

21. Yüzyıl Becerileri ile Matematik Eğitiminde Yapay Zekâ: Dijital Çağın Eğitim Politikaları

EZGİ KARA

Özet

Dijitalleşme ile yapay zekâ (YZ) teknolojileri hem ülke stratejilerinde hem de eğitim sistemlerinde köklü değişimlere yol açmıştır. 21. yüzyıl becerileri teknolojik dönüşüm perspektifinde tanımlanmış ve bu kapsamda eğitim-öğretim uygulamalarında güncel yaklaşımlara ihtiyaç duyulmuştur. Makalede, tespit edilen bu becerilerde matematik eğitiminin rolü ve önemi incelenmiştir. Ayrıca, matematik eğitiminin bireyleri YZ tabanlı iş gücüne hazırlama ve bilgi tüketicisinden bilgi üreticisine dönüştürme misyonunu desteklemesi için gerekli argümanların sunulması amaçlanmıştır. Araştırma, matematik müfredatlarının YZ üretimi için gerekli temel becerileri kazandıracak şekilde yenide yapılandırılması gerektiğini vurgulamaktadır. Bunun için YZ teknolojilerinin üretim aşamalarında kullanılan matematik konuları verilmiştir. Bu temel konuların hangi öğretim düzeylerinde öğretilebileceği ile ilgili öneriler sunulmuştur.

YZ araçlarının eğitim-öğretime entegrasyonu, bireysel öğrenme hızına uyum sağlayan kişiselleştirilmiş öğrenme gibi olanaklar sunmaktadır. Makalede, eğitimde kullanılan YZ tabanlı araçların sistem türü ve kullanıldığı alanlar sınıflandırılmıştır. Matematik eğitimi ölçeğinde daraltılarak YZ tabanlı araçların özellikleri, sunduğu imkanlar ve örnek YZ araçları ayrıca sunulmuştur. Araçların eğitim-öğretim sürecindeki katkıları detaylandırılmış ve mevcut geleneksel duruma etkileri tartışılmıştır.

– ARASTIRMA MAKALESİ –

8

Çocuk ve
Medeniyet
2024

Sayı: 15: 8-43

EZGİ KARA, ezgikara.geometryschool@gmail.com

Üsküdar Üniversitesi

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0950-7356>

Geliş tarihi: 15.10.2024 • Kabul tarihi: 15.12.2024

doi: <https://doi.org/10.47646/CMD.2024.334>

Ezgi Kara

Yeni yüzyılda matematik eğitiminde YZ'nin rolü, küresel başarı örnekleri ile ele alınmıştır. Bu amaçla OECD ve UNESCO gibi uluslararası kuruluşların verilerinden faydalanılmıştır. Matematik ve YZ eğitimi üzerine yazılmış bilimsel makaleler, raporlar ve diğer akademik kaynaklar üzerinden kapsamlı bir analiz gerçekleştirilmiştir. Özellikle PISA değerlendirmelerinde matematik alanında yüksek başarı göstermeleri nedeniyle Singapur ve Çin uygulamaları detaylı incelenmiş, eğitim politikaları ve kullandıkları YZ teknolojileri değerlendirilmiştir. Ayrıca makalede Türkiye'de yürütülen YZ stratejileri eğitim bağlamında incelenerek öneriler sunulmuştur. Araştırmanın temel amacı, matematik eğitiminde YZ'nin rolünü daha iyi anlamak ve bu alandaki eksiklikleri belirleyerek strateji geliştiricilere yol göstermektir. Elde edilen bulgular betimsel analiz yöntemleri ile değerlendirilmiş ve sonuçlar ışığında öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yapay zekâ, matematik eğitimi, 21. yüzyıl becerileri, eğitim politikaları, eğitim teknolojileri, Çin, Singapur

Abstract

With digitalization, artificial intelligence (AI) technologies have led to profound changes in both national strategies and education systems. 21st-century skills have been defined from a technological transformation perspective, necessitating updated approaches in educational practices. This article examines the role and importance of mathematics education in developing these identified skills. Additionally, it aims to present the necessary arguments for supporting the mission of mathematics education in preparing individuals for an AI-based workforce and transforming them from information consumers to information producers. The research emphasizes the need to restructure mathematics curricula to impart the fundamental skills required for AI production. For this purpose, the mathematics topics used in the production stages of AI technologies are provided. Recommendations are made regarding which educational levels these fundamental topics can be taught.

The integration of AI tools into education offers opportunities such as personalized learning that adapts to individual learning speeds. The article classifies the types of AI-based tools used in education and the areas in which they are applied. Narrowing the focus to mathematics education, the features, opportunities, and examples of AI-based tools are also presented. The contributions of these tools to the educational process are detailed, and their effects on the current traditional situation are discussed.

The role of AI in mathematics education in the new century is examined through global success examples. For this purpose, data from international organizations such as OECD and UNESCO have been utilized. Comprehensive analyses have been conducted on scientific articles, reports, and other academic sources written on mathematics and AI education. The practices of Singapore and China, which have shown high success in mathematics in PISA assessments, have been examined in detail. The education policies of these countries and the AI technologies they use have been evaluated. The primary aim of the research is to better understand the role of AI in mathematics education and to identify deficiencies in this area to guide strategy developers. The findings have been evaluated using descriptive analysis methods, and recommendations have been made in light of the results.

Keywords: Artificial intelligence, mathematics education, 21st-century skills, education policies, educational technologies, China, Singapore

Giriş

21. yüzyılda yaşanan teknolojik gelişmeler ve dijitalleşme toplumların sosyal, ekonomik ve kültürel yapısını derinden etkilemiştir. Yaşanan bu köklü değişim eğitim ve öğretim süreçlerine de yansımıştır. Yapay zekâ (YZ) insanların yaptığı işleri yapabilen akıllı makineler geliştirmeye yönelik çok disiplinli bir alan olarak öne çıkmaktadır (Mohamed vd., 2022). Matematik gibi temel bir disiplin, YZ teknolojilerinin gelişiminde hem kaynak hem de kullanıcı olarak merkezi bir rol oynamaktadır. Bu ilişki, dijital dönüşüm ve matematik arasında çift yönlü bir etkileşim yaratmaktadır. YZ algoritmaları, karmaşık matematiksel problemlere yenilikçi çözümler sunarken, kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimleri ile öğrencilerin matematiksel düşünme becerilerini geliştirmelerine olanak sağlamaktadır. Öte yandan, YZ teknolojilerinin matematik bilgisine dayanması, bu disiplinin eğitimdeki önemini artırmakta ve çağın ihtiyaçlarına uygun şekilde yeniden yapılandırılmasını zorunlu kılmaktadır.

YZ sistemleri, çevrelerinden topladıkları bilgileri işleyerek karar verebilen, farklı ortamlara uyum sağlayabilen akıllı teknolojilerdir. Verilerden öğrenerek algoritmalar oluşturma ve insan benzeri görevleri yerine getirme becerisi, YZ'nin temel gücünü oluşturur (Ayanwale vd., 2024). Bu süreçte, makine öğrenimi ve derin öğrenme gibi alt alanlar önemli bir rol oynamaktadır. Makine öğrenimi, makinelerin verilerden anlam çıkararak öğrenmesine olanak tanırken, derin öğrenme, karmaşık veri kümelerini

işleyebilme kapasitesine sahiptir. YZ'nin temelleri, Alan Turing gibi öncülerin çalışmalarıyla 20. yüzyıl ortalarına dayanır. 1956'daki Dartmouth Konferansı ise "yapay zekâ" teriminin ilk kez kullanıldığı bir dönüm noktası olarak kabul edilmektedir (McCarthy vd., 1956).

YZ'nin makine öğrenimi, doğal dil işleme ve görüntü işleme gibi farklı alanları kapsayarak insan benzeri düşünme ve hareket etme kapasitesine ulaşması, ülkeler arasında rekabeti artırmış ve global çapta büyük ilerlemelere yol açmıştır (Deng ve Liu, 2018). Bu gelişmeler, matematik biliminin ve eğitiminin önemini yeniden gündeme getirmiştir. YZ destekli matematik eğitimi, hem bireylerin 21. yüzyıl becerileri kazanmasına yardımcı olmakta hem de matematiği daha erişilebilir ve kişiselleştirilmiş bir hale getirmektedir.

Bu makale, YZ'nin matematik eğitimi üzerindeki etkilerini inceleyerek, matematik ders içeriklerinin 21. yüzyılın beceri beklentilerine uygun ve aynı zamanda teknoloji üretimini destekler şekilde nasıl güncellenmesi gerektiğine dair bir yol haritası sunmayı amaçlamaktadır. Özellikle, PISA verileri ışığında matematikte başarı gösteren ülkelerin YZ araçlarını eğitim sistemlerine nasıl entegre ettikleri ve global ölçekte YZ destekli matematik eğitiminin başarılı örnekleri ele alınmıştır. Ayrıca, YZ teknolojilerinin matematik eğitimi ve 21. yüzyıl becerilerinin kazandırılmasındaki etkileri sistematik olarak değerlendirilmiştir.

Dijital eşitsizlik, veri gizliliği ve YZ kullanımının etik boyutları gibi konular makale kapsamında değildir. Bunun yerine, kapsam mevcut uygulamaların analizi ve geleceğe yönelik somut öneriler ile sınırlı tutulmuştur. Amaç, YZ destekli matematik eğitimiyle ilgili bir durum tespiti yaparak, bu alanda eğitimciler ve politika yapıcılara rehberlik etmektir.

21. Yüzyıl Becerileri ve Matematik Eğitimi

YZ, makinelerin öğrenme, tahmin etme, karar verme ve çevreyi anlama gibi insan davranışlarını simüle etmesini sağlayan bir dizi teknik olarak tanımlanır (Tuomi, 2018). Günümüzde YZ, yalnızca sanayi ve ticaret alanında değil, eğitimde de giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

YZ, insan zihnini modelleme kapasitesiyle öğrenme deneyimlerini geliştirmekte ve eğitim süreçlerinde yenilikçi yaklaşımlar sunmaktadır. Matematik eğitiminde YZ'nin kullanımı, politika yapıcıların, eğitimcilerin ve araştırmacıların YZ'nin eğitime entegrasyonu yoluyla eğitimin kalitesini

artırma hedefini destekler. Bu bağlamda, matematik eğitiminde YZ'nin geliştirilmesi, uygulanması ve değerlendirilmesi büyük önem taşır.

20 ve 21. yüzyılı birbirinden ayıran en önemli özelliğin, dijitalleşme ve YZ olduğu söylenebilir. YZ teknolojileri, bireylerin bilgiye erişiminden iş yapış şekillerine kadar geniş bir yelpazede dönüşüme neden olmuştur. Bununla birlikte, YZ teknolojileri insanların yaşamlarını kolaylaştırırken, aynı zamanda toplumların sosyal, ekonomik ve kültürel yapılarında da köklü değişiklikler yaratmıştır. Eğitim ve öğretim alanında bu dönüşüm ve değişim hissedilmektedir. YZ'nin hızlı yükselişi, bireylerin karmaşık problemleri çözme ve yeni beceriler geliştirme gerekliliğini artırmıştır. Bu bağlamda, dijitalleşme ve YZ'nin eğitime entegrasyonu, bireylerin 21. yüzyıl gereksinim ve becerilerini kazanmasına katkı sağlamaktadır (OECD, 2018; Dede, 2009).

Dijitalleşme ve YZ teknolojileri, eğitimde bireylerin yaratıcılık, eleştirel düşünme ve problem çözme gibi beceriler geliştirme için fırsatlar sunmaktadır. Örneğin, dijital araçların kullanımı, öğrenme süreçlerini daha kişiselleştirilmiş ve erişilebilir hale getirmiştir. Bu durum, öğrencilerin karmaşık matematiksel konuları öğrenmesini, kişisel öğrenme olanakları ve dönütlerle daha sistemli bir yaklaşımla kolaylaştırmıştır. Bununla birlikte, dijitalleşme ve YZ'nin eğitime entegrasyonu, bireyleri sadece bilgi tüketicisi olmaktan çıkararak bilgi üreticisi olmalarını da sağlamaktadır. Böylece, eğitim sistemlerinin geleneksel sınırlarını aşan bir öğrenme paradigması oluşmaktadır (Zawacki-Richter vd., 2019). Bu paradigma birbirini besleyen bir süreci doğurmuştur.

21. yüzyıl becerileri, söz konusu teknolojik yeniliklerle bireylerin ve toplumların değişen dünyaya uyum sağlayabilmesi için kritik öneme sahiptir. Bu beceriler, yaratıcılık, eleştirel düşünme, iş birliği ve problem çözme gibi karmaşık yetkinlikleri içermektedir. OECD'nin "Eğitim ve Becerilerin Geleceği 2030" programı kapsamında bu beceriler detaylandırılmıştır. Özellikle, YZ ve otomasyonun giderek yaygınlaştığı bir gelecekte bireylerin kendilerini yenileyebilme ve yeni beceriler geliştirebilme kapasitesi daha da önem kazanmaktadır (OECD, 2018). Bu çerçevede, eğitim sistemlerinin bireylerin karmaşık sorunlara çözüm üretebilme, değişen koşullara uyum sağlayabilme ve bilgiye erişim kapasitesini artırma gibi beceri ve yetkinlikleri hedeflemesi gerekmektedir.

