (Li vd., 2020), vokal stereotip (Dufour vd., 2020), konuşma seslerindeki tonlama (Chi vd., 2022) jest tanıma (Siddiqui vd., 2021), ses anormalliği (Lee vd., 2020) gibi otizmin kendine has göstergeleri de kullanılarak tanılama yapıldığı görülmektedir. Son yıllarda OSB yaygınlığında bir artış yaşanmaktadır. OSB tanısı, yüksek düzeyde eğitimli uzmanlar tarafından yapılan davranış gözlemi ve standartlaştırılmış testler gerektirir. OSB için erken müdahale 1-2 yaşlarından itibaren başlayabilir,

ancak OSB tanıları genellikle 2-5 yaşları arasında konulur, bu da müdahalenin başlamasını geciktirir. Bebeklikte OSB'yi tespit etmek için alternatif ve güvenilir yöntemler acil bir ihtiyaçtır (Tilwani vd., 2023). Erken tanı erken eğitim için oldukça önemlidir. Bu önem sebebiyle yapay zekâ ile OSB tanılama çalışmalarının bu kadar fazla olduğu düşünülmektedir. Alanyazındaki derleme çalışmalarının çoğunlukla tanılama alanında yapılması da bu önemi doğrulamaktadır (Cavus vd., 2021; Chaddad vd., 2021; Francese ve Yang, 2022). Çalışma kapsamında 4 ile 12 yaşları arasındaki OSB'li çocukların problem davranışlarını önlemek amaçlı nabız hareketlerinin kaydedildiği, bu sayede duyguların önceden tespitinin yapıldığı bir araştırmanın (Hameed vd., 2022) da bu bireylerin topluma uyumlarını kolaylaştırmak açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Problem davranışların önlenmesi amaçlı yapay zekâ kullanımı son derece pratik bir kullanım olabilmektedir. Yapay zekâ algoritmaları ile bir uzmanın harcaması gereken zaman ve çabanın en aza indirgenerek daha kolay çalışılabilir olması ile problem davranış önleme amaçlı çalışmaların sıklığı arttırabilir. Problem davranışlar ne kadar erken önlenirse sosyal hayata uyum o kadar kolay olabilmektedir. OSB olan çocuklar söz konusu olduğunda ise bu işin önemi kat ve kat artmaktadır. Özellikle bu bireylerin sosyal ipuçlarını anlama, yorumlama, sosyal kuralları izlemekte zorlanmaları nedeniyle ağlama, vurma, kendine zarar verme ya da öfke nöbetleri yaşadıkları bilinmektedir (Boyd ve Shaw, 2010). Bu nedenle OSB olan bireylerde problem davranışların önlenmesi amacıyla yapay zekâ desteği kullanımının ileri çalışmalarda incelenmesi son derece önemlidir. İncelenen çalışmalarda OSB olan çocuklara yapay zekâ kullanılarak yapılan beceri öğretimi çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Beceri öğretimi uygulamaları ile ilgili 2 makale bulunmaktadır. Bunlardan biri duygu tanıma becerisini geliştirmeye yönelik müdahaledir (Wan vd., 2022). Diğer uygulamalı makale (Griffen vd., 2023) ise el yıkama becerisi ile ilgilidir. El yıkamanın sağlık ve hijyen açısından hayati bir beceri olduğu düşünüldüğünde, OSB gibi zihinsel ve gelişimsel engellere sahip bireyler için, teknoloji destekli stratejiler, bu becerilerin uygulanmasının öğretiminde etkili olabilir. Derleme çalışmaları incelendiğinde çoğunlukla tanılama alanında çalışmaların olduğu beceri öğretimi gibi uygulamalı alanın eksik olduğu görülmüştür (Cavus vd., 2021; Chaddad vd., 2021; Francese ve Yang, 2022; Hopcan vd., 2022). Yapay zekâ teknolojisinin OSB alanında kullanımı, sadece tanı sürecini değil, aynı zamanda bireylerin günlük yaşam becerilerinin öğretilmesi ve geliştirilmesi gibi alanlarda da potansiyel sağlamaktadır. Ancak, OSB alanında beceri öğretimine yönelik yapay zekâ çalışmalarının sınırlı olduğu ve daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu görülmektedir. Gelecek çalışmalarda OSB olan bireylere beceri öğretimi yapılırken yapay zekâ teknolojisinin etkililiğini görmek için daha fazla uygulamalı çalışmaların yapılması önerilebilir. OSB olan bireyler için bağımsız yaşam becerilerinin öğretiminin önemi düşünüldüğünde bu tür özbakım ya da diğer gelişim alanlarındaki beceri öğretimine odaklanan uygulamalı çalışmaların yapılması bir gerekliliktir. OSB olan bireyler söz konusu olduğunda özellikle tanı ölçütleri düşünüldüğünde en önemli beceri alanlarından birisi sosyal becerilerdir (APA, 2013). Özellikle sosyal becerilerin pek çok teknoloji desteği sunularak öğretildiği çalışmalar olduğu bilinmektedir (Fachantidis vd., 2020; Marino vd., 2020; Sani-Bozkurt vd., 2017). Bununla birlikte teknoloji destekli öğretim ile yapılan çalışmaların sonuçlarını derleyen sistematik alanyazın çalışmalarında (Kizir ve Yıkmış, 2016; Kouroupa vd., 2022; Odluyurt ve Çattık, 2018) teknoloji destekli öğretim ile yapılan çalışmaların etkili olduğu görülmektedir. Teknoloji destekli uygulamalardan biri olan yapay zekâ ile de sunulan beceri öğretimlerinin etkili olabileceği düşünülmektedir. Dolayısıyla günümüzde teknolojik gelişmelerle birlikte yapay zekâ desteği ile sunulan uygulamalardan yararlanmak OSB olan bireyler içinde ilgi çekici motivasyon artırıcı olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle de OSB'de yapay zekâ destekli uygulama çalışmalarının artırılması gerekmektedir.

