

Araştırma Makalesi / Research Article

Fen Bilimleri Eğitiminde Yapay Zekâ Kullanımıyla İlgili Yapılan Çalışmaların Sistematiik Derlemesi

Systematic Review of Studies on the Use of Artificial Intelligence in Science Education

Fatoş BEYAZ ERKUT ¹ & Gülden GÜRSOY ²

Geliş/Received: 12/03/2025

Kabul/Accepted: 28/08/2025

Öz

Bu çalışma, 2018-2024 yılları arasında fen bilimleri eğitiminde yapay zekâ (YZ) kullanımına ilişkin yapılan araştırmaları sistematiik bir derleme yöntemiyle incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırma kapsamında Scopus, Web of Science, ERIC, TR Dizin, ScienceDirect, Google Akademik ve ProQuest veri tabanları taranarak, belirlenen kriterlere uygun 60 makale analize dahil edilmiştir. Çalışmada içerik analizi yöntemi kullanılarak, seçilen yayınlar; yayın yılı, anahtar kavramlar, araştırma yöntemi, çalışma grubu, veri toplama araçları ve veri analiz teknikleri açısından kategorize edilmiştir. Elde edilen bulgular, fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımına yönelik en fazla çalışmanın 2024 yılında gerçekleştirildiğini göstermektedir. Araştırmalarda ağırlıklı olarak nitel yöntemlerin benimsendiği, veri toplama aracı olarak en sık görüşme tekniğinin kullanıldığı tespit edilmiştir. Çalışma gruplarının büyük çoğunluğunu öğrenciler ve öğretmenler oluştururken, veri analizinde içerik analizinin yaygın olarak tercih edildiği görülmüştür. Bu sonuçlar, fen bilimleri eğitiminde YZ entegrasyonunun giderek arttığını ve alanda nitel araştırmaların öne çıktığını ortaya koymaktadır. Çalışma, fen bilimleri eğitiminde YZ uygulamalarına dair mevcut eğilimleri bütüncül bir bakış açısıyla sunarak, gelecekteki araştırmalar için yol gösterici olmayı hedeflemektedir. Özellikle öğrenci ve öğretmen perspektiflerinin ön planda olduğu bu alanda, nicel ve karma yöntemlerin kullanıldığı çalışmaların artırılması önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Fen bilimleri eğitimi, yapay zekâ, sistematiik derleme, PRISMA

Abstract

This study aims to systematically review research conducted between 2018 and 2024 on the use of artificial intelligence (AI) in science education. Within the scope of the research, the Scopus, Web of Science, ERIC, TR Dizin, ScienceDirect, Google Scholar, and ProQuest databases were searched, and 60 articles that met the specified criteria were included in the analysis. Using content analysis, the selected publications were categorized according to publication year, key concepts, research method, study group, data collection tools, and data analysis techniques. The findings show that the highest number of studies on the use of AI in science education was conducted in 2024. It was determined that qualitative methods were predominantly adopted in the studies and that the interview technique was the most frequently used data collection tool. While the majority of the study groups consisted of students and teachers, content analysis was found to be widely preferred in data analysis. These results reveal that AI integration in science education is increasing and that qualitative research is coming to the fore in the field. The study aims to provide a comprehensive overview of current trends in AI applications in science education and to serve as a guide for future research. In this field, where student and teacher perspectives are particularly prominent, it may be recommended to increase the number of studies using quantitative and mixed methods.

Keywords: Science education, artificial intelligence, systematic review, PRISMA

¹ Yüksek lisans öğrencisi, Adıyaman Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı. Adıyaman/Türkiye. E-mail: fatosbeyaz046@gmail.com

² SorumluYazar/Corresponding Author, Doç. Dr., Adıyaman Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı. Adıyaman, Türkiye. E-mail: gakkdag@adiyaman.edu.tr

Önerilen Atıf/Suggested Citation: Erkut Beyaz, F. & Gürsoy, G. (2025). Fen Bilimleri Eğitiminde Yapay Zekâ Kullanımıyla İlgili Yapılan Çalışmaların Sistematiik Derlemesi. *Anadolu Kültürel Araştırmalar Dergisi*, 9(4), 869-898.