Türkiye'de yayımlanan 21. yüzyıl Becerileri ve Değerlere Yönelik Araştırma Raporu'nda, çevrim içi veri tabanlarında yapılan sistematik alan yazın

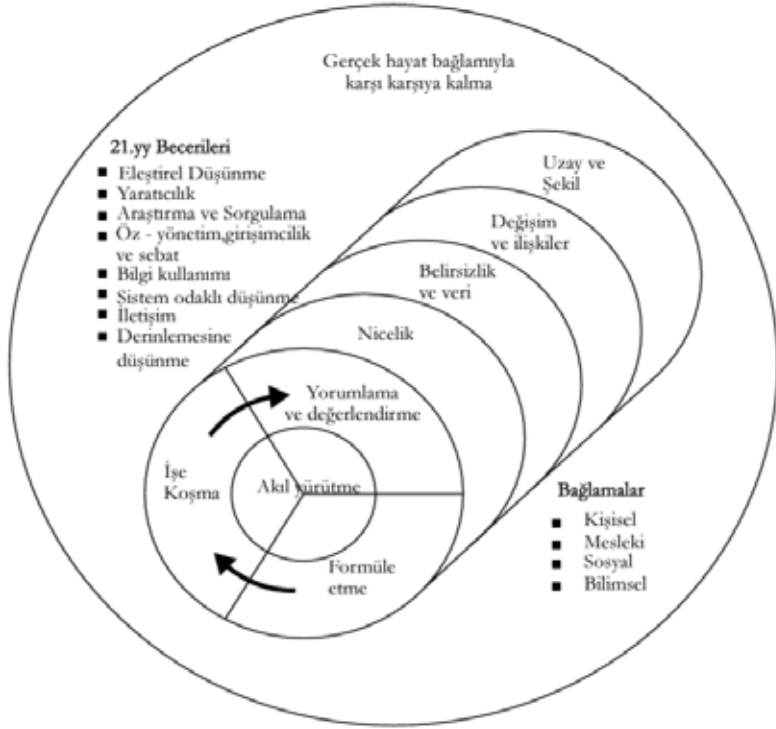
taramasına dayalı olarak 616 kaynak incelenmiştir. Bu incelemeler durum tespiti açısından önemlidir. Yapılan araştırma raporunda sosyal ve duygusal, dil ve iletişim, üst düzey düşünme, benlik, öğrenme, çalışma ve okuryazarlık becerileri olmak üzere yedi ana beceri sınıfı belirlenmiştir. Bu becerilerden üst düzey düşünme ve okuryazarlık becerileri matematik eğitimi ile doğrudan ilişkilidir. Üst düzey düşünme becerileri, yaratıcı ve yenilikçi düşünme, eleştirel düşünme, problem çözme, analitik düşünme ve üst biliş gibi alanları kapsamaktadır. Okuryazarlık becerileri ise sayısal okuryazarlığı da içermekte ve matematiği gerçek yaşam problemlerinde kullanma yeteneğini vurgulamaktadır (Türel vd., 2023). Matematik eğitiminin analitik düşünme, problem çözme ve eleştirel düşünme becerilerinin geliştirilmesinde kritik bir rol oynadığı anlaşılmaktadır. Matematik, öğrencilere kavramsal düşünme becerilerini kazandırarak, yaşam boyu öğrenmeyi destekleyen bir yaklaşımın temelini oluşturur. Bunun yanı sıra, sayısal okuryazarlık, matematiğin soyut bir kavram olmanın ötesine geçerek gerçek yaşamda pratik çözümler sunan bir araç haline gelmesini gerektirmektedir. Veri toplama ve analiz etme, problemleri matematiksel olarak çözme ve karar verme süreçlerinde bu beceriler önem taşımaktadır. Matematik eğitiminde bu becerilerin güçlendirilmesi, bireylerin karşılaştıkları karmaşık sorunları etkili bir şekilde çözmelerine ve bilgiye dayalı kararlar almalarına olanak tanımaktadır. Bu durumda, matematik eğitiminin yalnızca bir ders olarak değil, aynı zamanda yaşam becerileri kazandıran önemli bir süreç olarak yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir.

Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı (PISA) yaptığı çalışmalar sonucunda 21. yüzyıl becerilerini ve matematiğin bu beceriler bağlamındaki yerini tespit etmiştir. 21. yüzyıl becerilerinin matematiksel okuryazar olmayı ve matematiksel düşünmeyi gerektirdiği sonucuna ulaşmıştır. PISA 2022 Dönemi Değerlendirmesi ve Analitik Çerçevesi raporunda matematik ana alan olarak belirlenmiştir. Şimdiye kadar yapılmış olan matematiksel yeterlilik tanımını yeniden tartışarak geleneksel işlem becerilerinin önemini kaybettiği belirtilmiştir. Bu nedenle matematiksel okuryazar olmak ile matematiksel düşünme kavramları yeniden değerlendirilmiştir. Geçtiğimiz yüzyıl ve gelecek arasında giderek artan bağlamsal kopukluğun kabulü bir eğitim reformu doğurduğu ifade edilmiştir. Bu reform kapsamında matematik eğitimi, bireyin modern topluma katılım ve katkı sağlama hazırlığında merkeze alınmıştır. Matematik, çeşitli sorunlar ve zorluklarla karşı karşıya kalan gençler için yeni dönemde de kritik bir araç olma

özelliğini korumaktadır. Bu nedenle yeni eğitim reformunun merkezinde matematik ve eğitimi yer alacaktır (OECD, 2023). PISA'nın reformist yaklaşımı sonucunda matematiksel muhakeme ve okur yazarlık becerileri testlerinde yeniden tanımlanarak aranan ölçütler arasında yer almıştır. Bu becerilerin gereklilikleri, 21.yüzyıl becerileri ile ilişki ve bağlamları tespit edilerek aşağıda verilmiştir.

Şekil 1: Matematik Okuryazarlığının Boyutları (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Ölçme, Değerlendirme ve Sınav Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 2022)

Şekle göre yeni çağda bilgi edinmenin önemi azalırken bilgiye erişme,



bilgiyi kullanabilme, organize edebilme ve yorumlama becerileri kritik önem taşımaktadır. 21. yüzyıl becerilerine odaklanan bir matematik eğitim içeriği ve öğretim yaklaşımı, öğrencilerin sadece matematiksel kavramları öğrenmelerini değil, aynı zamanda bu kavramları gerçek dünyada nasıl uygulayacaklarını ve organize edeceklerini öğrenmelerini hedeflemelidir.

Böyle bir yaklaşım, öğrencilerin eleştirel düşünme, yaratıcılık, araştırma, sorgulama, formüle etme, bilgi kullanımı, sistem düşüncesi, iletişim ve yansıtma gibi becerilerini ön plana çıkaracaktır.

PISA raporlarında matematik eğitimi ve öğretimi, geometri, fonksiyonlar, istatistik, olasılık ve cebir gibi alanları ele almaktadır. Ayrıca, gerçek dünya, değişen koşullar, ilişkiler, veri analizi ile günlük yaşamda karşımıza çıkan nicelikler ve ölçüler vurgulanmaktadır. Teknolojinin kullanımı, öğrencilerin matematiksel verileri analiz etmeleri, modeller oluşturmaları ve simülasyonlar yapmaları için imkân sağlar. Bu kapsamda PISA akıllı cihazları kullanabilme yeteneğini de başarı ölçütleri arasına eklemiştir. Ölçme değerlendirme aracı olarak akıllı cihazlardan yararlanmışır (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Ölçme, Değerlendirme ve Sınav Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 2022). Öğrencilerin matematiksel kavramları günlük hayattaki sorunlara uygulamaları, kendi ilgi alanlarına göre projeler yapmaları ve toplumsal sorunlara matematiksel çözümler bulmaları, kaçınılmaz bir gereklilik haline geldiği sonucuna ulaşılabilir. Bu gerekliliğe yönelik öğrencilerin matematiksel kavramları farklı durumlarda uygulama, problemleri matematiksel olarak ifade etme, verileri yorumlama ve akıl yürütme becerilerini geliştiren sistemler kurmaları beklenmektedir.

Eğitim öğretim süreçlerinin beceri temelli yaklaşıma evrilmesi öğrencilerin grup çalışmaları yapmaları, birbirlerine yardım etmeleri ve matematiksel fikirlerini paylaşabilecekleri ortamların oluşturulması ihtiyacını doğurmuştur. Yeni çağın gerekliliklerinden olan YZ teknolojilerinin kullanımı eğitimciler ve okul yönetimi ile eğitim sistemine entegre edilmelidir. Öğretmenler, öğrencilerin farklı öğrenme stillerine göre çeşitli etkinlikleri ve materyalleri YZ araçlarını kullanarak tasarlayabilir. Bu düzenlemelerle, matematik eğitimi ve öğretimi 21. yüzyıl becerilerini geliştirmeye, gerçek dünya bağlamlarına odaklanmaya, öğrencilerin matematiği anlamalarını ve kullanmalarını sağlamaya hizmet edecektir.

Yapay Zekâ Teknolojileri Üretiminde Matematik Eğitimi

Ülke stratejilerine yön veren YZ teknolojilerinin geliştirilmesi ve üretiminde matematik ile matematiksel düşünmenin önemi büyüktür. Bilgisayar bilimlerinin matematikle olan bağı güçlenirken, bu teknolojilerin artan yaygınlığıyla birlikte matematiksel yetkinlik kazanma gereksinimi de yükselmektedir. İş gücü beklentileri YZ teknolojileri etrafında şekillenirken, bunun ülke politikaları ve stratejileri haline gelmesi, YZ üretimi için hangi

bilgi ve becerilerin edinilmesi gerektiği sorusunu gündeme getirmiştir. YZ teknoloji üretiminin bir diğer unsuru ise becerilerin tespitinden sonra kimlerin üreteceğidir. YZ teknolojilerinin üretimi yalnızca bu alanda uzmanlaşmış ve yüksek öğretimde bu bölümü tercih etmiş kişilerce üretebilir. Ancak YZ çağı, global çapta insan yaşamında tüm mesleklerin içinde yaygınlaşmasıyla 21. yüzyıl insan beceri ve beklentilerine yön vermiştir. Bu durum, YZ için gerekli bilgi ve becerilerin yaygınlaştırılmasını ve YZ okuryazarlığının her bireye kazandırılmasını zorunlu hale getirmektedir. Tüm bu nedenlerle, global ölçekte girişimler yapılmış, projeler üretilerek ülke temsilcilerine çağrıda bulunulmuştur. Bu durumun örneklerinden biri OECD ülkeleri tarafından gerçekleştirilen, 2018 yılında “Eğitimin ve Becerilerin Geleceği 2030” başlığı kapsamındaki çalışmalardır. Yapılan proje, çalıştay ve paneller sonucunda, matematik müfredat ve ders içeriklerinin yeniden gözden geçirilerek güncellenmesinin ihtiyacı olduğu tespit edilmiştir. 21. yüzyıl becerileri tespit edilerek eğitim öğretim gereksinimleri yeniden tanımlanmıştır (OECD, 2018).

Matematik dersi diğer branşlardan farklı olarak YZ teknoloji üretimi sürecinin pek çok aşamasında aktif şekilde kullanılmaktadır. Bu teknoloji kapsamında yer alan araçların çeşitliliği ve robotik gibi erken yaşlarda üretilmeye başlanan araçların varlığı ile, farklı yaş dönemlerine göre gerçekleştirilen teknoloji yarışmalarının ortaya çıkarak yaygınlaşması, YZ teknolojilerine olan ilgiyi arttırmıştır. Bu durum teknoloji üretiminde gerekli matematik konularına duyulan ihtiyaç ve yönelimi de etkilemiştir. Yönelim ve ihtiyaçların temelini ise YZ teknolojilerinin, özellikle makine öğrenimi, derin öğrenme, doğal dil işleme, görüntü işleme, robotik ve otomasyon gibi alt alanlarının matematikle olan derin ilişkisi oluşturmaktadır (Cemal, 2024). Bu teknolojilerle ilişkili olan matematik konuları aşağıdaki gibi (Tablo 1) sıralanabilir:

Tablo1: Matematik Alanlarının Yapay Zekâ Teknoloji Üretiminde Kullanımı

Matematik Alanı	Kullanım Alanları	Aşama
Lineer Cebir	Veri temsili, özellik çıkarımı, modelleme	Veri setlerinin matrisler halinde temsil edilmesi, özelliklerin vektörler olarak kullanılması
İstatistik ve Olasılık	Veri analizi, model değerlendirme, tahmin	Veri dağılımlarının analizi, olasılık modellerinin oluşturulması, hipotez testleri
Calculus (Kalkülüs)	Optimizasyon, model eğitimi	Kayı minimize etmek için gradyan inişi gibi optimizasyon tekniklerinin uygulanması
Optimizasyon Teorisi	Model parametrelerinin ayarlanması, en iyi çözümün bulunması	Farklı optimizasyon algoritmalarının (örneğin, stokastik gradyan inişi) kullanılması
Diferansiyel Denklemler	Dinamik sistemlerin modellenmesi	Zamanla değişen sistemlerin ve süreçlerin matematiksel olarak modellenmesi
Graf Teorisi	Ağ analizi, sosyal ağlar, bağlantı analizi	Verilerin ve ilişkilerin grafikler şeklinde temsil edilmesi
Sayısal Analiz	Sayısal yöntemler, hesaplamalı matematik	Karmaşık hesaplamaların ve simülasyonların gerçekleştirilmesi
Makine Öğrenimi Algoritmaları	Regresyon, sınıflandırma, kümeleme	Algoritmaların matematiksel temellerinin anlaşılması ve uygulanması
Matematiksel Mantık	Algoritma tasarımı, karar verme süreçleri	YZ sistemlerinin mantıksal yapılarının oluşturulması
Fuzzy Mantık	Belirsizlik ve bulanıklıkla başa çıkma	YZ istemlerinde belirsiz verilerin işlenmesi