Kullanılan yapay zeka

Çalışmamızda ulaştığımız 51 makalenin 22'sinde makine öğrenimi algoritmaları (örn., Küpper vd., 2020; Paolucci vd., 2023; Scott vd., 2021) kullanılmıştır. Bunların 9'unda makine öğrenimi algoritması OSB'nin tespitine yönelik kullanılırken 13'nde ise makine öğrenimi algoritmalarının performanslarını sınıflandırmaya yönelik çalışmalar yapıldığı görülmektedir. İncelediğimiz makalelerin 22'sinde ise derin öğrenme algoritmalarının (örn., Alsaidi vd., 2024; Torres vd., 2023; Wawer ve Chojnicka, 2022) kullanıldığı görülmektedir. İncelediğimiz makalelerin 4'ünde (Mellema vd., 2022; Raj ve Masood, 2020; Shahamiri ve Thabtah, 2020; Shahamiri vd., 2022) makine ve derin öğrenme algoritmalarının performanslarının karşılaştırıldığı görülmektedir. Bu çalışmalarda derin öğrenme algoritmalarının makine öğrenmesi algoritmalarına göre daha iyi performans gösterdiği belirtilmiştir. Çalışmaların çoğunda, OSB olan ve olmayan bireyler arasında karşılaştırmalar yapılmış, OSB olan ve olmayan bireyler arasındaki farklılıklar belirlenip yapay zekâ yöntemlerinin bu farklılıkları ayırt etme etkinliği belirlenmeye çalışılmıştır. Makine öğrenimi algoritmalarının, OSB'nin tespiti ve sınıflandırılması için yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. SVM, LR, DT, gibi çeşitli sınıflandırıcılar, OSB göstergelerini sınıflandırmak için tercih edilen algoritmalar arasındadır. İncelenen çalışmalarda bu algoritmaların doğruluk oranlarının yüksek olduğu ve OSB'yi etkili bir şekilde tespit edebildikleri gözlemlenmiştir. Derin öğrenme algoritmaları da OSB tespiti ve sınıflandırması için kullanılmaktadır. Özellikle T-CNN-ASD gibi özel derin öğrenme modelleri, insan müdahalesi olmaksızın OSB olan çocukları tipik gelişen çocuklardan doğru bir şekilde ayırt edebildiği görülmektedir. Ayrıca, derin öğrenme algoritmalarının, klasik makine öğrenimi yöntemlerinden daha yüksek doğruluk oranlarına sahip olduğu da çalışmalarda vurgulanmıştır. OSB tanısı için makine öğrenmesi ve derin

öğrenme algoritmalarının performansını değerlendirmeye yönelik çalışmalara devam edilmesi ve OSB tanısı için hangi algoritmaların daha başarılı olduğunun tespit edilmesi önerilebilir. Araştırmacılar, yapay zekâ algoritmalarının doğruluğunu ve güvenilirliğini sürekli olarak değerlendirmelidir. OSB, her bireyde farklılık gösterebileceği için yapay zekâ modellerinin bireysel farklılıkları tanıyabilecek kadar hassas ve özelleştirilebilir olarak tasarlanması önerilebilir. İncelediğimiz makalelerin 2'sinde ise hibrit teknoloji (Ahmed vd., 2022; Awaji vd., 2023) kullanılmaktadır. Hibrit teknoloji farklı özelliklere sahip olan derin öğrenme (CNN gibi) ve geleneksel makine öğrenimi algoritmalarının (XGBoost ve RF gibi) bir araya getirilmesini içermektedir. Awaji vd. (2023)'nin çalışmasında, VGG16-MobileNet modellerinden gelen özellikleri kullanan hibrit RF algoritması, üstün performans gösterdiği ve %98,8 doğruluk, %98.9 hassasiyet, %99 duyarlılık ve %99.1 özgüllük elde ettiği belirtilmiştir. Ahmed vd. (2022)'nin çalışmasında ise hibrit tekniklerin sinir ağlarının gerisinde kaldığı bulgusuna ulaşılmıştır. Moridian vd. (2022) derleme çalışmasında geleneksel makine öğrenimi (ML) ve derin öğrenme (DL)'nin OSB teşhisi için kullanılan en 622opular yapay zekâ yöntemleri olduğunu ifade etmiştir. İncelediğimiz çalışmalarda da bu iki yöntemin sıklıkla kullanıldığını görmekteyiz fakat hibrit teknolojilerin kullanımına yönelik sınırlı sayıda araştırma bulunmaktadır. İleride yapılacak araştırmalarda derin öğrenme ve makine öğrenmesi algoritmalarının bir araya getirildiği ve performanslarının ölçüldüğü çalışmalar yapılabilir. Kalan 1 çalışmada (Griffen vd., 2023) ise kullanılan yapay zekâ yöntemi hakkında bilgi verilmemiştir.