1. GİRİŞ

YZ kavramının ilk çıkış noktası 1956 yılında Dortmund Konferansında sunulan bir öneri mektubunda dile getirilmektedir (Arslan, 2020). YZ kavramı, yazarlar tarafından farklı şekillerde ve düşüncelerde açıklanmaya çalışılmıştır. Örneğin Slage, YZ kavramını “sezgisel programlama”, Haugeland ise; “Bilgisayarları düşündürme yönündeki heyecan verici gayret” olarak açıklamıştır (Arslan, 2020; Sarioğlu, 2023; Sanca vd., 2022). Temeli bilgisayar bilimi teriminin hayatımıza girmesine dayanan YZ, ilk olarak veri tabanları aracılığıyla insan zekâsını benzetebilmek ve bu süreçleri taklit edebilmek amacıyla teknoloji dünyasında yerini almıştır (Yazıcı ve Erkoç, 2023). YZ’ nın sektördeki yaygın varlığının önemini kabul ederek çağdaş toplumda kullanımı giderek daha zorunlu bir hale gelmiştir (Jia vd., 2024). YZ gelişimi çok büyük bir hızla ilerlemiştir ve günümüz dünyasının en önemli teknolojilerinden biri konumundadır. Güçlü YZ uygulamalarının hayatımıza girmesiyle günlük yaşamdaki alışkanlıklarımız önemli ölçüde değişiklik göstermektedir. Akıllı telefonlar, mobil bankacılık, sanal asistanlar, internet ve etrafımızdaki birçok şey zaman içerisinde YZ ile uyumlu hale gelerek hayatımızda yerini almaya devam etmektedir (Yazıcı ve Erkoç, 2023). YZ kavramı, tüm dünyada üzerindeki ilgiyi her geçen gün daha da arttırıp toplumun artan dijitalleşmesinde önemli bir konumda bulunmaktadır (Cooper, 2023; Sarioğlu, 2023). YZ, sosyal etkileşimlerimizin her alanında farklılık gösterebilen, gelişebilen teknolojik bir alandır, etkileşimlerimizi etkilemesinin beklenen bir sonucu olarak eğitim alanını etkilemekte ve geliştirmektedir (Akdeniz ve Özdiç, 2021). YZ teknolojilerinin eğitime uyarlanmaya çalışılmasıyla öğretim ve öğrenim tasarımı, süreçleri ve değerlendirme yöntemleri ile devrim yapmayı amaçlamaktadır (Jia vd., 2023). YZ’ nın eğitime entegre edilmesi ve kullanması ile ilgili yapılan çalışmalar (Aebi ve Karal, 2017; Akmeşe vd., 2021; Bellod vd., 2021; Huang vd., 2021; Li ve Su, 2020) incelendiğinde akademik başarının ölçüldüğü, yine eğitim alanında yapılan farklı çalışmalar (Aldeman vd., 2021; Bonneton-Botte vd., 2020; Crowe vd., 2017) incelendiğinde ise öğrencilerin derse karşı motivasyon ve tutumlarının ölçüldüğü görülmüştür. YZ süreç içerisindeki beceri çıktılarını doğru ve güvenilir bir şekilde ölçmek için öğrencilerin yaşantılarını öğretim süreci boyunca takip edip sürekli öğrenmesine olanak tanımaktadır (Alkanaa, 2022). YZ sayesinde öğrencilerin çalışmaları takip edilip yönlendirilebilir, öğrencilere uygun geri dönütlerle destek sağlanabilir (Mahmoud, 2020). Öğrencilerin performansları, süreç içerisinde verilen doğru yanıtlar, gerçekleştirilmiş halde bulunan görevler ve bu görevleri tamamlamak için harcanan süre, yaptıkları hatalara verilen geri dönütler konusunda bizlere yardımcı olabilir. Birden fazla öğrencinin sorulara hatalı cevaplar vermesi veya uygunsuz bir çalışma yapması halinde bu durum öğretmenlere bildirir, öğretmenler ise bu hatalara göre süreci değiştirebilir veya farklı bir yöne evirebilirler (Alkanaa, 2022; Karsenti, 2019). Geri dönütler yapılan hatanın hemen ardından veya verilen görevler tamamlandıktan sonra yapılabilir. Bununla birlikte daha iyiye ve ileriye taşıyacak bir eğitim faaliyeti sağlanabilir (Murphy, 2019).

YZ’ nın fen bilimleri eğitiminde uygulanmasıyla bu etkililik arttırılabilir (AlKanaa, 2022). Bu etki sonucunda son yıllarda fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımına olan ilginin artması beklenmektedir. fen bilimleri eğitimi ile ilgili literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, yapılan çalışmalarda YZ unsurlarının kullanılmakta olduğunu, YZ uygulamalarının geliştirilmeye çalışıldığını ve bununla beraber fen bilimleri eğitimine YZ entegre edilmeye çalışıldığını söylemek mümkündür (Meço ve Coştı, 2022). Örneğin, Su (2022), çalışmasında fen bilimleri eğitiminde yenilikçi YZ uygulamalarının öğrenci performansı üzerindeki etkiyi araştırmıştır ve öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini, aktif katılımını ve mantıksal akıl yürütme becerilerini geliştirdiği sonucuna ulaşmıştır. Lee (2023) ise özel bir kural tabanlı YZ sohbet robotu geliştirerek 6. sınıf öğrencilerinin bilimle ilgili bilişsel ve duyuşsal çıktıları üzerindeki etkisini, cinsiyet ve eğitim gibi faktörlerin sınıf ortamını nasıl etkilediğini araştırmıştır. Çalışma

sonucunda özellikle ders başarısı düşük olan ve kız öğrencilerin fen başarısı üzerine önemli ve olumlu bir etki ortaya koyduğunu açıklamıştır. Fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımı yeni ve popüler bir alandır bu nedenle bulunan çalışma sayısı sınırlıdır. YZ uygulamaları fen bilimleri eğitiminde otomatik değerlendirme, akıllı özel ders sistemleri gibi ilgi çekici ve bireysel anlamda anlamlı öğrenme ortamları tasarlamak amacıyla yeni yollar sağlayabilir (Mercedes Heeg ve Avraamidou, 2023).