Tabloda görüldüğü gibi, makine öğrenimi, yapay sinir ağları ve diğer programlama alanlarında matematiğin çeşitli konularına ihtiyaç duyulmaktadır. Matematik, YZ teknolojilerinin şekillendiği ve geliştiği temel bilimlerden biridir. Bu ihtiyaç, yalnızca teknolojinin inşa sürecinde değil, aynı zamanda teknolojinin üretilmesi için gereken problem tanımlama ve çözüm aşamalarında da kendini göstermektedir. Analitik düşünme ve problem çözme stratejileri, matematiksel işlemlerin algoritmalarla birleşimi sayesinde yeni bir çağın kapılarını aralamıştır. Bu durum, Tablo 1'deki bulgular doğrultusunda eğitim müfredatlarının yenilenmesi açısından

stratejik bir öneme işaret etmektedir (Cemal, 2024). YZ teknolojilerini üretmeyi, vizyon ve strateji haline getirmiş, eğitim politikalarına bu stratejilerle yön vermiş ülkelerde, matematik müfredatında öncelikli olarak lineer cebir, istatistik ve olasılık, algoritmik düşünme ile optimizasyon konularına yer verilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır. Bu sonucu destekler nitelikte olan UNESCO'nun, "K-12 AI Müfredatı: Hükümetin Onayladığı Yapay Zekâ Müfredatlarının Haritası" raporuna göre YZ müfredatının matematik müfredatı ve sınıf gereksinimleriyle koordineli olması gerekliliği ifade edilmiştir (UNESCO, 2022).

YZ teknolojileri ile matematik disiplini arasındaki ilişki göz önünde bulundurulduğunda, YZ üretimine odaklanan yeni matematik ders müfredatlarının eğitim kademelerinde şu unsurlar dikkate alınabilir:

1. İlkokul ve ortaokul düzeyinde, analitik düşünme becerileri ile veri analizi ve yorumlama yeteneklerinin geliştirilmesi için temel öğrenme adımları belirlenmelidir. Öğrencilerin geometrik şekiller ve temel grafikler gibi görsel temsillerle tanıştırılması, bu becerilerin ilerlemesine katkı sağlayacaktır. Ayrıca, basit olasılık ve istatistik kavramlarının erken yaşlarda öğretilmesi, akıl yürütme ve çıkarım yapma yeteneğinin temelini oluşturacaktır. YZ'nin temellerinden biri olan matematiksel mantık, algoritma tasarımı, graf teorisi ve ağ analizi gibi alanlar, kritik bileşenler arasında yer almaktadır. Algoritma oluşturarak matematik problemlerini çözme yeteneği kazandırmak son derece önemlidir. Matematiksel mantık, algoritma tasarımı, graf teorisi ve ağ analizi konuları, tüm yaş gruplarına uygun içeriklerle yeni yüzyıl matematik eğitiminde yer almalıdır. Bu yaklaşım, 21. yüzyıl becerilerinin kazandırılmasını da destekleyecektir.
2. Lineer cebir, istatistik ve olasılık konularında ön öğrenim sağlamak amacıyla, öğrencilerin vektörler, matrisler ve temel veri analizi yeteneklerini kolay anlaşılır örneklerle edinmeleri önemlidir. YZ uygulamalarının arkasındaki matematiksel temellerin kavranması, teknolojiye entegre bilgiler geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. YZ sistemlerinin mantıksal yapısı algoritmalar üzerine inşa edildiğinden, algoritmik düşünme ile basit mantık problemlerinin çözümü, öğrencilerin günlük yaşam sorunlarını çözmelerinde yardımcı olacaktır. Algoritma geliştirme becerisi, öğrencilerin problem çözme yetilerini geliştirerek daha karmaşık matematiksel modelleri anlamalarına olanak tanıyacaktır.

3. Ortaöğretim düzeyinde matematik müfredatları, YZ uygulamaları için kritik öneme sahip konular olan lineer cebir, kalkülüs, optimizasyon teorisi ve diferansiyel denklemlere odaklanmalıdır. Öğrencilerin bu konuları kavramalarını desteklemek amacıyla, seviyelerine uygun, anlaşılır içerik ve proje tabanlı öğrenme ortamları oluşturulmalıdır. Örneğin, öğrenciler lineer cebiri kullanarak veri analizi projeleri gerçekleştirebilir, kalkülüs ile gerçek hayat örnekleri üzerinden fonksiyonların değişimini inceleyebilir ve optimizasyon problemleriyle kaynakları en verimli şekilde kullanmayı öğrenebilirler. Bu uygulamalar, onların problem çözme yeteneklerini pekiştirirken, matematiksel temellerin YZ ve veri bilimi alanlarındaki önemini kavramalarına yardımcı olur. Bu süreçler YZ teknoloji desteği ile kolaylıkla yürütülebilir.

Projeler aracılığıyla diferansiyel denklemler gibi dinamik sistemlerin modellenmesi de sağlanarak, öğrencilerin fiziksel olayları matematiksel biçimde ifade etmeleri teşvik edilmelidir. Bu tür etkinlikler, analitik düşünme ve algoritmik düşünme becerilerini geliştirmelerinin yanı sıra, YZ teknolojileriyle ilgili derin bir anlayış kazanmalarına olanak tanır. Bu stratejik yaklaşım, öğrencilerin 21. yüzyıl becerilerini kazanmalarını teşvik ederek, gelecekteki akademik ve profesyonel yaşamlarında onlara önemli avantajlar sağlayacaktır. Erken yaşlardan itibaren YZ temelli hükümet stratejilerine dayalı bir müfredat oluşturulması, öğrencilerin ileri teknoloji alanlarına daha hızlı uyum sağlamalarına yardımcı olacaktır. Teknoloji üretiminde istihdam edilecek insan gücünün elde edilmesi ve 21. yüzyıl becerilerine sahip bireyler yetiştirilmesi sürecinde temel alınan matematik eğitiminde STEM (Bilim, Teknoloji, Mühendislik, Matematik) eğitim yaklaşımından yararlanılabilir. Öğrencilerin aktif katılımını teşvik eden projelerle birlikte, farklı disiplinlerden veri elde etme becerisi, STEM eğitim modelinin etkinliğini artırmaktadır (AI Etkisi, 2024). Robotik uygulamalar, mühendislik ve yazılım becerilerinin gelişimine katkı sunarken, çağımızın beklentileri ve teknolojileri ile uyumlu bir matematik müfredatı da öğrencilere neyi neden öğrendiklerini anlamalarına yardımcı olarak, kavram karmaşalarının önüne geçecektir.

Aynı zamanda, öğrencilerin analitik düşünme, problem çözme, veri analizi ve algoritmik düşünme gibi becerilerini geliştirmeye yönelik bir eğitim, YZ teknolojilerinde başarılı olmalarını ve bu alanda yenilikçi çözümler ürebilmelerini sağlayarak günümüz gereksinimlerine uygun bir eğitim

modeli sunacaktır. Bu bağlamda, matematik eğitimi sadece teorik bilgileri değil, aynı zamanda pratik uygulamaları da içeren bir yaklaşım benimsemeli ve öğrencileri gelecekteki zorluklara hazırlamalıdır.

Yapay Zekâ Destekli Eğitim

Eğitimde öğretim yöntem, strateji ve yaklaşımları günümüze kadar gelen araştırma konuları olmuştur. Davranışçılık, bilişsel öğrenme ve yapılandırıcılık gibi öğrenme kuramları, insanın nasıl öğrendiği, bilgiyi nasıl işleyip yapılandırdığı gibi konuları araştırır. Teknolojinin gelişmesi, bahsedilen öğrenme kuramlarının yöntemlerine de etki etmiştir. Günümüzde teknoloji, sosyal medya araçları ve YZ araçları öğrenme süreçlerine eşlik etmektedir. Teknolojik araçlarla büyüyen yeni neslin geleneksel yöntemlerle bir sınıfta bir öğretici etrafında düz anlatım yöntemi ile öğrenme basamaklarının tamamını gerçekleştirmesini beklemek gerçekçi olmayacaktır. Teknolojinin ve YZ araçlarının eğitim öğretim sürecine entegre edilmesi hem bahsedilen 21. yüzyıl becerilerini kazandırmak hem de bireysel farklılıklara yönelik çoklu öğrenme ortam ve modelleri geliştirmek için önemlidir. Yaşanan pandemi süreci eğitimde teknolojinin entegre edilmesinin ne derece kritik bir ihtiyaç olduğunu küresel çapta göstermiştir. Online eğitimler, sanal gerçeklik, etkileşimli araçlar, uzaktan gerçekleşen ölçme değerlendirme süreçleri gibi yenilikler hayatımıza zorunlu olarak girmiştir. Değişik coğrafyalardaki teknolojik gelişmişlik seviyesi farklılık gösterdiğinden, bu farklılıklar bireylerin temel eğitim haklarına erişimlerinde sorunlara yol açmaktadır (Warschauer ve Matuchniak, 2010).

Dijital çağ ile okul dışı, bireysel ve isteğe bağlı eğitim ortamlarına olan talep hızla artmıştır. Bu talebin sebeplerinden birinin bireysel farklılıklara daha iyi yanıt vermesi olduğu söylenebilir. Geleneksel okul ortamlarına kıyasla, yeni meslekler ve beceriler, teknolojik sistemler üzerinden daha kolay ve esnek bir şekilde öğrenilebilmektedir. Devlet okulları ve meslek edindirme kurumları, değişen iş gücü talebi ve ihtiyaçlarına cevap verebilmek için inovatif yaklaşımları benimsemelidir. Eğitimde teknolojinin ve YZ araçlarının etkin kullanımı, bireysel öğrenme deneyimlerini zenginleştirirken, ülkelerin rekabet gücünü de artıracaktır. YZ destekli eğitim platformları, öğrencilerin güçlü ve zayıf yönlerini, öğrenme stillerini ve bilişsel gelişimlerini detaylı bir şekilde analiz etme yeteneğine sahiptir. Bu analizler, eğitim süreçlerini kişiselleştirerek öğrencilerin daha etkili bir öğrenme deneyimi yaşamalarına olanak tanır (Upadhyay ve Khandelwal,

2019). Öğrencilerin ihtiyaçlarına göre özel olarak tasarlanmış öğrenme materyalleri ve etkinlikler sunulması mümkün hale gelmiştir. Böylece öğrencilerin derse katılımı artar ve öğrenme süreçleri daha anlamlı hale gelir. Bu nedenle, eğitim teknolojilerinin milli eğitim sistemlerine entegre edilmesi, geleceğin eğitim sistemlerinin temel yapı taşı oluşturmaktadır. Moodle gibi öğrenme yönetim sistemleri, YZ destekli olarak öğrencilere matematiksel kavramları daha iyi anlamaları için kişiselleştirilmiş öğrenme yolları sunar. Bu sayede öğrenciler, kendi öğrenme hızlarına ve tarzlarına uygun bir şekilde matematik öğrenme fırsatı bulurlar (Opesemowo ve Ndlovu, 2024).