Araştırmaların Sonuçları

OSB ve yapay zekâ teknolojisinin kullanımına yönelik çalışmalar daha çok OSB olan bireylerin tanılanmasına yönelik sonuçları içermektedir. Bu tanılama çalışmalarının sonuçlarını incelediğimizde ise yapay zekânın, OSB olan bireyleri tanılamada başarılı ve/veya umut verici olduğu görülmektedir. Örneğin; Kim vd. (2022)'nin çalışmasında MRI verilerine dayalı makine öğrenme analizinin, OSB olan okul öncesi çocukları tipik gelişim gösteren akranlarından ayırt etmede başarılı olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Erden vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada makine öğrenme teknikleriyle MRI görüntülerini değerlendirmek için kullanılan bazı umut verici bilgisayar destekli araçların bulunduğu fakat aynı zamanda bu araçların sınırlılıklarının olduğu vurgulanmıştır. Yapay zekâ algoritmalarının gerçekten etkili olabilmesi için çok büyük miktarda veriye ihtiyaç olduğu belirtilmiştir. Yine Cavus vd. (2021) tarafından yapılan sistematik alanyazın taramasında, makine öğrenimi çalışmaları için standartlaştırılmış OSB veri depolarına ihtiyaç olduğu ifade edilmiştir. İncelediğimiz çalışmaların sonuçları ve alanyazındaki bu bilgilerden hareketle MRI görüntülerinin OSB teşhisinde kullanılmasının umut vadedici olduğunu fakat standart veri depolarına ihtiyacın olduğunu söyleyebiliriz. Zhao vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada baş hareketi dinamiklerinin, OSB'yi tanımlayabileceği ifade edilmiştir. Shahamiri vd. (2022)'nin çalışmasında, derin öğrenme teknolojilerinin mevcut OSB taramasına entegre edilebileceği ve paydaşlara OSB özelliklerinin erken tanısında yardımcı olabileceği belirtilmiştir. Wawer ve Chojnicka, (2020) tarafından yapılan çalışmada OSB olan çocukların anlatılarından hareketle OSB tanısında bulunan bir yapay zekâ modeli geliştirilmiş ve anlatı transkripsiyonlarına dayalı otomatik OSB sınıflandırmasının uygulanabilir olduğu ve doğruluğunun yüksek olduğu ortaya koyulmuştur. ud Din vd. (2022)'nin çalışmasında ise (EEG) sinyallerinin, OSB sınıflandırmasında biyobelirteç olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir. Hameed vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada kalp atış hızının, OSB olan çocukların duygularını tespit etmek için güçlü bir gösterge olduğu ifade edilmiştir. OSB olan çocuğa sahip ebeveynlerin geliştirdikleri yapay zekâ destekli mobil uygulamayı kullanarak çocukları ile etkili bir şekilde etkileşime girebilecekleri ifade edilmiştir. Alvari vd. (2021)'nin göz teması ve yaşa dayalı bir OSB sınıflandırması yapılan çalışmada klinik uzmanların, nicel verilere dayalı olarak, sosyal etkileşimde yer alan insanlar tarafından gerçekleştirilemeyen ince detaylı analizlere dayalı müdahalelere odaklanmalarına yardımcı olabilir sonucuna ulaşılmıştır. Liao vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada makine öğretimi yöntemini kullanarak OSB tanısı koymak için hibrit veri birleştirme yaklaşımı önerilmiştir. Bu verilerin birbirini tamamlayıcı özelliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Chi vd. (2022)'nin konuşma seslerindeki ekolali, tipik olmayan ya da monoton tonlama verileri kullanılarak OSB tespiti yapılan çalışmasının sonuçlarında otizmi otomatik olarak tespit etmede makine öğrenimi yöntemlerinin umut verici olduğu belirtilmiştir. Siddiqui vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada, giyilebilir sensörlerin OSB olan çocukların hareketlerini tanıma konusunda başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Cavus vd. (2021) tarafından yapılan sistematik alanyazın taramasında fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme, göz izleme ve genetik veriler de dahil olmak üzere çeşitli yöntemlerle yapılan makine öğrenmesi tabanlı OSB teşhislerine rağmen, davranışsal verilere dayalı umut verici sonuçların olduğu ve davranışsal verilerle daha fazla araştırma yapılması gerektiği vurgulanmıştır. Bununla birlikte Plitt vd. (2015)'nin çalışmasındaki davranışsal ölçümler aracılığıyla yapılan OSB sınıflandırmasının rs-fMRI sınıflandırıcılarını geride bıraktığı bulgusu paylaşılmıştır. Bizim incelediğimiz çalışmalarda da kendini yaralayıcı davranışı tespit etme, postür kontrolü, vokal stereotip, konuşma seslerindeki tonlama, jest tanıma gibi davranışsal verilerin tanılama sürecinde kullanıldığını görmekteyiz. Alanyazında OSB tanısında davranışsal verilerin kullanımına yönelik artışın olduğu görülmektedir. Yapay zekâ teknolojisinin OSB alanında tanı dışında beceri öğretimine yönelik kullanımına iki makalede rastlamaktayız. Bu çalışmaların sonuçları şu şekildedir: Li vd. (2020)'nin derin öğrenme algoritmalarının kullanıldığı çalışmasında duygu (mutluluk, üzüntü, korku, öfke) tanıma becerisini geliştirmeye yönelik müdahale uygulanmış ve 5 yaşın altındaki çocukların sistemi etkili bir şekilde

kullanamadıkları ifade edilmekle birlikte dört OSB olan çocuğun üç günlük "Duygu Taklidi Eğitimi" boyunca geçerli ifadelerinin dikkate değer şekilde arttığı ve geçersiz ifadelerinin azaldığı bulgusuna ulaşılmıştır. Griffen vd. (2023) tarafından yapılan OSB olan dört çocuğa el yıkama becerisi öğretiminde yapay zekâ destekli tablet tabanlı uygulamanın kullanıldığı çalışmada ise uzman personel eksikliği sebebiyle OSB olan bireylerle çalışan uygulamacıların öğretim stratejilerini kullanırken uygulama güvenirliğine dair sınırlılıklarının olabileceği, bu problem durumuna yönelik geliştirilen tablet tabanlı uygulama ile uygulamacıların uygulama güvenirliklerini artırdıkları ve ölçütleri karşıladıkları bilgisi verilmiştir. Öğretmen eğitimi söz konusu olduğunda etkili yöntemleri kullanmak önemlidir. Özellikle davranış değişikliğine dayalı yöntemlerden olumlu sonuçlar alabilmek için uygulama güvenirliğinin yüksek olması kritik bir öneme sahiptir (Andzik ve Cannella-Malone, 2017). İncelediğimiz çalışmada yapay zekâ desteği ile uygulamacıların uygulama güvenirliklerini artırabileceği görülmektedir. Uzman personel eksikliği olan OSB alanında, yapay zekâ teknolojisinin uygulamacılara destek sağlaması OSB olan bireylerin nitelikli eğitim almasını sağlayabilir. Bu bakımdan benzer çalışmaların yapılması ve geliştirilen uygulamaların kullanımının yaygınlaşması önemlidir. İncelediğimiz çalışmada el yıkama becerisinin öğrenimine dair bulgular ise katılımcılar arasında değişkenlik göstermektedir. Çalışmada bir çocuk katılımcının ölçütleri karşıladığı, ikisinin bazı kazanımlar gösterdiği ve bir tanesinin oturumlarda yüksek derecede değişkenlik gösterdiği ifade edilmiştir.