YZ' nın fen bilimleri eğitimindeki uygulanabilirliği, bu alandaki etkililiği artırma potansiyeline sahiptir (AlKanaan, 2022). Bu durum, son yıllarda fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımına yönelik artan bir ilginin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Fen bilimleri eğitimi ile ilgili literatürü incelediğimizde, çeşitli çalışmalarda YZ unsurlarının kullanıldığı, uygulamaların geliştirilmeye çalışıldığı ve fen bilimleri eğitimine YZ'nın entegrasyonuna yönelik çabaların olduğu görülmektedir (Meço ve Coştu, 2022). Örneğin, Su (2022) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, yenilikçi YZ uygulamalarının öğrenci performansı üzerindeki etkisi araştırılmış ve bu uygulamaların öğrencilerin bilimsel süreç becerileri, aktif katılım ve mantıksal akıl yürütme yeteneklerinde gelişim sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Lee (2023) ise özel bir kural tabanlı YZ sohbet robotu geliştirerek, 6. sınıf öğrencilerinin bilimsel bilişsel ve duyuşsal çıktıları üzerindeki etkilerini, cinsiyet ve eğitim gibi faktörlerin sınıf ortamı üzerindeki etkisini incelemiştir. Bu çalışma, özellikle ders başarısı düşük olan kız öğrencilerin fen alanındaki başarıları üzerinde önemli ve olumlu bir etki sağladığını ortaya koymuştur. Fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımı, yeni ve popüler bir alan olmasından ötürü henüz sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. YZ uygulamaları, fen bilimleri eğitiminde otomatik değerlendirme ve kişiye özel akıllı ders sistemleri gibi ilgi çekici ve bireysel anlamda anlamlı öğrenme ortamları oluşturma konusunda yeni imkânlar sunabilir (Mercedes Heeg ve Avraamidou, 2023). Fen bilimleri eğitiminde mevcut literatür incelendiğinde, daha önce gerçekleştirilmiş sistematik inceleme çalışmalarının genel olarak; fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımıyla ilgili bibliyometrik analizler (Akhmadieva, 2023; Jia vd., 2023), okul fen bilimlerinde YZ uygulamaları (Heeg ve Avraamidou, 2023) ve YZ' nın epistemik içgörülerini ortaya koyan sistematik incelemeler (Cheung vd., 2024) gibi konulara odaklandığı görülmektedir. Bu çerçevede, sistematik bir inceleme yapılmasının gerekliliği vurgulanmaktadır. Bu çalışma, gelecekteki gelişim ve yenilik alanlarını belirginleştirmek, önemli araştırma eğilimlerini tespit etmek ve günümüzde fen bilimleri eğitiminde YZ entegrasyonuna dair nesnel ve veriye dayalı bilgi sunarak önceki çalışmalardan farklılık göstermektedir. Diğer yandan, bu alanda giderek artan yayın hacmi göz önünde bulundurulduğunda, veri kümelerini düzenlemek, anlamlı sonuçlar çıkarmak ve eğitim uygulamalarını yönlendirebilecek kritik çalışmaların belirlenmesi açısından bu incelemenin önemi büyüktür. Bu çalışmada, fen bilimleri eğitimi alanında YZ kullanımının mevcut durumu ve potansiyeli üzerine bir sistematik derleme çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında, aşağıda verilen alt problemlere cevap aranmıştır:

1. Fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımı konulu araştırmaların (İlgili araştırmalar) yıllara göre dağılımları nasıldır?
2. İlgili araştırmalarda hangi anahtar kavramlar kullanılmaktadır?
3. İlgili araştırmalarda tercih edilen araştırma yöntemleri nelerdir?
4. İlgili araştırmalarda çalışma grubu kimlerden oluşmaktadır?
5. İlgili araştırmalarda hangi veri toplama araçları kullanılmıştır?
6. İlgili araştırmalarda hangi veri analiz yöntemleri kullanılmıştır?
7. İlgili araştırmaların yayınlandığı akademik veri tabanları hangileridir?