YZ, insan zekasını taklit eden “akıllı” makinelerin geliştirilmesi üzerine odaklanmaktadır. Gelişmiş bir makine öğrenme modeli olan derin öğrenme sayesinde YZ, eğitimde kişiselleştirilmiş müfredatlar ile ölçme değerlendirme araçları oluşturma potansiyeline sahiptir. Bu potansiyel günümüzde çeşitli eğitim uygulamaları, akıllı sistemler, etkileşimli ortamlar ile sağlanmaktadır. Örneğin, Çin’de Squirrel gibi şirketler, YZ tabanlı öğretim sistemleri geliştirerek öğrencilerin zorluklarını belirlemede ve onlara uygun şekilde öğrenme ve ölçme değerlendirme süreçlerini desteklemektedir. (Voskoglou ve Salem, 2020). Eğitimde kullanılan YZ araçları ve sunduğu imkanlar şu şekilde sınıflandırılabilir:

Tablo 2: Sistem Türü ve Sunduğu Kaynaklar (Jones, 1985)

Sistem Türü	Sunduğu İmkanlar
Akıllı Bilgisayar Destekli Öğretim (ICAI) Sistemleri	<ul style="list-style-type: none">Etkileşimli öğrenme ortamlarıÖğrenci yanıtlarını kapsamlı bir şekilde analiz edebilmeÖğrencinin bilgi düzeyini ve kavramsal yanlışlarını modelleyerek kişiselleştirilmiş öğrenimKişiselleştirilmiş öğrenme takvimleri
Öğrenci Tarafından Başlatılan Öğrenme Ortamları	<ul style="list-style-type: none">Bağımsız keşfetme ortamlarıProgramlar ve simülasyonlar oluşturma araçları sunarak katılımı ve kavrayışı artırmaZaman yönetiminin kişinin sorumluluğunda olması
Eğitimsel Tanı için Uzman Sistemler	<ul style="list-style-type: none">Öğrenci verilerinin analizi ile öğrenme zorluklarını teşhisGüçlü ve zayıf yönlerini belirleyerek, bireysel öğretim stratejilerini geliştirme

Tablodaki sistem türleri, akıllı bilgisayar destekli öğretim (ICAI) sistemleri, öğrenci tarafından başlatılan öğrenme ortamları, eğitimsel tanı için uzman sistemleri olarak sınıflandırılmıştır ve her sistem modeli için eğitim teknolojilerinin öğrenci merkezli, kişiselleştirilmiş öğrenme yaklaşımlarını nasıl desteklediğini göstermektedir. ICAI sistemleri, matematiksel kavramları maksimum düzeyde bilgi noktalarına ayırarak öğrenci etkileşimi ile kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimleri sunar. Hazır bulunuşluk seviyesini tespit eder ve daima güncellenen kişisel öğrenme süreçlerini programlar. Öğrencinin yaptığı hatalar için geri bildirim sunar. Bir öğretmen niteliği taşır ve öğrenme analitiği sunar. Ancak yüksek maliyet ve teknoloji gereksinimleri bu sistemlerin dezavantajları olarak görülebilir. Bu teknolojilerin üretilebilir, yaygınlaştırılabilir ve erişilebilir olması gereklidir. Öğrenci tarafından başlatılan öğrenme ortamları öğrenci talebi ve isteği doğrultusunda başlatılarak öğrenci tarafından yönetilir. Matematiksel bilgi ve becerilerin bağımsız keşfini ve öz disiplin gelişimini teşvik eder. Öz disipline ve kişisel isteğe bağlı olması bu sistemlerin dezavantajı olarak da görülebilir. Öğrencilerin tüm verilerini (ödevler, test sonuçları, sınavlar, gözlemler vb.) değerlendirerek öğretmen ve kurumlara detaylı tanı analizi sunar. Tanı ve karar sürecinde objektif bir değerlendirme sunması insan faktörlerinin etkilerini en aza indirir. Ancak veri güvenliği ve karar verme sürecindeki objektif programlamalar bu sistemlerin dikkat edilmesi gereken özellikleridir. Eğitim teknolojilerinin matematik eğitiminin etkinliğini artırması ve öğrenme sonuçlarını iyileştirmesi için kişiselleştirilmiş öğrenme, bağımsızlık, veri analizi ve güvenlik konularına odaklanan sistemler eğitim ortamlarına entegre edilmelidir.

Matematik Eğitiminde Kullanılan Yapay Zekâ Araçları

Eğitimde YZ'nin kullanımını matematik eğitiminde incelemek, matematik öğreniminde karşılaşılan zorluklar ile mevcut ihtiyaçları tespit etmeyi gerektirmektedir. Bu tespit geleneksel öğretimin uygulandığı, sınıf mevcudunun yüksek olduğu mahalli okullar üzerinden yapılabilir. Bu okullar ele alındığında, yaşanan zorlukların öğretmenlere bakan kısmı incelendiğinde, öğretmenlerin öğrenci hazır bulunuşluk seviyelerinin tespiti ve takibi, öğrenci ihtiyaç ve farklılıklarına göre eğitim öğretim içeriklerini düzenleme gibi konularda güçlük çektiği görülmektedir. (Opesemowo ve Ndlovu, 2024). Öğrenciler açısından bakıldığında, öğrenme farklılıkları arasında uyum sağlama zorlukları, soyut matematik kavramları anlama güçlüğü, öğrenme sürecinde motivasyon eksikliği,

odaklanma sürelerindeki farklılıklar ve farklı gelişim düzeylerine sahip olma gibi problemler sıralanabilir. Ayrıca, büyük sınıf ortamlarında zamanında bireysel geribildirim ve destek sağlama imkanlarının sınırlı olması hem öğretmen hem öğrenci için var olan sınırlılıklardandır. Öğrenci ve öğretmenlerin karşılaştığı zorlukların yanı sıra, öğrenmenin doğasında var olan gereklilikler de göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin her öğrenme basamağında gerekli eğitim süreçleri farklılık göstermektedir. Bloom taksonomisine göre bilgi basamağında öğrenci pasif bilgiyi alan pozisyonda iken düz anlatım yöntemi uygulanabilir ancak uygulama, analiz, değerlendirme ve yaratma basamaklarında öğrenci aktif olarak öğrenme sürecine katılmalıdır (Krathwohl, 2002). Her öğrencinin kendi öğrenme süreçlerinin takibi, öğrenme ihtiyaçları, öğrenme şekilleri farklılık gösterirken bu değişkenlere bağlı şekilde öğrenme süreçlerinin tasarlanması gerekir. YZ araçları öğrenci başarılarını artırmada güçlü bir çözüm sunarak, matematik eğitiminde daha etkili ve verimli öğrenme süreçleri oluşturulmasına katkı sağlayabilir. Ortaya konan zorluk ve ihtiyaçlar doğrultusunda matematik eğitimi; kişiselleştirilmiş öğretim yöntemlerinin geliştirilmesi, soyut kavramların somutlaştırılması, öğrencilerin ilgisini canlı tutacak interaktif öğrenme araçlarının entegre edilmesi ve sürekli geribildirim sağlayan sistemlerin kullanılması ile yeniden tasarlanabilir. Yine öğrenme basamaklarına yönelik etkinliklerin gerçekleştirilmesi YZ teknolojilerinin sunduğu imkanlarla sağlanabilir. Temel işlem becerilerini geliştirilen oyun ve uygulamalar bu süreci destekleyen araçlardan bazılarıdır. Matematik eğitiminde kullanılan YZ araçlarının kullanım alanları ve sistem özelliklerinin sınıflandırılması, aşağıdaki tabloda (Tablo 3) örneklerle birlikte sunulmaktadır.

Tablo 3: YZ araçlarının kullanım alanları, Sınıflandırma ve Örnekler
(Voskoglou ve Salem, 2020)

YZ Uygulaması	Açıklama ve Faydaları	Matematik Eğitimi İçin Örnek Uygulama
Kişiselleştirilmiş Öğrenme	Her öğrencinin eşit öğrenme fırsatına sahip olmasını, bireysel matematiksel ihtiyaçlarına uygun müfredat geliştirilmesini sağlar.	ALEKS (Assessment and Learning in Knowledge Spaces)
Akıllı Öğrenme Sistemleri (SLS)	Bilgi tabanlı yazılımlardır. Matematik öğretim süreçlerinde akıllı öğretmenler olarak görev yapar ve etkileşimli bir şekilde kendisini günceller.	CogBooks

Vaka Temelli Akıl Yürütme (CBR)	Matematik problemlerin çözümünde elde öğrencilerin geçmiş problem çözüm hatalarından yararlanarak çözmelerine yardımcı olur.	IBM Watson Education, Mathspace
E-Öğrenme	Geniş bir kitle tarafından erişilebilen matematiksel öğrenme materyalleri sunar	Khan Academy, EBA
Bilgi Temsili ve Akıl Yürütme	YZ, matematik öğrenme materyallerinin aranmasını sağlar, öğrenci performansını değerlendirir ve öğrencileri öğrenme göre gruplandırır.	ASSISTments
Makine Öğrenimi (ML)	Öğrenci performansını analiz ederek ve öğretmenlere geri bildirim sağlar.	Socratic by Google
Derin Öğrenme (DL)	Doğal dil işleme ve bilgisayarla görme gibi karmaşık teknolojileri kullanarak matematik problemlerine çözüm sunar.	Microsoft Math Solver, ChatGPT
Sosyal Robotlar	Öğrencilerle etkileşim kurarak matematik derslerinde katılımı ve motivasyonu artırır.	Robot' Elias Finlandiya

Tabloda, matematik eğitiminde kullanılan YZ araçlarının her biri için ilgili teknoloji bağlamında örnekler verilmiştir. Öğretmenlerin bu ve benzeri araçları inceleyerek deneyimlemesi eğitim öğretim süreçlerine entegre edebilmeleri için önemlidir. Bu deneyimi kazanmaları, YZ okur yazarlık becerilerini edinmeleri hükümetlerce yürütülen politikalar kapsamına alınmalıdır. Öğretmenlerin YZ araçlarını aktif şekilde kullanmaları sağlanarak ürettikleri materyalleri paylaştıkları platformlar oluşturulmalıdır. Örnek olarak Türkiye’de Yenilik ve Teknoloji Eğitimi Genel Müdürlüğü tarafından YZ araçlarının hangi alanlarda kullanılacağına dair kılavuz yayınlanmıştır (Sevil ve Aras, 2024). Bu kılavuz bir öğretmen el kitabı olarak öğretmenlere kendi branşlarına göre hangi araçları kullanabileceklerini sunar. Ayrıca öğretmenler aradıkları YZ araçlarına YZ kütüphanelerinden sorgulayarak erişebilmektedir.

YZ araçlarının kullanımı, eğitimdeki ihtiyaçlara cevap verip zorlukları gidermede yardımcı olurken bazı sorunlara da yol açabilmektedir. Geleneksel eğitim modellerinin güvenilirlik ve geçerliliğini etkileyebilecek araçlar mevcuttur. Örneğin, öğrenciler matematik ödevlerini yaparken, soruları YZ araçlarına yükleyerek çözümlerini elde edebilirler. Ancak, bu

yöntemle öğrenciler, sorunların çözümlerini öğrenmeden sadece sonuçları elde ederler. Bu durum, öğretmenlerin öğrencinin ödevini başarıyla tamamladığına dair yanlış bir izlenim edinmelerine neden olabilir. Benzer tartışmalar, diğer YZ araçlar için de yapılabilir. Eğer bu süreçler doğru yönetilmez ve eğitim yöntemleri YZ araçlarının sunduğu imkanlara göre etkili bir şekilde yapılandırılmazsa, kontrol edilemeyen öğrenme çıktıları ve hatalar ortaya çıkabilir. Bunun için yine yenilikçi YZ araçlarının geliştirilmesi önemlidir.

Matematik eğitiminde YZ kullanımı giderek daha önemli hale gelmektedir. Bu önem, YZ'nin kişiselleştirilmiş öğrenme ortamları sunarak öğrencilerin bireysel öğrenme hızına uyum sağlaması, analitik düşünme, problem çözüme ve algoritmik düşünme becerilerini geliştirmesi ile ilişkilidir. Ayrıca, YZ destekli araçlar ve sistemler, matematik öğretiminde daha etkili ve verimli yöntemler sunarak, öğrencilerin öğrenme deneyimlerini zenginleştirmektedir (Richard v.d., 2022). 2024 yılında yayınlanan "Artificial Intelligence in Mathematics Education: The Good, the Bad, and the Ugly" başlıklı makalede, YZ'nin matematik eğitimine entegrasyonunun getirdiği avantajlar ve potansiyel zorluklar ele alınmıştır. Yapay zekânın kişiselleştirilmiş eğitim, uyarlanabilir değerlendirme, etkileşimli öğrenme ortamları ve gerçek zamanlı geri bildirim gibi birçok fayda sunduğu belirtilmiştir. Ancak YZ araçlarındaki yaratıcı düşünme ve problem çözüme becerilerinin eksikliği, algoritmalarındaki önyargular ve veri gizliliği gibi zorluklar da vurgulanmıştır (Opesemowo ve Ndlovu, 2024). Bu bağlamda, YZ'nin matematik eğitiminde tam potansiyelini kullanabilmek için dikkatli bir şekilde yönetilmesi gerektiği sonucuna varılmaktadır.

Uluslararası Elektronik Matematik Eğitimi Dergisi'nde yayınlanan "Matematik Eğitiminde Yapay Zeka: Sistematik Bir Yaklaşım Literatür İncelemesi" başlıklı makalede 2017-2021 yılları arasında yayımlanan 20 farklı YZ konulu akademik çalışma analiz edilmiştir. Bu çalışmalarda YZ araçlarının, matematik eğitiminde robotlar, sistemler ve öğretilebilir ajanlar gibi farklı yaklaşımlarla kullanıldığı tespit edilmiştir. YZ'nin matematik eğitiminde, öğrencilerin hayal gücünü ve problem çözüme yeteneklerini geliştirdiği, bilgisayar tabanlı öğrenme sistemlerinin ise eleştirel düşünme ve sosyal etkileşim becerilerini artırdığı, aynı zamanda matematiksel kavramların öğrenimini kolaylaştırdığı belirtilmiştir. Ayrıca, çalışmada YZ'nin matematik eğitimindeki rolü üç ana başlık altında incelenmiştir: YZ yönlendirmeli, YZ destekli ve YZ ile güçlendirilmiş. Yine makalede YZ'nin matematik öğretiminde en yaygın olarak kullanılan yaklaşımın robotik olduğu ifade edilmektedir. (Mohamed vd., 2022).

Yapılan bu çalışmalar matematik eğitiminde YZ araçlarının sunduğu imkanlar ile ortaya çıkardığı sorunları tespit edip analiz etmek için önemlidir. Bu araçların matematik eğitiminde giderek daha önemli bir rol oynadığı ve kişiselleştirilmiş öğrenme gibi avantajlar sunduğu görülmektedir. YZ'nin öğrencilere gerçek zamanlı geri bildirimler vererek bireysel öğrenme ihtiyaçlarını daha etkili bir şekilde karşıladığı söylenebilir. Farklı öğrenme yöntemlerine yönelik üretilmiş araçların çeşitliliği de eğitim süreçlerinin verimliliğini arttıracaktır. Ayrıca veri gizliliği, öğrenmenin gerçekleşip gerçekleşmediğini tespit, YZ araçlarının denetimsiz kullanımı gibi sorunlar da ayrıca ele alınmalıdır.