Sonuç

OSB alanında yapay zekâ teknolojisinin kullanımı üzerine hazırlanmış makalelerin incelendiği bu çalışmada sıklıkla erken tanının önemi vurgulanmış ve bu doğrultuda yapay zekâ teknolojilerinin OSB tanısına erken müdahale ve tedavi için potansiyel bir araç olarak kullanımı üzerinde durulmuştur. OSB tanısında yapay zekânın olumlu ve umut vadedici sonuçlar gösterdiği düşünülmektedir. Genel olarak, bu çalışmaların, yapay zekâ teknolojisinin OSB tanısı ve sınıflandırması alanında gelecekte daha etkili ve güvenilir araçlar geliştirmek için önemli bir temel oluşturabileceği söylenebilir. Makine öğrenimi ve derin öğrenme algoritmalarının OSB tespiti ve sınıflandırmasında önemli bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Ancak, daha fazla araştırma yapılması ve farklı algoritmaların ve yöntemlerin karşılaştırılması gerekmektedir. Gelecek çalışmalar, yapay zekâ tabanlı OSB tespit ve sınıflandırma yöntemlerinin klinik uygulamalara entegrasyonunu daha fazla araştırmalıdır. Bu entegrasyon, klinik kararları desteklemek ve müdahale planlarını kişiselleştirmek için yapay zekânın kullanılmasını içerebilir. Yapay zeka ile bir çok farklı yöntem ve tekniğin eklektik bir biçimde kullanılıyor olması, esnek, dinamik ve güncellenebilir yapıda olması gibi pek çok özellik OSB olan bireylerde yapay zeka sistemlerinin kullanımının avantajlı olduğunu düşündürmektedir. OSB olan bireylerin özellikleri düşünüldüğünde yapay zeka sistemleri ile bireyselleştirme ve gerektiğinde özel durumlar için uyarlamalar yapma OSB olan bireylerde pek çok farklı konunun çalışılmasında oldukça kolaylaştırıcı bir yol olarak düşünülebilir. Bununla birlikte yapay zekâ tabanlı OSB tanısı için kullanılacak verilerin toplanması ve standartlaştırılması da bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır. Böylece farklı kaynaklardan gelen verilerin uyumlu hale getirilmesini sağlayacak ve yapay zekâ algoritmalarının daha güvenilir sonuçlar üretmesine yardımcı olacaktır. Ayrıca yapay zekanın OSB tespitinde, otizmli bireylerde görülen stereotipik davranışlar, ses anormalliği, göz teması kurmama gibi göstergeler ile de tanılama yapıldığı çalışmalar vardır. Ancak bu çalışmalarda yapay zekâ tek bir OSB göstergesi ile bireyleri değerlendirmiştir. Gelecek çalışmalarda yapay zekâ teknolojisinin OSB göstergelerini bütüncül bir şekilde değerlendirmesi önerilebilir. Yapay zekâ teknolojisinin OSB alanında kullanımı, sadece tanı sürecini değil, aynı zamanda bireylerin günlük yaşam becerilerinin öğretilmesi ve geliştirilmesi gibi alanlarda da potansiyel sağlamaktadır. Ancak, OSB alanında beceri öğretimine yönelik yapay zekâ çalışmalarının sınırlı olduğu ve daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu görülmektedir. Yapay zekâ destekli mobil uygulamalar ile pek çok beceri çalışılabilir. Örneğin, OSB olan çocuklarla etkileşim kurma ve duygusal ihtiyaçlarına yanıt verme, duygu tanıma becerilerini geliştirme konusunda ebeveynlere yardımcı olabilir. Gelecek çalışmalarda OSB olan bireylere beceri öğretimi yapılırken yapay zekâ teknolojisinin etkililiğini görmek için daha fazla uygulamalı çalışmaların yapılması önerilebilir. Yapay zekâ, bireyselleştirilmiş müdahale ve destek planları oluşturmak için kullanılabilir. Örneğin, giyilebilir sensörler veya konuşma analizi gibi teknolojiler, bireylerin özel ihtiyaçlarını daha iyi anlamak ve onlara uygun müdahale yaklaşımları geliştirmek için kullanılabilir. Yapay zekâ uygulamalarını geliştiren şirketler yazılım üzerinde yoğunlaşmış kurumlardır. Bundan dolayı otizmli bireylerin ihtiyaç duyduğu unsurları tam olarak bilemedikleri için temel ihtiyaç ve isteklerini karşılayacak yapay zekâ uygulamalarının geliştirilmesi onlar adına zor olacaktır. OSB alanındaki uzmanlar ve yapay zekâ uygulamaları geliştiren kurumlar arasında geliştirilebilecek iş birlikleri, bu eksikliğin giderilmesini sağlayabilir. Bundan dolayı OSB alanındaki uzmanlar ile yazılım şirketleri arasında iş birliğinin artırılması önerilmektedir. Böylece OSB olan bireylerin, özel eğitim öğretmenlerinin ve OSB olan bireylerin ebeveynlerinin ihtiyaçlarını tam olarak karşılayabilecek yapay zekâ destekli programların geliştirilmesi sağlanabilir.