2. YÖNTEM

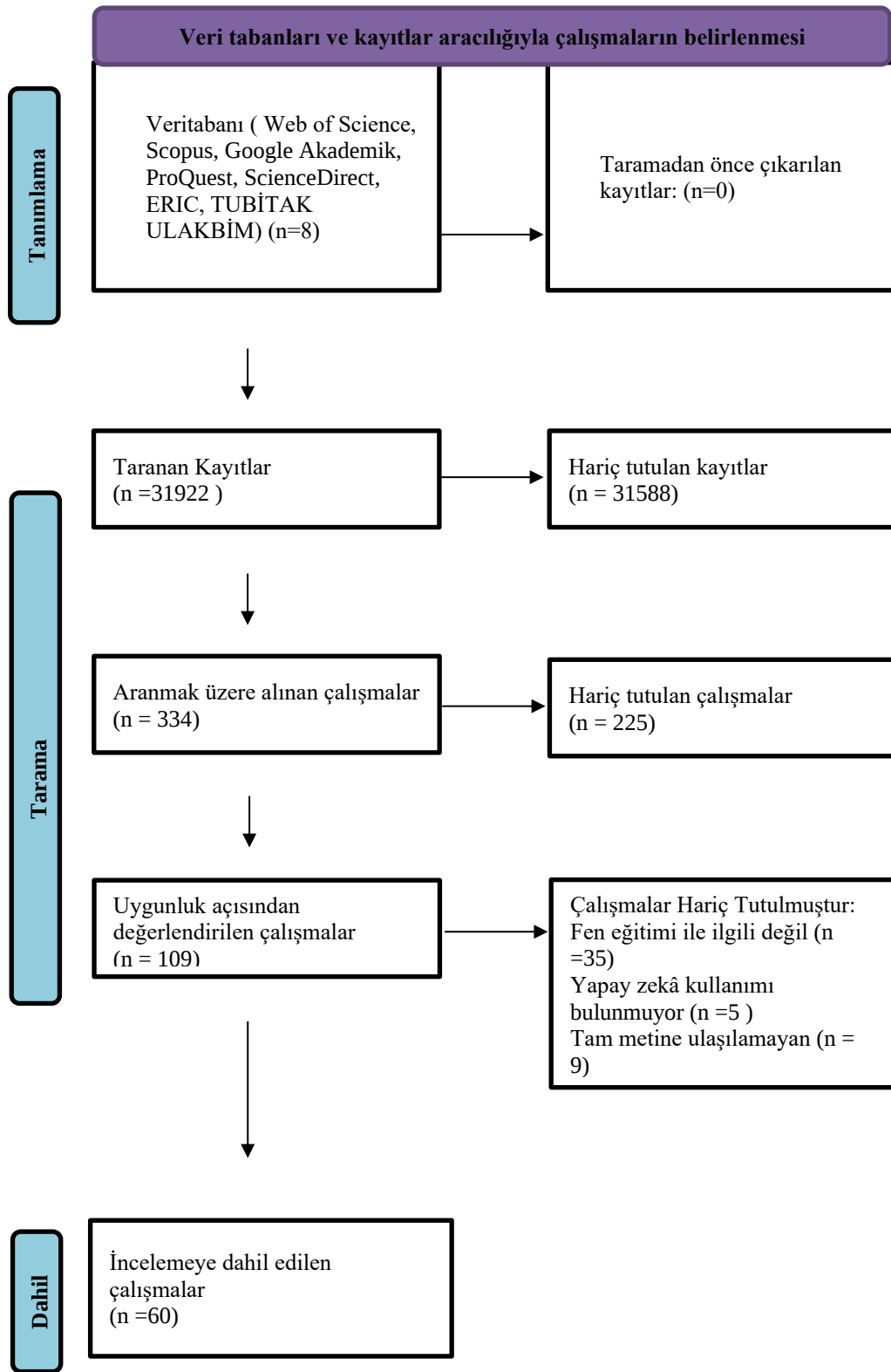
2.1.Araştırma Modeli

Bu araştırmada, fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımına ilişkin çalışmaların incelenmesi amacıyla sistematik derleme yöntemi benimsenmiştir. Sistematik literatür taraması, belirli bir araştırma alanındaki mevcut çalışmaları kapsamlı bir şekilde tarayarak, genelleme ve sentez yapılmasını mümkün kılmaktadır. Bu yöntem, geleneksel literatür incelemelerine kıyasla daha düşük yanlışlık ve hata oranları içermesi ile güvenilir sonuçlar sunar (Çetin vd., 2023; Page vd., 2021). Ayrıca, bilimsel bilgi birikimini sistematik bir yaklaşımla değerlendirerek kuvvetli kanıtlar ortaya koyması nedeniyle önemli bir araştırma deseni olarak kabul edilmektedir (Karaçam, 2023).

Çalışmanın analiz sürecinde, şeffaflığı ve metodolojik tutarlılığı sağlamak amacıyla PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) bildirimi kullanılmıştır. PRISMA, sistematik derlemelerde çalışma seçim sürecinin aşamalarını (tanımlama, tarama, eleme ve dahil etme) görsel ve sistematik bir şekilde raporlamayı sağlayarak, araştırmanın yeniden üretilebilirliğini ve geçerliliğini artırmaktadır. Bu kapsamda, belirlenen veri tabanlarından elde edilen çalışmalar, önceden tanımlanmış kriterlere göre filtrelenmiş ve nihai analize dahil edilecek makaleler titizlikle seçilmiştir.

2.2.Veri Toplama Süreci

Literatür taramasına başlamadan önce, kullanılacak veri tabanlarının belirlenmesine yönelik bir değerlendirme ve planlama yapılmıştır. Bu kapsamda, erişimi kolay ve genel olarak bilinen, çalışma sayısı sınırlaması bulunmayan veri tabanları olarak Google Akademik, Web of Science, Springer Link, SCOPUS, ProQuest, ERIC, EBSCO ve DOAJ seçilmiştir. Bu veri tabanlarında gerçekleştirilerek araştırma süreçlerine uygun anahtar kelimeler geliştirilmiş ve Google Akademik dışındaki diğer veri tabanlarında "Gelişmiş Arama" seçenekleri kullanılarak tarama yapılmıştır. Ayrıca, tarama dili bakımından, Google Akademik'te hem İngilizce hem de Türkçe dillerinde arama gerçekleştirilmişken, diğer veri tabanlarında yalnızca İngilizce dilinde tarama yapılmıştır. Çalışmanın amaçları doğrultusunda, fen bilimleri eğitiminde YZ uygulamalarını kapsayan çalışmaların belirlenmesi için kapsamlı bir anahtar kelime seti oluşturulmuştur. Bu kapsamda; "artificial intelligence", "science education", "ChatGPT", "OpenAI", "deep learning" gibi temel terimlerin yanı sıra alan yazında sıklıkla kullanılan diğer ilgili anahtar kelimeler belirlenmiştir (Cheung vd., 2024; Heeg ve Avraamidou, 2023; Jia vd., 2023). Uygun veri tabanlarında "YZ ve fen bilimleri eğitimi" ile ilgili makaleler aranmıştır. Belirlenen kriterler doğrultusunda yürütülen çalışma süreci aşağıda Şekil 1.'de gösterilmiştir. Bu aşamada PRISMA (Moher vd., 2009) bildiriminden yararlanılmıştır.



Şekil 1. Prisma Diyagramı (Moher vd., 2009)

Bu çalışmada, fen bilimleri eğitiminde YZ uygulamalarını inceleyen mevcut araştırmaların tespit edilmesi amacıyla, altı uluslararası ve iki ulusal veri tabanında sistematik bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Araştırma süreci, kademeli bir eleme stratejisi izleyerek ilgili

çalışmaların belirlenmesi ve metodolojik tutarlılık açısından değerlendirilmesi şeklinde tasarlanmıştır.