Eğitimde ve Özellikle de Matematik Eğitiminde Yapay Zekâ Politikaları

Matematik eğitiminde YZ uygulamalarını eğitim öğretim sistemine entegre etmek, politika geliştiriciler ve hükümetler tarafından yapılandırılmayı gerektirmektedir. Küresel bazda YZ teknolojilerini eğitim sistemine entegre etmek için geliştirilen strateji ve çalışmalar mevcuttur. YZ ve eğitim öğretim konusunu her aşamada ele almış, yatırımlar yapmış, stratejiler geliştirmiş ülkeler mevcuttur. OECD, 2018 yılında "Eğitimin ve Becerilerin Geleceği 2030" projesini duyurmuş ülkeleri eğitim politikaları geliştirmek adına bir araya getirmiştir. Bu kapsamda düzenlenen Uluslararası Öğretmenlik Mesleği Zirvesi sonucunda Eğitimi Yeniden Tasarlamak, Potansiyeli Geliştirmek başlıklı rapor yayınlanmıştır (OECD, 2024). Rapor, değişen ve dönüşen dünyanın ihtiyaçlarını belirlemenin önemine dikkat çekmektedir. Bu ihtiyaçlara yanıt verebilmek için, yeni çağın gereksinimlerine uygun öğretim yöntemleri ve değerlendirme stratejileri geliştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Ayrıca, okul binalarını ve koşullarını YZ teknolojisi kullanarak yeniden tasarlamak, hayat boyu öğrenme modelleri ile zorunlu eğitim süreçlerini bir arada oluşturmak da önemlidir. Bunun yanı sıra, öğretmenlerin rolü ve becerilerinin de yeniden tanımlanması gerekli görülmektedir. Dijital eğitimin tam olarak potansiyelinin ortaya çıkarılması için bir dizi eğitim yaklaşımına ve dönüşüme ihtiyaç olduğu ifade edilmiştir. Matematik eğitimi açısından raporda bazı tespitler de bulunmaktadır. Raporda okul saatlerinde eğlence amaçlı dijital cihazların kullanılmasının öğrencilerin matematik başarı puanını düşürdüğü sonucuna ulaşılmıştır. Yine aynı raporda okullarda öğrenme etkinlikleri için dijital cihazlarda günde bir saat kadar zaman geçiren öğrencilerin hiç zaman harcamayan öğrencilere göre daha düşük başarı gösterdiği yer almaktadır (Murphy

vd., 2020). Meraklı ve ısrarcı, duygularını daha iyi dile getiren ve strese dayanıklı öğrenciler yine PISA verilerine göre matematikte daha başarılıdır. Raporla yer alan bir araştırmaya göre de ABD'nin Maine eyaletinde matematik ödevi için YZ araçlarını kullanan öğrencilerin akranlarından daha iyi performans gösterdiği ve en büyük kazanımların başlangıç seviyesi daha düşük olan öğrencilerde gözlemlendiği belirtilmiştir.

Birleşmiş Milletler Eğitim Bilim ve Kültür Örgütü UNESCO, YZ'nin eğitimde kullanımını konusunda çalışmalar yürütmekte ve raporlar yayınlamaktadır. UNESCO, üye devletlerin eğitim sistemlerinde YZ teknolojilerini kullanarak "Eğitim 2030 Gündemi" hedeflerine ulaşmalarını sağlamak amacıyla çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmalar, eğitime erişimin artırılması, öğrenme deneyimlerinin kişiselleştirilmesi ve eğitimdeki eşitsizlikleri azaltma gibi konularda kapsayıcılık ve eşitlik ilkelerini temel almaktadır (UNESCO Türkiye Millî Komisyonu, 2022). YZ üretiminde insan merkezli yaklaşımlar ve "herkes için YZ" ilkesiyle gerçekleştirilen teknoloji devrim ve inovasyonlarını savunmaktadır. UNESCO, Pekin Konsensüsü çerçevesinde eğitim politika yapıcılarının YZ'ye hazır olmalarını teşvik eden Yapay Zekâ ve Eğitim: Politika Yapıcılar İçin Rehberlik ile Eğitim ve Araştırmada Üretken Yapay Zekâ Kılavuzu'nu yayınlamıştır (UNESCO, 2023; UNESCO, 2024). Bu yayınlar YZ'nin eğitim için sunduğu fırsatlar ve zorluklar ile YZ çağında ihtiyaç duyulan temel yetkinlikler hakkında ortak bir anlayış geliştirmeyi amaçlamaktadır.

UNESCO'nun yayınladığı dikkat çeken raporlardan biri ise K-12 YZ müfredatı: Hükümet Tarafından Onaylanan YZ Müfredatının Bir Haritası başlıklı rapordur (UNESCO, 2022). Raporla eğitimde YZ ve matematik bağlamında YZ eğitimi üzerine önemli araştırma verileri ve tespitler bulunmaktadır. On bir ülkedeki YZ ile ilgili geliştirilen müfredatların isimleri, bu müfredatları geliştiren kuruluşlar ve hangi eğitim seviyelerinde uygulandıklarını gösteren bir tablo da bulunmaktadır. Bu tablo matematik eğitimi ve YZ arasındaki ilişki ile küresel bazda hükümetlerce yapılan girişimleri değerlendirmek için önemlidir. Tablo (Tablo 4) aşağıdaki gibidir.

Tablo 4: Hükümetler tarafından onaylanan ve uygulanan K-12 yapay zekâ müfredatları

Ülke/Bölge	Müfredat Başlığı	Müfredat Geliştiricisi	Eğitim Seviyeleri		
			İlkokul	Orta- okul	Lise
Ermenistan	BİT Müfredatı	Hükümet		X	X
Avusturya	Veri Bilimi ve Yapay Zekâ	Federal Eğitim, Bilim ve Araştırma Bakanlığı			X
Belçika	BİT Deposu	Fédération Wallonie-Bruxelles (Fransızca konuşulan Belçika Topluluğu)			X
Çin	Bilim ve Teknoloji Müfredatına Gömülü Yapay Zekâ Müfredatı	Çin Halk Cumhuriyeti Eğitim Bakanlığı	X	X	X
Hindistan	Atal Tinker Labs Yapay Zekâ Modülleri	Atal Tinker Labs, Atal İnovasyon Misyonu, NITI Aayog		X	X
Güney Kore	Lise Matematik Konu Grubu Altında 'Yapay Zekâ Matematik'	Kore Bilim ve Yaratıcılık Geliştirme Vakfı			X
	Lise Teknoloji Ev Ekonomisi Konu Grubu Altında 'Yapay Zekâ Temelleri'	Kore Bilim ve Yaratıcılık Geliştirme Vakfı			X
Kuveyt	Standartlar Müfredatı	Müfredat rehberliği uzmanları ve öğretmenler	X	X	
Portekiz	Bilgi ve İletişim Teknolojileri	BİT ve Matematik Devlet Okulu öğretmenleri	X	X	X
Katar	Bilgi İşlem ve Bilişim Teknolojisi	Binary Logic, Eğitim ve Yükseköğretim Bakanlığı	X	X	X
	Bilgi İşlem ve Bilişim Teknolojisi (Yüksek Teknoloji Pisti)	Binary Logic, Eğitim ve Yükseköğretim Bakanlığı			X

Sırbistan	Bilişim ve Programlama – 8. Sınıf	Eğitim Bakanlığı çalışma grubu		X	
	Jimnastiklerde Modern Teknolojiler – 3. ve 4. Sınıf	Eğitim Bakanlığı çalışma grubu			X
Birleşik Arap Emirlikleri	Teknoloji Konu Çerçevesine Gömülü	Eğitim Bakanlığı çalışma grubu	X	X	X

“K-12 YZ müfredatı: Hükümet Tarafından Onaylanan YZ Müfredatının Bir Haritası”nda yer alan bu tabloda on bir üye devletin, YZ müfredatları geliştirip, onaylayarak uygulamaya koydukları görülmektedir. Tablo 4 ve sunulan rapor YZ ve matematik eğitimi açısından değerlendirilirse YZ temelli müfredatların genellikle matematiksel kavramlarla ve algoritmalarla birlikte yorumlandığı görülmektedir. On bir ülke ile yapılan çalışmalar sonunda onaylanan müfredatlar eğitimde matematiksel düşünme ve becerileri geliştirmeyi hedefleyen içeriklerle oluşturulmuştur. Bu yaklaşım matematik eğitimi ve müfredatına yön verme açısından önemlidir. Aynı raporda dijital araçlar ve programlama yöntemleri kullanılarak tasarlanan eğitim ortamlarında yapılandırmacılık felsefesi tavsiye edilmiştir. Bu felsefeye erken yaşlarda daha karmaşık matematiksel kavramların eğitim öğretiminde yer verilebileceği ifade edilmiştir (UNESCO, 2022). Bununla matematik eğitiminin dijital medya araçları ve yapılandırmacılık yaklaşımıyla daha etkili bir şekilde yapılacağı sonucuna ulaşılabılır.

Raporda yer alan ülkeler incelendiğinde YZ temelli müfredatlarını ilkokuldan liseye kadar farklı seviyelerde uygulayan Çin, Güney Kore ve Birleşik Arap Emirlikleri (BAE) gibi ülkelerin, YZ eğitimi konusunda uzun vadeli bir strateji benimsediği görülmektedir. Yerel ihtiyaçlara göre özelleştirilmiş YZ eğitim programı ise Kanada'nın Yukon Bölgesinde mevcuttur. Güney Kore ve Portekiz'de ise YZ eğitiminin doğrudan matematik müfredatlarına entegre edildiği görülmektedir. Bu ülkelerde YZ eğitimi, matematik derslerinin bir parçası olarak sunulmuştur. Özellikle Güney Kore'de lise seviyesinde «Yapay Zekâ Matematik» dersi, öğrencilerin YZ'yi matematiksel temeller üzerinden anlamalarını sağlamaktadır. Bu durum YZ ve matematik arasındaki güçlü ilişkiye dikkat çeken ve YZ kavramlarının anlaşılmasının matematiksel düşüncüyü geliştirdiğini vurgulayan örnek bir uygulama niteliğindedir. Hindistan'da Atal Tinker

Labs gibi özel programlar geliştirilmiştir. Bu programlarda öğrencilere inovasyon ve YZ üzerine teorik eğitimin yansira uygulamalı eğitimler de verilerek pratik kazanacakları öğrenme ortamları sunulmaktadır.

Yapay Zekâ Temelli Eğitimde Çin Politikaları

Çin'in PISA değerlendirme raporlarında matematik alanında üst üste gösterdiği başarılar dikkat çekicidir. Bu başarı örneği Çin'in eğitim sisteminde neleri doğru yaptığı, YZ teknolojilerini eğitimde nasıl kullandığı sorularını akla getirmektedir. 2017 yılında yayınladığı "Yeni Nesil Yapay Zekâ Geliştirme Planı" ile Çin, YZ teknolojisi alanındaki stratejik hedeflerini dünyaya duyurmuştur. Bu plan, uluslararası rekabet, ekonomik büyüme ve sosyal yönetim alanlarına odaklanmaktadır. Hedefleri arasında, 2020 yılına kadar rekabet gücünü korumak, 2025 yılına kadar temel YZ teorisinde büyük bir atılım yapmak ve 2030 yılına kadar YZ için dünyanın inovasyon merkezi olma hedefi bulunmaktadır. YZ alanında küresel rekabette lider olma amacıyla oluşturulan YZ laboratuvarları, Çin'i bu alanda örnek bir ülke haline getirmektedir (Erdoğan, 2021).

Çin, yayınladığı planda YZ teknolojilerini eğitim öğretim alanına entegre etmeyi küresel güç olma stratejisi olarak benimsemiştir. Merkezi hükümetin politikaları ve özel sektör girişimleriyle şekillenen YZ entegrasyon çalışmaları, küresel ölçekte farklı bir uygulama olarak değerlendirilebilir. Eğitim politikaları ve düzenlemeleri, YZ uzmanları yetiştirmeyi hedefleyecek şekilde oluşturulmuştur. New Oriental Group, Tomorrow Advancing Life (TAL) ve Squirrel AI gibi üç önemli özel eğitim şirketi, Çin'in eğitim alanındaki YZ uygulamalarının gelişiminde önemli bir rol oynamaktadır. Bu şirketler, eğitim hizmetlerini kişiselleştirerek geniş bir öğrenci kitlesine ulaşmaktadır. Özellikle Squirrel AI uygulaması, YZ tabanlı bir öğretim sistemi olarak her bir öğrenciye özel ders planları hazırlar; öğrencilerin zorluklarını belirleyerek onlara uygun destek sağlar. Üretilen bu YZ teknolojileri, yüz tanıma, ses tanıma ve doğal dil işleme gibi teknikleri içermekte ve öğrencilerin sınıf içindeki katılımlarını ve duygusal durumlarını değerlendirmek için YZ destekli kameralar ve yazılımlar aracılığıyla kullanılmaktadır. Çin'de, öğrencilerin performansı YZ teknolojileri ile izlenir ve analiz edilirken, YZ araçları da onlara özel öğrenme yolları öneren sistemlerde eğitim öğretim sürecine dahil edilmektedir (Knox, 2020). Çin'in, bu uygulamalarıyla eğitimde YZ teknolojilerini yalnızca eğitim içerikleri ve öğretim stratejileri ile değil, tüm boyutlarıyla değerlendirerek uyguladığı görülmektedir.