Kaynakça

*Abdel Hameed, M., Hassaballah, M., Hosney, M. E., & Alqahtani, A. (2022). An AI-enabled internet of things based autism care system for improving cognitive ability of children with autism spectrum disorders. *Computational Intelligence and Neuroscience.* https://doi.org/10.1155/2022/2247675

*Ahmed, I. A., Senan, E. M., Rassem, T. H., Ali, M. A., Shatnawi, H. S. A., Alwazer, S. M., & Alshahrani, M. (2022). Eye tracking-based diagnosis and early detection of autism spectrum disorder using machine learning and deep learning techniques. *Electronics, 11*(4), 530. https://doi.org/10.3390/electronics11040530

*Ali, M. T., Gebreil, A., ElNakieb, Y., Elnakib, A., Shalaby, A., Mahmoud, A., ... & Elbaz, A. S. (2023). A personalized classification of behavioral severity of autism spectrum disorder using a comprehensive machine learning framework. *Scientific reports, 13*(1), 17048. https://doi.org/10.1038/s41598-023-43478-z

Alpaydın, E. (2013). *Yapay öğrenme.* Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi.

Alqaysi, M. E., Albahri, A. S., & Hamid, R. A. (2022). Diagnosis-based hybridization of multimedical tests and sociodemographic characteristics of autism spectrum disorder using artificial intelligence and machine learning techniques: A systematic review. *International Journal of Telemedicine and Applications.* https://doi.org/10.1155/2022/3551528

*Alsaidi, M., Obeid, N., Al-Madi, N., Hiary, H., & Aljarah, I. (2024). A convolutional deep neural network approach to predict autism spectrum disorder based on eye-tracking scan paths. *Information, 15*(3), 133. https://doi.org/10.3390/info15030133

*Alteneiji, M. R., Alqaydi, L. M., & Tariq, M. U. (2020). Autism spectrum disorder diagnosis using optimal machine learning methods. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, *11*(9). https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110929

*Alvari, G., Coviello, L., & Furlanello, C. (2021). EYE-C: eye-contact robust detection and analysis during unconstrained child-therapist interactions in the clinical setting of autism spectrum disorders. *Brain Sciences, 11*(12), 1555. https://doi.org/10.3390/brainsci11121555

*Alvari, G., Furlanello, C., & Venuti, P. (2021). Is smiling the key? Machine learning analytics detect subtle patterns in micro-expressions of infants with ASD. *Journal of Clinical Medicine, 10*(8), 1776. https://doi.org/10.3390/jcm10081776

American Psychiatric Association. (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed.). Arlington, VA: American Psychiatric Publishing.

Ames, C. S., &White, S. J. (2011). Brief report: Are ADHD traits dissociable from the autistic profile? Links between cognition and behaviour. Jou*rnal of Autism and Developmental Disorders, 41,* 357-363. https://doi.org/10.1007/s10803-010-1049-0

Andzik, N. & Cannella-Malone, H.E. (2017). A review of the pyramidal trainng approach for practitioners working with individuals with disabilities. *Behavior Modification, 41* (4), 558-580. https://doi.org/10.1177/0145445517692952

Antshel, K. M., Zhang-James, Y., &Faraone, S. V. (2013). The comorbidity of ADHD and autism spectrum disorder. *Expert Review of Neurotherapeutics, 13*(10), 1117-1128. https://doi.org/10.1586/14737175.2013.840417

*Awaji, B., Senan, E. M., Olayah, F., Alshari, E. A., Alsulami, M., Abosaq, H. A., ... & Janrao, P. (2023). Hybrid techniques of facial feature image analysis for early detection of autism spectrum disorder based on combined CNN features. *Diagnostics, 13*(18), 2948. https://doi.org/10.3390/diagnostics13182948

*Bala, M., Ali, M. H., Satu, M. S., Hasan, K. F., & Moni, M. A. (2022). Efficient machine learning models for early stage detection of autism spectrum disorder. *Algorithms, 15*(5), 166. https://doi.org/10.3390/a15050166

Bellman, R. (1978). *An introduction to artificial intelligence: Can computers think?.* Thomson Course Technology. Boyd & Fraser Publishing Company.

Boyd, B. A., & Shaw, E. (2010). Autism in the classroom: A group of students changing in population and presentation. *Preventing School Failure: Alternative Education for Children and Youth, 54*(4), 211-219. https://doi.org/10.1080/10459881003744552

*Cantin-Garside, K. D., Kong, Z., White, S. W., Antezana, L., Kim, S., & Nussbaum, M. A. (2020). Detecting and classifying self-injurious behavior in autism spectrum disorder using machine learning techniques. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 50,* 4039-4052. https://doi.org/10.1007/s10803-020-04463-x

Cavus, N., Lawan, A. A., Ibrahim, Z., Dahiru, A., Tahir, S., Abdulrazak, U. I., & Hussaini, A. (2021). A systematic literature review on the application of machine-learning models in behavioral assessment of autism spectrum disorder. *Journal of Personalized Medicine, 11*(4), 299. https://doi.org/10.3390/jpm11040299

Centers for Disease Control and Prevention. (2023). Community report on autism. https://www.cdc.gov/ncbddd/autism/addm-community-report/

Ceyhun, A. T., Özdemir, S., Töret, G., & Özkubat, U. (2016). Otizm spektrum bozukluğu olan çocuk ve ebeveynlerinin, ebeveyn-çocuk etkileşimlerinin normal gelişim gösteren çocuk ve ebeveynleri ile karşılaştırılması. *International Journal of Early Childhood Special Education, 7*(2), 183-211. https://doi.org/10.20489/intjecse.29569

Chaddad, A., Li, J., Lu, Q., Li, Y., Okuwobi, I. P., Tanougast, C., ... & Niazi, T. (2021). Can autism be diagnosed with artificial intelligence? *A Narrative Review. Diagnostics, 11*(11), 2032. https://doi.org/10.3390/diagnostics11112032

*Chi, N. A., Washington, P., Kline, A., Husic, A., Hou, C., He, C., ... & Wall, D. P. (2022). Classifying autism from crowdsourced semistructured speech recordings: machine learning model comparison study. *JMIR Pediatrics and Parenting, 5*(2), e35406. https://doi.org/10.2196/35406

*Chola Raja, K., & Kannimuthu, S. (2023). Deep learning-based feature selection and prediction system for autism spectrum disorder using a hybrid meta-heuristics approach. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 45*(1), 797-807. https://doi.org/10.3233/JIFS-223694

*Dufour, M. M., Lanovaz, M. J., & Cardinal, P. (2020). Artificial intelligence for the measurement of vocal stereotypy. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 114*(3), 368-380. https://doi.org/10.1002/jeab.636

Elmas, Ç. (2016). Yapay zeka uygulamaları: Yapay sinir ağı, bulanık mantık, sinirsel bulanık mantık, genetik algoritma. Seçkin Yayıncılık.