İlk aşamada, anahtar kelime seçiminde kapsayıcılığı sağlamak adına "fen bilimleri eğitimi" yerine genel bir kavram olan "Artificial Intelligence" ve "Yapay Zekâ" terimleri kullanılarak tarama yapılmıştır. Bu doğrultuda, Web of Science veri tabanında 1573, Scopus'ta 1849, ERIC'te 11.227, ProQuest'te 8000, Google Akademik'te 8690, ScienceDirect'te 517 ve Tr Dizin'de 16 kaynak tespit edilmiştir.

İkinci aşamada, disiplinler sınırlılığı ortadan kaldırmak amacıyla yalnızca "eğitim" veya "sosyal bilimler" kategorilerindeki çalışmalar dikkate alınmış ve eğitimle doğrudan ilişkisi bulunmayan 31.588 çalışma hariç tutularak 334 çalışma elde edilmiştir. Ardından, "fen bilimleri eğitimi" odaklı bir tarama yapılarak başlık, özet ve anahtar kelimeler üzerinden yapılan inceleme sonucunda 225 çalışmanın araştırma kapsamına uygun olmadığı belirlenmiştir.

Fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımına ilişkin uygun görülen 109 çalışma detaylı olarak incelenmiş ve 35 çalışmada metodolojik uyumsuzluk tespit edilerek elenmiştir. Geriye kalan 74 çalışma üzerinde yapılan derinlemesine analizde, 5 çalışmanın YZ kullanımını içermediği anlaşılmış ve bu çalışmalar hariç tutulmuştur. Ek olarak, 9 çalışmanın tam metnine erişim sağlanamadığı için nihai analiz kapsamına alınmamıştır. Sonuç olarak, 60 çalışma sistematik incelemeye dahil edilmiştir.

Bu çalışma, son altı yılda fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımına dair eğilimleri belirlemede önemli bir katkı sunmuştur. Araştırmanın metodolojik geçerliliğini artırmak amacıyla yalnızca hakemli dergilerde yayımlanan çalışmalar dâhil edilmiş ve bildiri özetleri gibi sınırlı erişimli kaynaklar hariç tutularak analiz kapsamı netleştirilmiştir. Bu kısıtlamalar, çalışmanın güvenilirliğini ve sonuçlarının genellenebilirliğini desteklemektedir.

Kriterler

Fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımına ilişkin dahil etme ve hariç tutma kriterleri Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Kriterler

Dahil etme kriterleri	Hariç tutma kriterleri
Fen bilimleri eğitiminde YZ ile ilgili olanlar.	YZ ile ilgili olmayanlar.
İngilizce dili ile yayınlanmış olanlar.	Fen bilimleri eğitimi ile ilgili olmayanlar.
Türkçe dili ile yayınlanmış olanlar.	Araştırma yöntemi açıkça belirtilmemiş olanlar.
Tüm araştırma yöntemleri	Ortaokul fen bilimleri eğitimi ile ilgili olmayanlar.
Hakemli dergi makalesi	Bildiri özetleri

Çalışmaya dahil edilecek makalelerin belirlenmesi amacıyla bir pilot form oluşturulmuş ve her bir makale iki araştırmacı tarafından incelenerek dahil etme ve hariç tutma kriterlerine göre karar verilmiştir.

2.3.Verilerin Analizi

Bu çalışmada, PRISMA bildirimine uygun olarak sistematik bir literatür taraması gerçekleştirilmiş ve nitel araştırma türlerinden içerik analizi yöntemi kullanılmıştır. Başlangıçta 109 çalışma belirlenmiş, ancak belirlenen kriterlere uygunluk ve erişilebilirlik nedeniyle nihai analizde 60 çalışma değerlendirmeye alınmıştır.

Araştırmaya dahil edilen çalışmalar, önceden tanımlanan kategoriler (yayın yılı, yöntem, veri toplama aracı, çalışma grubu, veri analizi, yazar adı, yayın türü, amaç, sonuç, anahtar kavramlar ve veri tabanı) doğrultusunda Excel tablolarında kodlanmıştır. Kodlama sürecinde tematik analiz yaklaşımı benimsenmiş, veriler önce açık kodlama ile kategorize edilmiş, ardından ana temalar oluşturulmuştur.

2.4.Geçerlik ve Güvenirlik

Çalışmanın güvenilirliği için araştırmacı ve akademisyen tarafından belirlenen kriterler dahilinde veri tabanlarında aynı anahtar kavramlarla aramalar yapılmıştır (Creswell ve Creswell, 2018). Yapılan aramalarda tutarlılığı belirlemek ve veri kaybını önlemek amacıyla veri tabanlarında arama kriterlerine uygun olarak veriler değerlendirilmiştir (Patton, 2002). Analiz sürecinin güvenilirliğini sağlamak için, kodlamalar iki araştırmacı tarafından bağımsız olarak gerçekleştirilmiş ve tutarlılık oranı Cohen Kappa katsayısı ile hesaplanmıştır (Landis ve Koch, 1977; McHugh, 2012). Uyuşmazlıklar tartışılarak uzlaşma sağlanmıştır. Bulgular, şekiller ve tablolar halinde sunularak desteklenmiştir.

Çalışmanın iç geçerliliğini sağlamak amacıyla araştırmanın raporlaştırılması aşamasında, veriler şekil ve metinlerle açıklanmıştır (Shenton, 2004). Çalışmanın dış geçerliliğini sağlamak amacıyla çalışma süreci ve veriler ayrıntılı bir şekilde açıklanmaya çalışılmıştır.