Çin'in bilim ve teknolojide küresel güç olma hedefleri, eğitim müfredatının bu perspektifle güncellenmesinin temel sebebini oluşturmaktadır. Bu amaçla yapılan müfredat incelemeleri, özellikle matematik müfredatının YZ üretimi için verimli bir şekilde düzenlendiğini ortaya koymaktadır (UNESCO, 2022). Bu durum, Çin'in eğitim politikalarının, hükümet güdümlü ulusal stratejilerle şekillendiğini ve YZ'nin eğitim sistemine entegrasyonunu öncelik haline getirdiğini göstermektedir. Çin'in hükümet güdümlü eğitim politikaları ve ulusal stratejileri YZ'nin eğitime entegrasyonu, güçlü özel eğitim sektörü ile hükümet iş birliği, veriye dayalı karar vermeye odaklı YZ araçlar, eğitim reformları ve girişimler yoluyla yürütülmektedir. YZ destekli eğitim öğretim ile geniş bir YZ yetenek havuzu oluşturularak iş gücü talebini karşılanmaktadır. Disiplinler arası yaklaşım ile de eğitimsel yeniliklerin hızlı ve çok yönlü entegrasyonu için uygulanma imkanları sunulmaktadır (Vwen Yen vd., 2023). Bu durumun ülkede her aşamada teknolojik ilerleme ve hızlı entegrasyonu sağladığı söylenebilir. Amaç ve hedeflerini belirleyerek özel sektörle iş birliği yapmış olması, oluşacak iş gücü talebini erken ve doğru tespit etmesine olanak sağlayacaktır. Ayrıca özel sektörü güncelendirip desteklemesi YZ araçlarının üretimini hızlandıracaktır. Çin'in matematik YZ araç üretiminde başarısı, aldığı patent ve tescil sayısı da bu stratejilerin doğruluğunu destekler niteliktedir (Information Technology and Innovation Foundation, 2024).

Çin'de eğitimde kullanılan YZ uygulamaları arasında öne çıkan bir örnek, SenseTime destekli YZ kitaplarıdır. Bu uygulama, görüntü, ses ve metin tanıma ile derin öğrenme konularını öğretmek amacıyla geliştirilmiştir ve 40 okulda uygulanmaktadır. Bu kitaplar, öğrencilerin temel YZ becerilerini geliştirmelerine yardımcı olmaktadır ve Çin'deki eğitim sistemlerinde YZ'nin nasıl entegre edildiğine dair bir örnek sunmaktadır. Genel olarak, Çin'deki YZ uygulamaları, eğitimde yenilikçi yöntemler ve teknoloji kullanımları ile öğrencileri desteklemeye yöneliktir. Ancak, Çin'de YZ uygulamaları hızlı bir şekilde benimsenmekte, etik konular ve veri gizliliği ile ilgili endişeler daha az vurgulanmaktadır (Vwen Yen vd., 2023). Doğrudan eğitimde YZ kullanımına dair uygulamalar, daha çok bireysel ders materyalleri üzerinde odaklanmaktadır. Çin'in eğitim politikaları, YZ teknolojilerinin entegrasyonu ile sadece mevcut müfredatları güncellemekle kalmayıp, aynı zamanda geleceğin eğitim ihtiyaçlarına cevap verecek bir yapı oluşturmaya yönelik kapsamlı bir vizyon geliştirmiştir. Bu vizyon, ülkenin uluslararası rekabet gücünü artırırken, öğrencilerin YZ ile donatılmış bir eğitim deneyimi yaşamalarını sağlamaktadır. Bunun yanında, veri güvenliğini

ve gizliliği ile YZ araçlarının kontrolsüz kullanımı sonucunda doğabilecek sorunlara da odaklanmalıdır.

Singapur'da Eğitimde Yapay Zekâ Uygulamaları

PISA ölçme değerlendirme testlerinde elde ettiği başarılarla dikkat çeken Singapur, YZ'yi eğitim sistemine entegre etmek için örnek adımlar atmıştır. Hükümet, eğitimde YZ entegrasyonunun gelecekteki dönüştürücü potansiyelini kabul ederek, öğrencilerin uluslararası alanda rekabet edebilecek bilgi ve becerilere sahip olmalarını amaçlamaktadır. Singapur'da, kişiselleştirilmiş öğrenme, öğrenci katılımını artırma, kaynakları optimize etme ve öğrenci başarısını tahmin etme gibi amaçlarla YZ teknolojilerinden yararlanılmaktadır. Eğitim sisteminde YZ ve öğrenme analitiği (ÖA) uygulamaları eşgüdümlü olarak ilerlemekte, bu sayede öğretim ve öğrenim süreçleri sürekli yenilenmektedir. Bu stratejiler, ülkenin uluslararası rekabet gücünü artırırken, öğrencilerin YZ ile donatılmış bir eğitim deneyimi yaşamalarını sağlamaktadır. YZ teknolojilerine çok yönlü yaklaşımı, bu gelişim ve değişim sürecinde dünyaya örnek teşkil etmektedir. Singapur'daki okullarda kullanılan YZ tabanlı platformlar, öğrencilerin bireysel öğrenme ihtiyaçlarına göre uyarlanmış ders materyalleri sunmaktadır. Öğretmenler, öğrencilerin performans verilerini analiz ederek hangi konularda ek desteğe ihtiyaç duyduklarını belirleyebilmektedir. Bununla birlikte veri gizliliği ve algoritmik önyargı gibi etik ve sosyal sorunlar da ülkenin gündemindedir (Vwen Yen vd., 2023).

Singapur Eğitim Bakanlığı'nın (MOE) AI-in-Education (AIEd) Ethics Framework'ü, eğitimde YZ'nin güvenli bir şekilde kullanılmasını sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. YZ, öğrencilerin öğrenme süreçlerini kişiselleştirmek ve öz denetimli öğrenmeyi teşvik etmek için kullanılmaktadır. Öğretmenlerin ise rutin görevlerini otomatikleştirerek öğrencilere daha fazla zaman ayırmalarına olanak tanımakta ve daha verimli öğretimi mümkün kılmaktadır. Ayrıca, YZ destekli sistemler, öğrencilerin matematik problemlerini çözme süreçlerini analiz ederek hangi adımlarda hata yaptıklarını tespit edip, bu konularda ek alıştırımlar sunmaktadır (MOE, 2024).

Singapur'un 2023 Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi (NAIS 2.0) raporuna göre, eğitimde YZ entegrasyonu konusunda önemli adımlar atılmıştır. YZ, okullarda adaptif öğrenme sistemleri ile kullanılarak, öğrencilerin bireysel öğrenme ihtiyaçlarına göre uyarlanmış eğitim materyalleri sunmakta,

öğretmenlere not verme ve ders planlama gibi idari görevlerde yardımcı olmakta, öğrenci performansını izleyerek ve analiz ederek öğretmenlere geri bildirim sağlamaktadır. Ayrıca, matematik eğitiminde öğrencilerin zorlandığı konuları belirleyerek onlara özel destek sunmaktadır (Singapore Economic Development Board, 2023).

Singapur'un eğitimde bu imkanları sunduğu teknolojik platformlar şu şekilde sıralanabilir:

- **AI Singapore (AISG):** Öğrenciler arasında YZ okuryazarlığını artırmayı ve geliştirmeyi amaçlayan desteklenen bir iletişim programıdır.
- **Singapore Student Learning Space (SLS):** Singapur'un Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen ulusal bir öğrenme yönetim sistemidir. Bu sistem, çeşitli uygulamaların entegre edilebildiği uyarlanabilir öğrenme ve otomatik değerlendirme imkânı sunan bir YZ platformudur.
- **“AI for Everyone” ve “AI Apprenticeship”:** Tüm vatandaşlara yönelik beceri geliştirmeyi hedefleyen YZ programlarıdır.
- **SkillsFuture Singapore İnisiyatifi:** YZ ve veri analizi eğitimlerini de içeren kapsamlı bir eğitim portalıdır.
- **Açık Ulusal Veri Portalı:** Singapur'daki 70'ten fazla kamu ajansının katkıda bulunduğu, kamuya açık verilerin toplandığı bir portaldır.
- **AppleTree:** Öğrenci katkılarını takip ederek gerçek zamanlı öğrenme analitiği gerçekleştiren ve argümantasyon yapısını görselleştiren bir platformdur.
- **CoVAA:** Öğretmenlerin öğrencilerin katılım düzeyini izlemelerine olanak tanıyan, öğrenci etkileşimlerini ve geri bildirimleri hızla görselleştiren video anotasyon (bir metin, belge veya veri seti üzerinde yapılan açıklama, yorum veya not ekleme işlemi) ve biçimsel öğrenme analitiği sunan YZ teknolojisidir.
- **ARChE:** Doğal Dil İşleme (NLP) kullanarak öğrencilerin Çince kelime öğrenimini destekleyen akıllı bir sistemdir (Horita ve Nagahama, 2023).

Bu uygulamalar, Singapur'un eğitim sisteminde ve matematik eğitiminde gösterdiği başarılarından dolayı örnek gösterilebilir. Ayrıca, YZ ve öğrenme analitiğinin birlikte sunulması açısından önemlidir.

Singapur'un başarılı eğitim uygulamaları, yaşam boyu öğrenmeyi teşvik eden, yenilikçi ve fayda odaklı müfredat tasarımlarıyla şekillenmektedir. Bu uygulamalar, çeşitli öğretim yöntemlerini YZ araçları ile harmanlayarak öğretmen eğitimine anlam katmakta, etkili ve adaptif değerlendirme uygulamaları ile süreci güçlendirmektedir. Ayrıca, güçlü bir toplumsal ve sanayi iş birliği ile bu sistem desteklenmektedir.

Singapur, eğitimde bireye bütüncül bir bakış açısı sunarak öğrencilerin potansiyelini geliştirmeye ve 21. yüzyıl becerilerini kazandırmaya odaklanan dengeli ve bütünsel bir eğitim modelini vurgulamaktadır. Bu anlayış, özellikle Yapay Zekâ Çıracılık Programı (AIAP) gibi uygulamalarla somutlaşmakta; öğrencilere iş gücüne hazırlık konusunda uygulamalı eğitim imkanı sunarak, proje tabanlı öğrenmeye özel bir önem verilmektedir.

Singapur hükümeti, eğitimde YZ entegrasyonunu desteklemek amacıyla birçok stratejik girişim yürütmektedir. Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi ve Yapay Zekâ Singapur (AISG) planı gibi projeler, YZ eğitiminin yaygınlaştırılmasına olanak tanımaktadır. Bu bağlamda, çocuklar için AI4K, ortaokul öğrencileri için AI4S, herkes için AI4E ve gelecekteki YZ mühendisleri için AIAP gibi özel dijital programlar sunulmaktadır. AI4K kursu, Singapur hükümeti tarafından Singapur Ulusal Üniversitesi'nin Matematik ve Bilim Lisesi ile iş birliği içinde geliştirilmiş olup, öğrencileri YZ teknolojisiyle tanıştırmayı amaçlamaktadır. Kursta, öğrenciler Scratch ve Azure gibi programlama araçları kullanarak temel YZ uygulamalarını nasıl kodlayacaklarını öğrenmektedir. Bunun yanı sıra, 2014 yılında "Code for Fun" adlı kodlama öğrenim platformunun, seçmeli bir dersten zorunlu bir derse dönüştürülmesi önemli bir adım olmuştur. Bu değişiklik, öğrencilere kodlama programları, çevrimiçi robotik ve teknoloji kurslarına erişim sağlamaktadır (Xu, Dong ve Wang, 2022). Farklı derslere YZ kavramları ve araçlarının entegre edilmesi, öğrenmeyi daha ilgili ve uygulanabilir hale getirmektedir.

Singapur'un YZ eğitimine yaklaşımını farklı kılan unsur, tüm yaş gruplarını kapsayan yapılandırılmış ve sistematik bir müfredat sunmasıdır. Ayrıca, YZ eğitime erişimi kolaylaştıran programlar, ülkenin eğitim politikasının temel taşlarını oluşturmaktadır. Her yaş grubu ve her ihtiyaç düzeyine göre ulaşılabilir sistemler sunması, YZ entegrasyonu için örnek gösterilebilir. Bununla birlikte, yükseköğretim kurumları ve ortaöğretim kurumlarının iş birliği içerisinde olduğu gözlemlenmektedir. Matematik eğitimi ile ilgili olarak, matematiğin yükselen YZ teknoloji trendindeki yerinin farkında olunarak ele alındığı söylenebilir.

Singapur’da dikkati çeken başka bir nokta, tüm bu teknoloji gelişimlerini insan ve doğa eşgüdümü ile yorumlaması ve eğitim-öğretim süreçlerini planlamasıdır. Bu yaklaşım, hem öğrenci merkezli bir eğitim modeli sunmakta hem de sosyal ve etik sorumlulukları dikkate alarak geleceğin eğitim sistemini inşa etmeye yönelik önemli bir adım teşkil etmektedir. Sadece teknolojik araçların entegrasyonu ile sınırlı kalmayıp, eğitim sisteminin genel yapısını ve felsefesini de dönüştüren yenilikçi bir yaklaşım sunması öne çıkmaktadır.