Erden, Y. J., Hummerstone, H., & Rainey, S. (2021). Automating autism assessment: What AI can bring to the diagnostic process. *Journal of Evaluation in Clinical Practice, 27*(3), 485-490. https://doi.org/10.1111/jep.13527

Fachantidis, N., Syriopoulou-Delli, C. K., Vezyrtzis, I., & Zygopoulou, M. (2020). Beneficial effects of robot-mediated class activities on a child with ASD and his typical classmates. *International Journal of Developmental Disabilities, 66*(3), 245-253. https://doi.org/10.1080/20473869.2019.1565725

*Farooq, M. S., Tehseen, R., Sabir, M., & Atal, Z. (2023). Detection of autism spectrum disorder (ASD) in children and adults using machine learning. *Scientific Reports, 13*(1), 9605. https://doi.org/10.1038/s41598-023-35910-1

Francese, R., & Yang, X. (2022). Supporting autism spectrum disorder screening and intervention with machine learning and wearables: a systematic literature review. *Complex & Intelligent Systems, 8*(5), 3659-3674. https://doi.org/10.1007/s40747-021- 00447-1

*Griffen, B., Lorah, E. R., Caldwell, N., Hantula, D. A., Nosek, J., Tincani, M., & Lemley, S. (2023). The effects of artificial intelligence on implementors' fidelity of instructional strategies during handwashing acquisition in children with autism. *Journal of Developmental and Physical Disabilities, 1*-27. https://doi.org/10.1007/s10882-023- 09937-1

Haugeland, J. (1985). *Artificial intelligence: The very idea.* The MIT Press.

Hopcan, S., Polat, E., Ozturk, M. E., & Ozturk, L. (2023). Artificial intelligence in special education: a systematic review. *Interactive Learning Environments, 31*(10), 7335-7353. https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2067186

Huang, X. Q., Zhang, H., & Chen, S. (2019). Neuropsychiatric symptoms, parenting stress and social support in Chinese mothers of children with autism spectrum disorder. *Current Medical Science, 39,* 291-297.

Karaçam, Z. (2013). Sistematik derleme metodolojisi: Sistematik derleme hazırlamak için bir rehber [Systematic review methodology: A guide to preparing systematic reviews]. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Elektronik Dergisi, 6*(1), 26-33.

*Ke, F., Choi, S., Kang, Y. H., Cheon, K. A., & Lee, S. W. (2020). Exploring the structural and strategic bases of autism spectrum disorders with deep learning. *Ieee Access*, *8*, 153341-153352. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3016734

Khodatars, M., Shoeibi, A., Sadeghi, D., Ghaasemi, N., Jafari, M., Moridian, P., ... & Berk, M. (2021). Deep learning for neuroimaging-based diagnosis and rehabilitation of autism spectrum disorder: a review. *Computers in Biology and Medicine, 139*, 104949. https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2021.104949

*Khullar, V., Singh, H. P., & Bala, M. (2021). Deep neural network-based handheld diagnosis system for autism spectrum disorder. *Neurology India, 69*(1), 66-74. https://doi.org/10.4103/0028-3886.310069

*Khullar, V., Singh, H. P., & Bala, M. (2021). Meltdown/Tantrum detection system for individuals with autism spectrum disorder. *Applied Artificial Intelligence, 35*(15), 1708-1732. https://doi.org/10.1080/08839514.2021.1991115

*Kim, J. I., Bang, S., Yang, J. J., Kwon, H., Jang, S., Roh, S., ... & Kim, B. N. (2022). Classification of preschoolers with low-functioning autism spectrum disorder using multimodal MRI data. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 1*-13. 10.1007/s10803-021-05368-z

Kizir, M., & Yıkmış, A. (2016). Otizm spektrum bozukluğu olan bireylere sosyal beceri öğretiminde bilgisayar destekli öğretim uygulamalarının gözden geçirilmesi. Bartın University *Journal of Faculty of Education, 5*(2), 247-272. https://doi.org/10.14686/buefad.v5i2.5000164182

Kollias, K. F., Syriopoulou-Delli, C. K., Sarigiannidis, P., & Fragulis, G. F. (2021). The contribution of machine learning and eye-tracking technology in autism spectrum disorder research: A systematic review. *Electronics, 10*(23), 2982. https://doi.org/10.3390/electronics10232982

Kouroupa, A., Laws, K. R., Irvine, K., Mengoni, S. E., Baird, A., & Sharma, S. (2022). The use of social robots with children and young people on the autism spectrum: A systematic review and meta-analysis. *Plos one, 17*(6), e0269800. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269800

*Kumar, C. J., & Das, P. R. (2022). The diagnosis of ASD using multiple machine learning techniques. *International Journal of Developmental Disabilities*, *68*(6), 973-983. https://doi.org/10.1080/20473869.2021.1933730

*Küpper, C., Stroth, S., Wolff, N., Hauck, F., Kliewer, N., Schad-Hansjosten, T., ... & Roepke, S. (2020). Identifying predictive features of autism spectrum disorders in a clinical sample of adolescents and adults using machine learning. *Scientific reports, 10*(1), 4805. https://doi.org/10.1038/s41598-020-61607-w

Landa, R.J. (2008). Diagnosis of autism spectrum disorders in the first 3 years of life. *Nature Clinical Practice Neurology, 4*(3),138-147. 10.1038/ncpneuro0731