2.5.Etik Kurul Onayı

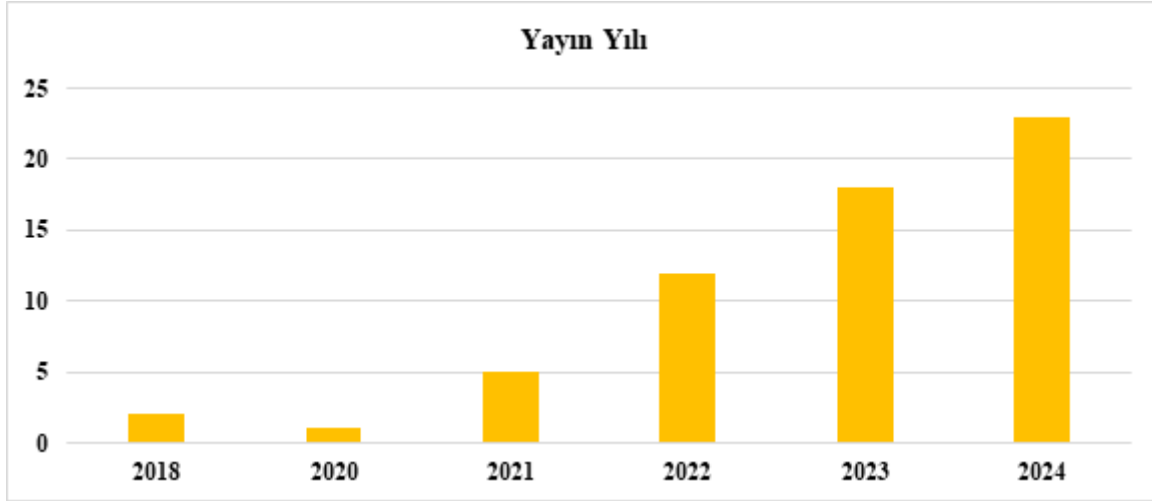
Bu araştırmanın kavramsal çerçevesinin hazırlanması, veri toplama araçlarının uygulanması, verilerin toplanması, verilerin analizi ve yorumlanması aşamalarının tamamında etik kurallara uygun hareket edilmiştir. Karşılaşılabilecek tüm etik ihlallerde ANKAD Yayın Kurulu'nun hiçbir sorumluluğu bulunmamaktadır. Tüm sorumluluk yazarlara aittir. Bu çalışmanın ANKAD dışında herhangi bir akademik yayın ortamına değerlendirme için gönderilmemiş olduğunu taahhüt ederim. Yapılan bu çalışmada “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir. Sistematik derleme türündeki bu çalışma, kamuya açık yayınların analizine dayandığı için kurumsal düzenlemeler gereği etik kurul onayı gerektirmemektedir.

3. BULGULAR

Fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımını inceleyen bu sistematik derleme çalışması kapsamında, 2018-2024 yılları arasında yayımlanan ve belirlenen dahil etme kriterlerini karşılayan 60 çalışma içerik analiz yöntemi ile analiz edilmiştir. Yapılan içerik analizi sonucunda, çalışmaların metodolojik özellikleri ve ulaşılan temel bulgular özetlenmiş olup, detaylı sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

3.1.Birinci Alt Probleme İlişkin Bulgular

Birinci alt problem “Fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımının yıllara ve yayın türüne göre dağılımları nasıldır?” durumuna ilişkin bulgular Şekil 2’de gösterilmiştir.

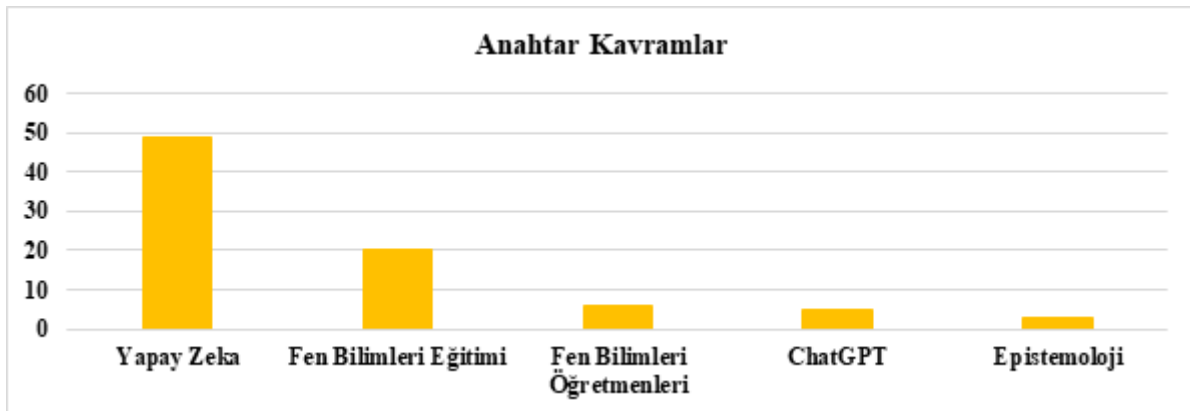


Şekil 2. Çalışmaların yayın yıllarına göre dağılımı

Şekil 2 incelendiğinde en az çalışma sayılarının 2018 yılında (n=2) ve 2020 yılında (n= 1) olduğu görülmektedir. 2021 yılında (n=5) olan çalışma sayısı 2022 yılında (n=12) olarak %120 civarında bir artış olduğu dikkat çekmektedir. Çalışma sayısının artış göstermeye devam ettiği 2023 yılında (n=18) çalışma sayısına ulaşılmış olup 2024 yılında ise (n=23) en yüksek çalışma sayısına ulaşılmış ve yayın hacminin önceki yıllara göre artış gösterdiği görülmektedir. Veri setinde 2019 yılına ait herhangi bir yayın kaydının bulunmaması (n=0), literatürde dikkat çekici bir boşluk oluşturmaktadır.