Türkiye’de Eğitimde Yapay Zekâ Stratejilerinde Güncel Durum

Türkiye’nin ilk Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi (UYZS), 24 Ağustos 2021 tarihinde yayımlanmıştır. Bu strateji, Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi (CBDDO) ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı iş birliğinde hazırlanmış olup, 2021-2025 yılları arasında uygulanacak tedbirleri ve yönetim mekanizmasını içermektedir. Strateji, Türkiye’nin YZ alanındaki çalışmalarını ortak bir zemine oturtmayı ve bu alandaki gelişmelere uyum sağlamayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda 6 stratejik öncelik, 24 amaç ve 119 tedbir belirlenmiştir (Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi, 2021). Bu durum YZ teknoloji stratejilerinin geniş perspektifle ele alındığını göstermektedir. Ayrıca yayınlanan Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi 2024-2025 Eylem Planı’nda belirlenen 6 stratejik öncelik için eylem planları oluşturulmuş, çeşitli kurum ve kuruluşlarla eş güdümlü olarak sunulmuştur (Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi, 2024). Yapılan bu çalışmalar değerlendirildiğinde eğitim öğretimde YZ nin “Yapay Zekâ Uzmanlarını Yetiştirmek ve Alanda İstihdamı Artırmak” stratejisi kapsamında ele alındığı görülmektedir. Yükseköğretim Kurulu Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Tübitak ve Mesleki Yeterlilik Kurumu ile eş güdümlü eylem planları sunulmuştur. Strateji kapsamında hem yükseköğretimde hem de temel eğitimde müfredat yenilenmesine gidileceği belirtilmiştir. Her branştan her bireye eğitim öğretim süreçlerinde YZ okuryazarlığı kazandırmak, teknoloji üretimini sağlamak, her meslek grubunu yeni teknolojilere uyumlu şekilde yetiştirmek için bu eylem önemlidir. 2021 yılında yayınlanan strateji raporunda YZ, bilgisayar bilimleri ve matematik ile doğrudan ve yoğun ilişkisi olan bir disiplin olarak ifade edilmiştir. Bu bağlamda 2024 yılında yayınlanan eylem planında MEB ilgili dersler ve eğitim kademelerinde yarışmalar, projeler ve müfredat yenilenmesine gidilmesi algoritmik düşünmenin kazandırılması planlanmıştır.

Eğitimde Yapay Zekâ Uygulamaları Uluslararası Forumu, MEB, Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü (YEĞİTEK) ve Teknopark İstanbul'un iş birliğiyle 2024 yılında gerçekleştirilmiştir. Bu forum, eğitimde yapay zekâ kullanımına yönelik süreçleri değerlendirmek ve ulusal düzeyde yürütülecek çalışmaları belirlemek amacıyla düzenlenmiştir. Forum sonrası yayınlanan raporda YZ uygulamalarının eğitim süreçleriyle nasıl bütünleştirilebileceği, dil eğitimi, dijital eğitsel oyunlar ve öğretmenlerin mesleki gelişimine yönelik YZ destekli araçların kullanımıyla eğitimde verimliliğin artırılması ve kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimlerinin nasıl geliştirilebileceği üzerinde durulmuştur, özel olarak matematik eğitimine yer verilmemiştir (MEB ve YEĞİTEK, 2024). Yine 2024 yılında MEB ve YEĞİTEK iş birliği ile Eğitimde Yapay Zekâ Zirvesi gerçekleştirilmiştir. Zirve, YZ teknolojilerinin eğitimdeki uygulamalarını ve gelecekteki potansiyelini kapsamlı bir şekilde ele alarak, eğitimde YZ kullanımının yaygınlaştırılması ve bu alandaki yeniliklerin paylaşılması açısından büyük önem taşımaktadır. YZ politikaları, üretken YZ çağı, kurumsal müşteri deneyimleri ve eğitimde YZ'nin dönüştürücü gücü gibi konular ele alınmıştır (MEB ve YEĞİTEK, 2024 a). Yapılan tüm bu çalışmalar Türkiye'de eğitimde kullanımının giderek daha önemli hale geldiğini ve bu alandaki çalışmaların yoğunlaştığını göstermektedir. YZ'nin eğitimde verimliliği artırma, kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimlerini geliştirme ve öğretmenlerin mesleki gelişimine katkıda bulunma gibi alanlarda nasıl kullanılabileceğini tartışmak için tüm paydaşları bir araya getiren önemli platformlar sunmaktadır.

Türkiye'de YZ teknoloji dönüşümünü de içine alan, Türkiye'nin 100. yılına yönelik olarak kapsamlı bir eğitim reformu gerçekleştirilmektedir (MEB, 2024). "Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli" reformu ile yeni müfredat geliştirilerek 2024 yılında uygulanmaya başlanmıştır. Geliştirilen öğretim programlarında matematik dersinde de yenilenmeye gidilerek algoritmalar ile problem çözme, veri yorumlama ve istatistik konu ve becerileri ders kapsamında alınmıştır (MEB, 2024 a). Böylece matematik derslerinde YZ teknolojilerini sadece kullanan değil, aynı zamanda üretebilen bir stratejinin benimsendiği ve öğrencilerin bu teknolojileri geliştirme becerilerini kazanmalarının hedeflendiği bir eğitim modeli oluşturulmuştur. Bu yaklaşımla, öğrencilerin analitik düşünme, problem çözme ve yaratıcı düşünme becerileri ile 21. yüzyıl becerilerini kazanmaları sağlanabilir. Ancak bu öğretim sırasında YZ araçlarının kullanılmasına dair bir uygulama ve strateji bulunmamaktadır. YZ araçlarının her bireye erişiminin sağlanması ve derslerde aktif kullanımı konusunda çalışmalar yapılması gerekmektedir. Yayınlanan eylem planları da bu ihtiyacı desteklemektedir.

Sonuç ve Öneriler

Yeni yüzyılın dijital devrimi, insan zihninin bilgisayar teknolojileriyle birleşimi sonucunda YZ'yi ortaya çıkarmıştır. Derin öğrenme ve makine öğrenimi teknoloji devrimlerini oluşturmuş, yeni çağa yön vermiştir. YZ çağında, tüm iş tanımları yeniden şekillenmiş ve üretilen her teknoloji, kendi alanında yenilikler getirmiştir. YZ, yeni dönemde ülkelerin kaderlerini etkileyen önemli bir faktör haline gelmiştir. Özellikle Çin'in belirlediği hedefler ve bu doğrultuda gerçekleştirdiği çalışmalar dikkat çekmektedir. Eğitim öğretim alanında ise YZ teknolojileri, içerik, süreç ve imkanlar açısından örnek bir şekilde kullanılmaktadır. Durum tespiti için uluslararası platformların çalışmaları değerlendirilmiş ve mevcut durum analizi yapılmıştır. 21. yüzyıl becerileri ile matematik eğitimi arasındaki ilişki ortaya konmuş ve matematik öğreniminin önemi vurgulanmıştır. Ülkelerin matematik müfredatlarında yaptığı değişiklikler, matematik eğitimi içeriği ve stratejileri üzerine akademik çalışmalar yapılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, içerik güncellemeleri ile ilgili olarak eğitim kademeleri için çeşitli öneriler sunulmuştur. Bunun için YZ teknoloji üretim aşamaları ile bu aşamalarda kullanılan matematik konuları arasındaki ilişki sunulmuştur.

Yapılan araştırmalar sonucunda Yükseköğretimde YZ teknolojilerinin entegrasyonu ile ilgili literatürün az sayıda olması dikkat çekmiştir. Araştırmalar daha çok yüksek öğrenim öncesi eğitim süreçlerine yöneliktir. Yapılacak olan çalışmalar YZ teknolojilerinin eğitimde uygulayıcıları olan öğretmenleri yetiştiren kurumların güncellenmesi için yol gösterici olacaktır. Ayrıca uygulamalı, kontrollü deneylerle yapılan bilimsel araştırmalara daha fazla ihtiyaç vardır. Mevcut durum, bu alanda yapılacak deneysel çalışmalara yönelik önemli bir gereksinim olduğunu göstermektedir. YZ teknolojilerinin getirdiği yenilikler ve değişimler çok yönlü olarak ele alınmalı ve buna uygun iyileştirmeler yapılmalıdır.

Ülkelerin 21. yüzyılda eğitim sistemleri, dijitalleşme ve YZ teknolojilerinin etkisiyle köklü bir dönüşüm sürecine girdiği görülmektedir. Bu dönüşüm, özellikle matematik eğitimi alanında, öğrencilerin analitik düşünme, problem çözme ve eleştirel düşünme becerilerini geliştirmeleri için çeşitli fırsatlar sunmaktadır. YZ araçlarının eğitim süreçlerine entegrasyonu, öğrenci merkezli öğrenmeye odaklanan yapılandırıcılık ve tam öğrenme modelleriyle uyumludur. Günümüz teknolojik çağı, bireysel ihtiyaçların tespiti ile eğitimi kişiselleştirme imkânı sunmaktadır. Akıllı bilgisayar

destekli öğretim sistemleri, öğrenci tarafından başlatılan öğrenme ortamları ve eğitimsel tanı için uzman sistemler, geleneksel öğrenme ortamlarında bireysel farklılıkların sorun haline geldiği durumlara çözüm üretmektedir. Bu tür sistemler, bireylerin başarılarını ve mutluluğunu destekleyebilirken, öz değerlendirme, öz disiplin ve öz farkındalık kazandırabilir. YZ teknolojileri sağladığı tüm bu imkanlarla başarı düzeyini yükselten yeni bir dönemi başlatabilir. Ancak, bu süreçlerin etkin bir şekilde yönetilmesi ve eğitim politikalarının bu değişimlere uygun olarak güncellenmesi gerekmektedir. Teknolojilerin herkesçe erişilebilir olması sağlanmalıdır. Eğitim kurumları, öğretmenler ve politika yapıcılar, YZ'nin sunduğu olanakları en iyi şekilde değerlendirmek için sürekli iş birliği içinde olmalı ve birlikte stratejiler geliştirmelidir. Bu kapsamda matematik müfredatlarının her eğitim kademesinde YZ teknolojileri ile uyumlu hale getirilmesi ve güncellenmesi önerilmektedir. Matematik alanlarının YZ teknolojileri üretiminde nasıl kullanılacağına dair bilgiler, eğitim müfredatlarının yeniden yapılandırılmasında ve müfredat geliştirmede önemli bir rehberlik sunacaktır. Yeni müfredatın, YZ teknoloji destekli eğitim ortamlarının ve eğitimde yeni yaklaşımların analizi için bilimsel araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Ayrıca YZ araçlarının oluşturacağı olası sorunlar da tespit edilerek çözümler üretilmelidir. Veri güvenliği konusu, tüm dünyada bir tehdit oluşturmaktadır ve bu tehdidin eğitim-öğretim üzerindeki etkileri incelenmelidir.

YZ teknolojileri, hayat boyu öğrenmeyi destekleyerek bireylere kendi eğitim ve gelişimlerinden sorumlu olma fırsatı vermektedir. Bu alanda Singapur'da yapılan uygulamalar örnek teşkil etmektedir. YZ araçlarının ve dijital ortamların erişilebilirliği, eğitim hakkının yaşam boyu her bireye sağlanmasını desteklemektedir. Bu bağlamda ülkelerin yerel ihtiyaçlarına göre özelleştirilmiş programlar oluşturması önemlidir. Bu amaçla yatırım yapan ve YZ uzmanları yetiştiren ülkeler, eğitimde YZ kullanımının etik boyutları ve dijital eşitsizlik gibi konuları da göz önünde bulundurmalıdır. YZ teknolojilerini hükümet politikalarında başarılı bir şekilde uygulayacak ülkeler, her alanda yükseliş gösterecektir.

Türkiye'de, YZ alanında önemli bir strateji geliştirilmiş ve bu stratejinin eğitimde uygulanması için çeşitli adımlar atıldığı görülmüştür. PISA verilerini de değerlendirilerek oluşturulan yeni müfredatlar 21. Yy becerilerinin çok yönlü ele alındığını göstermektedir. 2021 yılı itibarıyla yayınlanan Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi ve 2024-2025 Eylem Planı çerçevesinde, eğitimde YZ'nin entegrasyonu ve YZ okuryazarlığının

artırılması hedeflenmektedir. Eğitimde YZ'nin etkisini artırmak amacıyla müfredat yenilemeleri ve çeşitli projeler/yarışmalar başlatılmıştır. Öne çıkan stratejiler arasında, YZ'nin uzmanlarını eğitmek ve istihdamı artırmak, ayrıca her branşta YZ okuryazarlığı kazandırmak yer almaktadır. Ancak YZ araçlarının herkes tarafından ulaşılır ve kullanılır olması için çalışmalar gereklidir. Aynı zamanda müfredat yenilenmesine paralel olarak eğitim öğretim ortamlarının da güncellenmesi gerekmektedir.