*Lee, J. H., Lee, G. W., Bong, G., Yoo, H. J., & Kim, H. K. (2020). Deep-learning-based detection of infants with autism spectrum disorder using auto-encoder feature representation. *Sensors, 20*(23), 6762. https://doi.org/10.3390/s20236762

*Li, Y., Mache, M. A., & Todd, T. A. (2020). Automated identification of postural control for children with autism spectrum disorder using a machine learning approach. *Journal of Biomechanics, 113*, 110073. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2020.110073

*Liao, M., Duan, H., & Wang, G. (2022). Application of machine learning techniques to detect the children with autism spectrum disorder. *Journal of Healthcare Engineering*. https://doi.org/ 10.1155/2022/9340027

Marino, F., Chilà, P., Sfrazzetto, S. T., Carrozza, C., Crimi, I., Failla, C., ... & Pioggia, G. (2020). Outcomes of a robot-assisted social-emotional understanding intervention for young children with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 50*, 1973-1987. https://doi.org/10.1007/s10803-019-03953-x

*Mellema, C. J., Nguyen, K. P., Treacher, A., & Montillo, A. (2022). Reproducible neuroimaging features for diagnosis of autism spectrum disorder with machine learning. *Scientific Reports, 12*(1), 3057. https://doi.org/10.1038/s41598-022-06459-2

*Mohanty, A. S., Parida, P., & Patra, K. C. (2021, May). Identification of autism spectrum disorder using deep neural network. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1921, No. 1, p. 012006). IOP Publishing.

Moridian, P., Ghassemi, N., Jafari, M., Salloum-Asfar, S., Sadeghi, D., Khodatars, M., ... & Acharya, U. R. (2022). Automatic autism spectrum disorder detection using artificial intelligence methods with MRI neuroimaging: A review. *Frontiers in Molecular Neuroscience, 15,* 999605. https://doi.org/10.3389/fnmol.2022.999605

Mulligan, A., Anney, R. J., O'Regan, M., Chen, W., Butler, L., Fitzgerald, M., &Nijmeijer, J. (2009). Autism symptoms in attention-deficit/hyperactivity disorder: a familial trait which correlates with conduct, oppositional defiant, language and motor disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 39*(2), 197-209. https://doi.org/10.1007/s10803-008-0621-3.

Odluyurt, S., & Çattık, M. (2018). Otizm spektrum bozukluğu olan bireyler için teknoloji temelli müdahale yöntemleri. *Kastamonu Eğitim Dergisi, 26*(6), 1851-1861. https://doi.org/10.24106/kefdergi.2203

Özçelik A.A, Soysal Ş, Arhan E, Demir E, Gücüyener, K, Serdaroğlu A. (2015). Autism spectrum disorder management practices and level of knowledge among general pediatricians. *Gazi Medical Journal, 26*(4). https://doi.org/10.12996/gmj.2015.48

Öztürk, K., ve Şahin, M. E. (2018). Yapay sinir ağları ve yapay zekaya genel bir bakış. *Takvim- i Vekayi, 6*(2), 25-36.

*Paolucci, C., Giorgini, F., Scheda, R., Alessi, F. V., & Diciotti, S. (2023). Early prediction of Autism Spectrum Disorders through interaction analysis in home videos and explainable artificial intelligence. *Computers in Human Behavior, 148*, 107877. https://doi.org/10.1016/j.chb.2023.107877

Plitt, M., Barnes, K. A., & Martin, A. (2015). Functional connectivity classification of autism identifies highly predictive brain features but falls short of biomarker standards. *NeuroImage: Clinical, 7*, 359-366. https://doi.org/10.1016/j.nicl.2014.12.01

*Raj, S., & Masood, S. (2020). Analysis and detection of autism spectrum disorder using machine learning techniques. *Procedia Computer Science, 167*, 994-1004. https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.399

Sabak, B. (2023). Yapay zeka ile bireylerde otizm tespiti. (Yüksek Lisans Tezi) Üsküdar Üniversitesi.

Sağdıç, Z. A., & Sani-Bozkurt, S. (2020). Otizm spektrum bozukluğu ve yapay zekâ uygulamaları. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi, 6*(3), 92-111.

*Scott, A. J. W., Wang, Y., Abdel-Jaber, H., Thabtah, F., & Ray, S. K. (2021). Improving screening systems of autism using data sampling. *Technology and Health Care, 29*(5), 897-909. https://doi.org/10.3233/THC-202538

Selimoğlu, Ö. G., Özdemir, S., Töret, G., & Özkubat, U. (2013). Otizmli çocuğa sahip ebeveynlerin otizm tanılama sürecinde ve tanı sonrasında yaşadıkları deneyimlerine ilişkin görüşlerinin incelenmesi. International *Journal of Early Childhood Special Education, 5(*2), 129-161. https://doi.org/10.20489/intjecse.107930

*Selvi, K., Jayaprakash, D., & Poonguzhali, S. (2023). Early diagnosis of autism using indian autism grading tool. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 44*(3), 3851-3865. https://doi.org/10.3233/JIFS-221087

*Shahamiri, S. R., & Thabtah, F. (2020). Autism AI: a new autism screening system based on artificial intelligence. *Cognitive Computation, 12*(4), 766-777. https://doi.org/10.1007/s12559-020-09743-3

*Shahamiri, S. R., Thabtah, F., & Abdelhamid, N. (2022). A new classification system for autism based on machine learning of artificial intelligence. *Technology and Health Care, 30*(3), 605-622. https://doi.org/10.3233/THC-213032

*Sharif, H., & Khan, R. A. (2022). A novel machine learning based framework for detection of autism spectrum disorder (ASD). *Applied Artificial Intelligence, 36*(1), 2004655. https://doi.org/10.1080/08839514.2021.2004655

*Siddiqui, U. A., Ullah, F., Iqbal, A., Khan, A., Ullah, R., Paracha, S., ... & Kwak, K. S. (2021). Wearable-sensors-based platform for gesture recognition of autism spectrum disorder children using machine learning algorithms. *Sensors, 21*(10), 3319. https://doi.org/10.3390/s21103319