3.2.İkinci alt Probleme İlişkin Bulgular

İkinci alt problem “Fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımı konulu araştırmalarda hangi anahtar kavramlar kullanılmaktadır?” durumuna ilişkin bulgular Şekil 3’de gösterilmiştir.

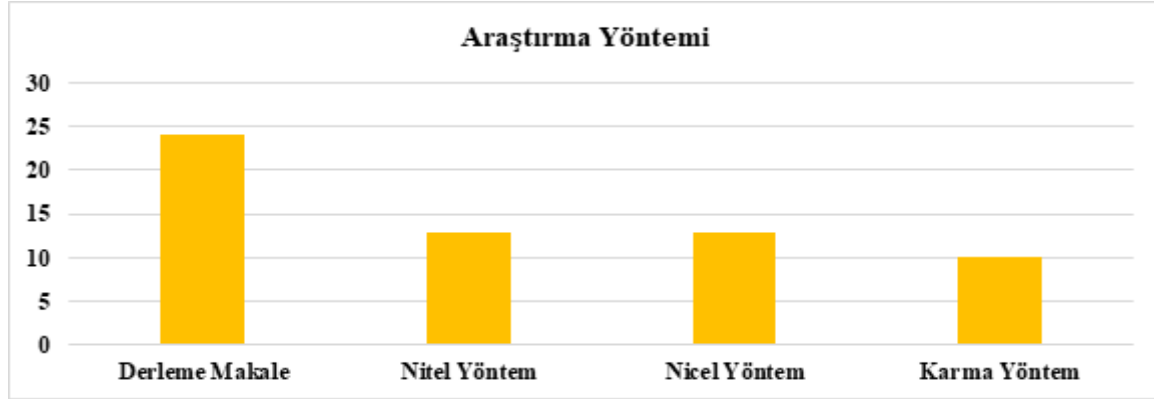


Şekil 3. Çalışmaların anahtar kavramlara göre dağılımları

Şekil 3'te görüldüğü üzere fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımı ile ilgili incelenen makalelerin tercih edilen anahtar kavramları incelendiğinde baskın anahtar kavramın YZ (n= 49) olduğu belirlenmiş ve bunu takip eden anahtar kavramlar fen bilimleri eğitimi (n=20), fen bilimleri öğretmenleri (n=6), ChatGPT (n=5) ve Epistemoloji (n=3) olmaktadır.

3.3.Üçüncü alt Probleme İlişkin Bulgular

Üçüncü alt problem ‘Fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımı konulu araştırmalarda tercih edilen araştırma yöntemleri nelerdir?’ durumuna ilişkin bulgular Şekil 4’te gösterilmiştir.

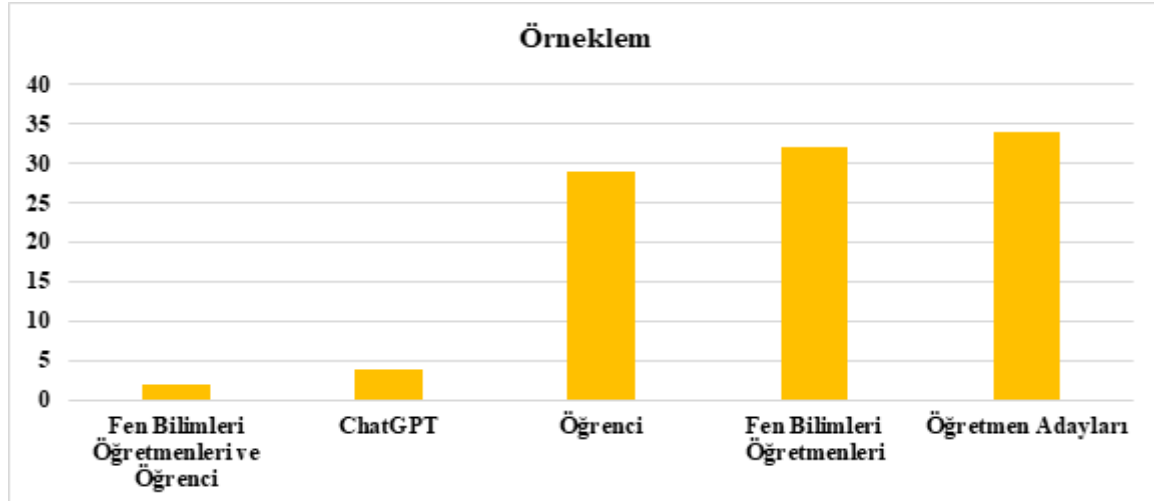


Şekil 4. Çalışmaların araştırma yöntemlerine göre dağılımı

Şekil 4’te görüldüğü üzere araştırmaların yöntemsel dağılımı incelendiğinde, en sık kullanılan yöntemin derleme makale (n=24) olduğu görülmüştür. Bunu sırasıyla nitel yöntem (n=13), nicel yöntem (n=13) ve karma yöntem (n=10) takip etmektedir.

3.4.Dördüncü alt probleme ilişkin bulgular

Dördüncü alt problem ‘‘Fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımı konulu araştırmalarda çalışma grubu kimlerden oluşmaktadır?’’ durumuna ilişkin bulgular Şekil 3.6. ile gösterilmiştir.