21. yüzyılda dijitalleşme ve YZ teknolojileri, matematik eğitimi üzerinde önemli bir etki yaratmaktadır. YZ araçlarının eğitime entegrasyonu ve bu araçların çeşitliliği, yeni matematik eğitim yöntemleri ve materyalleri geliştirme ihtiyacını doğuracaktır. Eğitim bilimleri uzmanları, pedagojik uzmanlar, öğretim tasarımı uzmanları ve eğitim teknolojileri alanında çalışan geliştiricilerin bu teknolojik gelişmeleri benimseyip çalışmalarına yön vermeleri önemlidir. Ayrıca, öğretmen yetiştiren kurumların, eğitimde YZ uygulama uzmanları yetiştirmesi ve yeni öğretim yaklaşımları geliştirmeleri gerekmektedir. Bu uzmanlar, mevcut öğretmenlere yönelik eğitimler vererek 21. yüzyıl becerileri ve YZ okur yazarlığı becerilerini kazandırmalıdır. Bunun sebebi eğitimde YZ'nin entegrasyonunun, sadece teknolojik bir dönüşüm değil, aynı zamanda pedagojik bir yenilik süreci olmasıdır. Var olan başarılı örnekler ve yapılacak durum analizi ile her ülke için özelleştirilmiş kalkınma ve entegrasyon süreçleri tasarlanmalıdır. Eğitime yönelik uygulamalı yapılacak bu çalışma ve tasarımlardan elde edilen sonuçlar, hükümetlerle paylaşılmalı ve gerekli revizyonlar gerçekleştirilmelidir. Ulaşılan sorunlar ve problemler, yeni YZ teknolojileri üretimine ve mevcut YZ araçlarının iyileştirilmesine de olanak tanıyacaktır.

OECD ve UNESCO gibi uluslararası kuruluşların raporları doğrultusunda, matematiğin artan önemi ve yükselen rolü göz önünde bulundurularak, yeni YZ araçları ile bütünleşmiş öğretim stratejileri geliştirilmelidir. Ayrıca, matematik alanında başarılı YZ araçlarının geliştirilip test edilmesi uluslararası rekabet için de önemlidir. Bu hususta özellikle matematik eğitiminde YZ araç üretiminin ekonomik potansiyeli de göz önünde bulundurulmalıdır. YZ araçlarının sunduğu imkanlar, matematik eğitiminde karşılaşılan zorluklara çözüm üretmeye yardımcı olacaktır. Bu dönüşüm, öğrencilerin matematiksel düşünme becerilerini geliştirmelerine katkıda bulunacak ve onları geleceğin iş gücü için hazırlayacaktır. Araştırmalar sonucunda teknoloji devrimini yakalamak isteyen hükümetlerin matematik öğrenimi konusunu ayrıca ele almaları gerektiği yapılan uygulamalarla tespit edilmiştir.

Eğitimde Yz teknoloji entegrasyon strateji adımları; eğitimde YZ okuryazarlığını artırmak için müfredatların geliştirilmesi, YZ araçlarının tüm öğrencilere erişilebilir hale getirilmesi, eğitim ortamlarının YZ teknoloji imkanları ile yeniden düzenlenmesi ve öğretmenlerin sürekli mesleki gelişim programlarıyla eğitilmesi olarak sıralanabilir. Ayrıca, öğrencilere YZ ile ilgili projelerde yer alma fırsatları sunmak ve özel sektör ile devlet kurumları arasında iş birliğini güçlendirmek, eğitim teknoloji üretiminde özel sektörü desteklemek YZ'nin eğitimde etkili bir şekilde entegrasyonunu sağlayacaktır. Bu temel adımlar, ülkelerin eğitimde yapay zeka potansiyelini en üst düzeye çıkaracak bir altyapı oluşturarak hem üretimde büyümesini, hem 21. Yüzyıl gerekliliklerinin sağlanmasını hem de eğitimde teknoloji eşitliğini temin edecektir.

Kaynakça

- Aras, D. ve Sevil, Ş. (2024). Eğitimde kullanılan yapay zekâ araçları: öğretmen el kitabı. Ankara: T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü. 12 Ekim 2024 tarihinde <https://yegitek.meb.gov.tr/www/egitimde-kullanilan-yapay-zek-araclari-ogretmen-el-kitabi-yayimlandi/icerik/3631> adresinden alındı.
- Ayanwale, M. A., Sanusi, I. T., Adelana, O. P., ve Aruleba, K. D. (2024). Teachers' readiness and intention to teach artificial intelligence in schools. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100099. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100099>
- Cemal, M. (2024, Ocak 19). Built In. 13 Ağustos 2024 tarihinde <https://builtin.com/articles/math-for-ai> adresinden alındı.
- Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi. (2021). *Ulusal Yapay Zeka Stratejisi 2021-2025*. 19 Aralık 2024 tarihinde <https://cbddo.gov.tr/SharedFolderServer/Genel/File/TR-UlusalYZStratejisi2021-2025.pdf> adresinden alındı.
- Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi. (2024). *Ulusal Yapay Zeka Stratejisi 2024-2025 Eylem Planı*. 19 Aralık 2024 tarihinde <https://cbddo.gov.tr/SharedFolderServer/Genel/File/UlusalYapayZekaStratejisi2024-2025EylemPlanı.pdf> adresinden alındı.
- Dede, C. (2009). Comparing frameworks for "21st century skills". Harvard Graduate School of Education. 4 Ekim 2024 tarihinde http://www.dpsgs.org/pdf/Comparing_Framework adresinden alındı.
- Deng, L. ve Liu, Y. (2018). Deep Learning in Natural Language Processing. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-5209-5>
- Erdogdu, S. (2021, Aralık). Yapay zekâ rekabeti bağlamında Çin'in ontolojik güvenlik algısı. *Uluslararası Hukuk ve Sosyal Bilim Araştırmaları Dergisi*. <https://doi.org/10.51524/uhusbad.969764>
- Horita, T. ve Nagahama, T. (2023). A Perspective from Educational Technology Research Trends in Individualization of Learning in Elementary and Secondary Education in Japan. *Information and Technology in Education and Learning*, s. 1. <https://doi.org/10.12937/itel.3.1.Inv.p004>

- Information Technology and Innovation Foundation. (2024). How innovative is China in AI? 15 Ekim 2024 tarihinde <https://itif.org/publications/2024/08/26/how-innovative-is-china-in-ai/> adresinden alındı.
- JONES, M. (1985). Applications of artificial intelligence within education. *Computers ve Mathematics with Applications*, s. 517-526. doi:10.1016/0898-1221(85)90054-9
- Knox, J. (2020). Artificial intelligence and education in China. *Learning, Media and Technology*, s. 298-311. doi:<https://doi.org/10.1080/17439884.2020.1754236>
- Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into Practice*, 41(4), 212-218. 4 20 Eylül 2024 tarihinde <http://www.simplypsychology.org/blooms-taxonomy.html> adresinden alındı.
- McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., ve Shannon, C. E. (1956). A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. Dartmouth College. 8 Aralık 2024 tarihinde <https://home.dartmouth.edu/about/artificial-intelligence-ai-coined-dartmouth> adresinden alındı.
- Millî Eğitim Bakanlığı. (2024). *Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli*. 20 Aralık 2024 tarihinde <https://tymm.meb.gov.tr/> alındı.
- Millî Eğitim Bakanlığı. (2024). *Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli: Matematik Dersi Öğretim Programı*. 20 Aralık 2024 tarihinde <https://tymm.meb.gov.tr/ogretim-programlari/matematik-dersi> alındı.
- Millî Eğitim Bakanlığı Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü. (2024). *Eğitimde Yapay Zekâ Uygulamaları Uluslararası Forumu*. 18 Aralık 2024 tarihinde <https://yegitek.meb.gov.tr/www/egitimde-yapay-zek-uygulamaları-uluslararası-forumu-raporu-yayımlandı/icerik/3699> alındı.
- Millî Eğitim Bakanlığı Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü. (2024). *Eğitimde Yapay Zekâ Zirvesi*. 18 Aralık 2024 tarihinde <https://istanbul.meb.gov.tr/www/egitimde-yapay-zek-zirvesi-bakanimiz-yusuf-tekinin-tesrifleriyle-gerceklesti/icerik/5243> alındı.
- Ministry of Education. (2024). *AI-in-Education Ethics Framework*. 9 Aralık 2024 tarihinde <https://www.learning.moe.edu.sg/IMDA> adresinden alındı.
- Mohamed, M., Hidayat, R., Suhaizi, N., Sabri, N., Mahmud, M., ve Baharuddin, S. (2022). Artificial intelligence in mathematics education: A systematic. *International Electronic Journal of Mathematics Education*. <https://doi.org/10.29333/iejme/12132>
- Murphy, R., Roschelle, J., Feng, M., ve Mason, C. (2020). Investigating Efficacy, Moderators and Mediators for an Online Mathematics Homework Intervention. *Journal of Research on Educational Effectiveness*, s. 253-270. doi:<https://doi.org/10.1080/19345747.2019.1710885>
- OECD. (2018). The Global Forum on the Future of Education and Skills 2030. 4 Eylül 2024 tarihinde <https://www.oecd.org/en/networks/the-global-forum-on-the-future-of-education-and-skills-2030-to-2040.html#about> adresinden alındı.
- OECD. (2023). PISA 2022 Değerlendirme ve Analitik Çerçeve. PARİS: OECD Yayıncılık. Haziran 2024 tarihinde https://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://pisa.meb.gov.tr/meb_ays_dosyalar/2022_01/26105818_PISA_2022_TanYtYm_KitapcYÜZYILY.pdf adresinden alındı.
- OECD. (2024). Future of Education and Skills 2030. 14 Haziran 2024 tarihinde [oecd.org: https://www.oecd.org/en/about/projects/future-of-education-and-skills-2030.html](https://www.oecd.org/en/about/projects/future-of-education-and-skills-2030.html) adresinden alındı.
- OECD. (2024). Reimagining Education: Realising Potential. PARİS: OECD Publishing. doi:<https://doi.org/10.1787/b44e2c39-en>

- Opesemowo, O. A. G., ve Ndlovu, M. (2024). Artificial intelligence in mathematics education: The good, the bad, and the ugly. *Journal of Pedagogical Research*, 8(3), 333-346. <https://doi.org/10.33902/JPR.202426428>
- Richard, P. R., Vlez, M. P., & Van Vaerenbergh, S. (2022). *Mathematics Education in the Age of Artificial Intelligence: How Artificial Intelligence can Serve Mathematical Human Learning*. Springer Nature.
- Singapore Economic Development Board. (2023). Singapore's National AI Strategy: AI for the Public Good, for Singapore and the World. Erişim adresi: EDB
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Ölçme, Değerlendirme ve Sınav Hizmetleri Genel M¼d¼rl¼đ¼. (2022, 01 26). 2022 Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı (PISA) Tanıtım Kitapcığı. ANKARA. 20 Mayıs 2024 tarihinde https://pisa.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2022_01/26105818_PISA_2022_TanYtYm_KitapcYUZUYILY.pdf adresinden alındı.
- Tuomi, I. (2018). The impact of artificial intelligence on learning, teaching, and education policies. In M. Cabrera, R. Vuorikari, ve Y. Punie (Eds.), *Science for Policy*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/12297>
- T¼rel, P., Őimřek, D., Őeng¼l Vautier, D., Őimřek, D., Ve Kızıltepe, F. (2023). 21. y¼zyıl Becerileri ve Değerlere Yönelik Araştırma Raporu. Ankara: T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- UNESCO. (2022). K-12 AI curricula: a mapping of government-endorsed AI curricula. Paris, France: UNESCO. Ağustos 2024 tarihinde <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380602> adresinden alındı.
- UNESCO. (2023). Guidance for generative AI in education and research. PARIS: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). 4 Eyl¼l 2024 tarihinde <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693> adresinden alındı.
- UNESCO. (2024). Eğitim ve Araştırmada Üretken ve Zekâ Kılavuzu. Paris: UNESCO. 10 Eyl¼l 2024 tarihinde <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000390842> adresinden alındı.
- UNESCO Türkiye Millî Komisyonu. (2022). UNESCO Türkiye Millî Komisyonu. 12 Eyl¼l 2024 tarihinde <https://unesco.org.tr/Pages/48> adresinden alındı.
- Upadhyay, A. K., ve Khandelwal, K. (2019). Artificial intelligence-based training learning from application. *Development and Learning in Organizations*, 33(2), 20-23. <https://doi.org/10.1108/DLO-05-2018-0058>
- Voskoglou, M., ve Salem, A.-B. (2020). Benefits and Limitations of the Artificial with Respect to the Traditional Learning of Mathematics. *mathematics*, s. 611.
- Wven Yen, A. (2023). AI in Education and Learning Analytics in Singapore: An Overview of Key Projects and Initiatives. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.12937/itel.3.1.In>
- Warschauer, M., ve Matuchniak, T. (2010). New technology and digital worlds: Analyzing evidence of equity in access, use, and outcomes. *Review of Research in Education*, 34(1), 179-225. <https://doi.org/10.3102/0091732X09349791>
- Xu, P., Dong, W., ve Wang, C. (2022). Present Situation and Enlightenment of Artificial Intelligence Lifelong Education System in Singapore. *Journal of Autonomous Intelligence*, s. 1. doi: <http://dx.doi.org/10.32629/jai.v5i1.499>
- Yapay Zeka ve STEM Eğitimi: Geleceği Belirleyen Dinamikler. (2024, 6 Ekim). AI Etkisi. 10 Aralık 2024 tarihinde <https://aietkisi.com/yapay-zeka-ve-egitim/yapay-zeka-ve-stem-egitimi-gelecegi-belirleyen-dinamikler/15837> adresinden eriřildi

Zawacki-Richter, O., Marin, V. I., Bond, M., ve Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education - where are the educators?. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>