*Supekar, K., Ryali, S., Yuan, R., Kumar, D., de Los Angeles, C., & Menon, V. (2022). Robust, generalizable, and interpretable artificial intelligence–derived brain fingerprints of autism and social communication symptom severity. *Biological Psychiatry, 92*(8), 643-653. https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2022.02.005

Şen, G. (2020). Benzerlik ve farklılıklarıyla çocukluk çağında DEHB ve OSB: Bir gözden geçirme çalışması. *Erken Çocukluk Çalışmaları Dergisi, 4*(1), 281-313. https://doi.org/10.24130/eccd-jecs.1967202041218

*Talaat, F. M. (2023). Real-time facial emotion recognition system among children with autism based on deep learning and IoT. *Neural Computing and Applications, 35*(17), 12717-12728. https://doi.org/10.1007/s00521-023-08372-9

*Tang, H., Liang, J., Chai, K., Gu, H., Ye, W., Cao, P., ... & Shen, D. (2023). Artificial intelligence and bioinformatics analyze markers of children's transcriptional genome to predict autism spectrum disorder. *Frontiers in Neurology, 14,* 1203375. https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1203375

*Tang, M., Kumar, P., Chen, H., & Shrivastava, A. (2020). Deep multimodal learning for the diagnosis of autism spectrum disorder. *Journal of Imaging*, *6*(6), 47. https://doi.org/10.3390/jimaging6060047

Tanguay, P. E. (2000). Pervasive developmental disorders: A 10-year review. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 39*,1079-1095. https://doi.org/10.1097/00004583-200009000-00007

*Tilwani, D., Bradshaw, J., Sheth, A., & O'Reilly, C. (2023). ECG Recordings as Predictors of Very Early Autism Likelihood: A Machine Learning Approach. *Bioengineering, 10*(7), 827. https://doi.org/10.3390/bioengineering10070827

*Torres, J. M. M., Clarkson, T., Hauschild, K. M., Luhmann, C. C., Lerner, M. D., & Riccardi, G. (2022). Facial emotions are accurately encoded in the neural signal of those with autism spectrum disorder: A deep learning approach. *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging, 7*(7), 688-695. 10.1016/j.bpsc.2021.03.015

*Torres, J. M. M., Medina-DeVilliers, S., Clarkson, T., Lerner, M. D., & Riccardi, G. (2023). Evaluation of interpretability for deep learning algorithms in EEG emotion recognition: A case study in autism. *Artificial Intelligence in Medicine, 143*, 102545. https://doi.org/10.1016/j.artmed.2023.102545

*Turan, B., Algedik Demirayak, P., Yildirim Demirdogen, E., Gulsen, M., Cubukcu, H. C., Guler, M., ... & Dursun, O. B. (2023). Toward the detection of reduced emotion expression intensity: an autism sibling study. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 45*(3), 219-229. https://doi.org/10.1080/13803395.2023.2225234

*Ud Din, Q. M., & Jayanthy, A. K. (2022). Wavelet Scattering Transform and Deep Learning Networks Based Autism Spectrum Disorder Identification Using EEG Signals. *Traitement du Signal, 39*(6), 2069. https://doi.org/10.18280/ts.390619

Uddin, M. Z., Shahriar, M. A., Mahamood, M. N., Alnajjar, F., Pramanik, M. I., & Ahad, M. A. R. (2024). Deep learning with image-based autism spectrum disorder analysis: A systematic review. *Engineering Applications of Artificial Intelligence, 127*, 107185. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.107185

Volkmar, F. R., Lord, C., & Klin, A. (2002). Autism and the pervasive developmental disorders. *Child and Adolescent Psychiatry, 3*, 587-597. https://doi.org/10.1046/j.0021-9630.2003.00317.x

Wan, G., Deng, F., Jiang, Z., Song, S., Hu, D., Chen, L., ... & Zhang, J. (2022). FECTS: A facial emotion cognition and training system for Chinese children with autism spectrum disorder. *Computational Intelligence and Neuroscience*. https://doi.org/10.1155/2022/9213526

*Wawer, A., & Chojnicka, I. (2022). Detecting autism from picture book narratives using deep neural utterance embeddings. *International Journal of Language & Communication Disorders, 57*(5), 948-962. https://doi.org/10.1111/1460-6984.12731

*Xu, L., Sun, Z., Xie, J., Yu, J., Li, J., & Wang, J. (2021). Identification of autism spectrum disorder based on short-term spontaneous hemodynamic fluctuations using deep learning in a multi-layer neural network. *Clinical Neurophysiology, 132*(2), 457-468. https://doi.org/10.1016/j.clinph.2020.11.037.

*Yang, S., Jin, D., Liu, J., & He, Y. (2022). Identification of young high-functioning autism individuals based on functional connectome using graph isomorphism network: A pilot study. *Brain Sciences, 12*(7), 883. https://doi.org/10.3390/brainsci12070883

*Yang, Y., Ye, C., & Ma, T. (2023). A deep connectome learning network using graph convolution for connectome-disease association study. *Neural Networks, 164,* 91-104. https://doi.org/10.1016/j.neunet.2023.04.025

Yılmaz, A. ve Kaya, U. (2022). *Derin Öğrenme.* Kodlab Yayınevi.

*Yin, W., Li, L., & Wu, F. X. (2022). A semi-supervised autoencoder for autism disease diagnosis. *Neurocomputing, 483*, 140-147. https://doi.org/10.1016/j.neucom.2022.02.017

Zawacki-Richter, O., Kerres, M., Bedenlier, S., Bond, M., & Buntins, K. (Eds.). (2020). Systematic reviews in educational research: Methodology, perspectives and application. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-27602-7_1

*Zhao, Z., Zhu, Z., Zhang, X., Tang, H., Xing, J., Hu, X., ... & Qu, X. (2021). Identifying autism with head movement features by implementing machine learning algorithms. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 1*-12. https://doi.org/10.1007/s10803-021-05179-2