Şekil 5. Çalışmaların örneklemlerine göre dağılımı(%)

Şekil 5’te görüldüğü üzere yapılan araştırmalarda örneklemelerin büyük bir çoğunluğunu öğretmen adayları (n=34) oluşturmaktadır. Daha sonra öğrenciler ile yapılan çalışmaların (n=29) ve fen bilimleri öğretmenleri ile yapılan çalışmaların (n=32) olduğu ve yine araştırmalar sonucunda fen bilimleri öğretmenleri ve öğrenciler ile birlikte yapılan çalışmaların (n=2) ChatGPT ile yapılan çalışmaların (n=4) olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmaların genelde

derleme makale çalışmalar olması nedeni ile çalışmaların örneklemelerinin açıklayıcı bir şekilde belirtilmediği düşünülmektedir.

3.5.Beşinci alt probleme ilişkin bulgular

Beşinci alt problem ‘Fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımı konulu araştırmalarda hangi veri toplama araçları kullanılmıştır?’ durumuna ilişkin bulgular Tablo 2 ile gösterilmiştir.

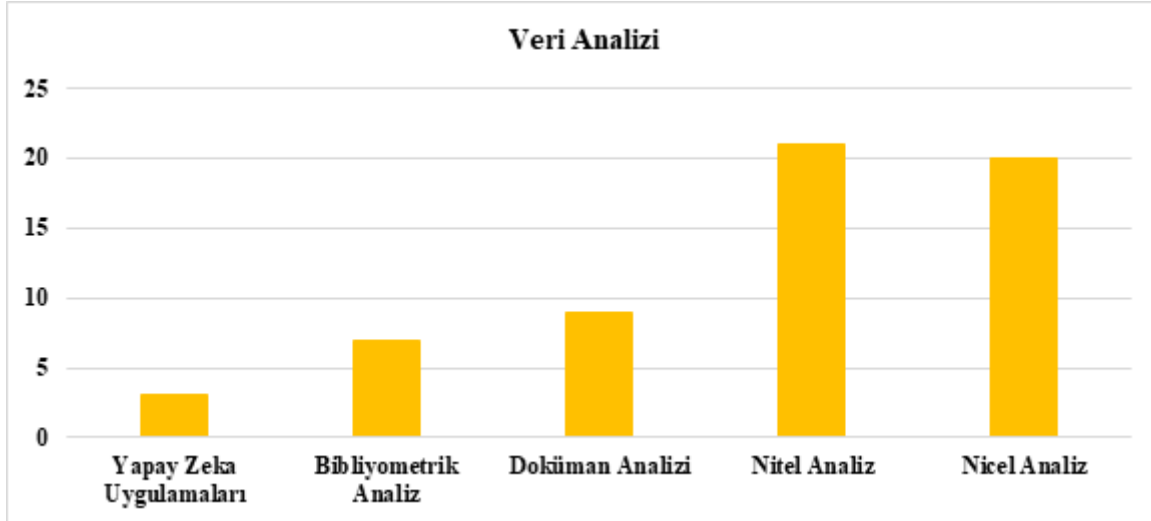
Tablo 2. Çalışmaların Veri Toplama Araçlarına Göre Sınıflandırılması

Veri Toplama Aracı	Frekans	Yazar/Yıl
Doküman İncelemesi	19	Akhmadieva vd, (2023), Jia vd. (2023), Cheung vd. (2024), Sanca vd. (2022), Heeg ve Avraamidou (2023), Yılmaz (2024), Acosta vd. (2024), Almasri (2024), Genç ve Koçak (2024), Husaeni vd. (2024), Arıcı (2024), Festiyed vd. (2024), Verma vd. (2023), Martin (2023), Zhai ve Nehm (2023), Kim (2023), Wu ve Tsai (2022), Yılmaz (2024),Tang ve Cooper (2024)
Ölçek	2	Alkanaan (2022), Chen ve Chen Liu (2024)
Görüşme ve Form	13	Karahan (2023), Ling vd. (2022), Gunawan vd. (2021), Çam vd. (2021), Bayram ve Çelik (2023), Yazıcı ve Erkoç (2023), Işık ve Köse (2024), Nguyen ve Hayward (2024), Anjos vd. (2024), Daraysey (2024), Usher ve Barak (2024),Park vd. (2023), Huang (2022)
Anket	12	Ling vd. (2022), Gunawan vd. (2021), Nja vd. (2023), Su (2022), Antonenko ve Abramowitz (2022), Lee vd. (2023), Alissa ve Hamadneh (2022), Kerneža ve Zemljak (2023), Zulfiani vd. (2018), Alshorman (2024), Ramnarain vd. (2024), Alneyadi vd. (2024)
ChatGPT	10	Okulu ve Muslu (2024), Kılınç (2023), Oh ve Lee (2024), Cooper (2023), Cooper ve Tang (2024), Blonder vd. (2024), Powell ve Courchesne (2024),Wang (2023), Lopes (2023), Bewersdorff vd. (2024)
Test	3	Gunawan vd. (2021), Su (2022), Lee vd. (2023)
Rubrik	1	Wu ve Yang (2022)

Tablo 2’de görüldüğü üzere Fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımı ile ilgili çalışmaların verilerinin toplanmasında çeşitli araçlardan yararlanılmıştır. Tablo incelendiğinde en çok veri toplama aracı olarak Doküman incelemesi (n=19) tercih edilmiştir. Doküman incelemesinden sonra sıklıkla kullanılan veri toplama aracı olarak görüşme ve form (n=13) kullanılmış olup bu değerleri takiben veri toplama araçları anket (n=12), ChatGPT (n=10), test (n=3), ölçek(n=2) ve rubrik (n=1) grupları altında sınıflandırılmıştır.

3.6.Altıncı alt probleme ilişkin bulgular

Altıncı alt problem ‘‘Fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımı konulu araştırmalarda hangi veri analiz yöntemleri kullanılmıştır?’’ durumuna ilişkin bulgular Şekil 3.7. ile gösterilmiştir.

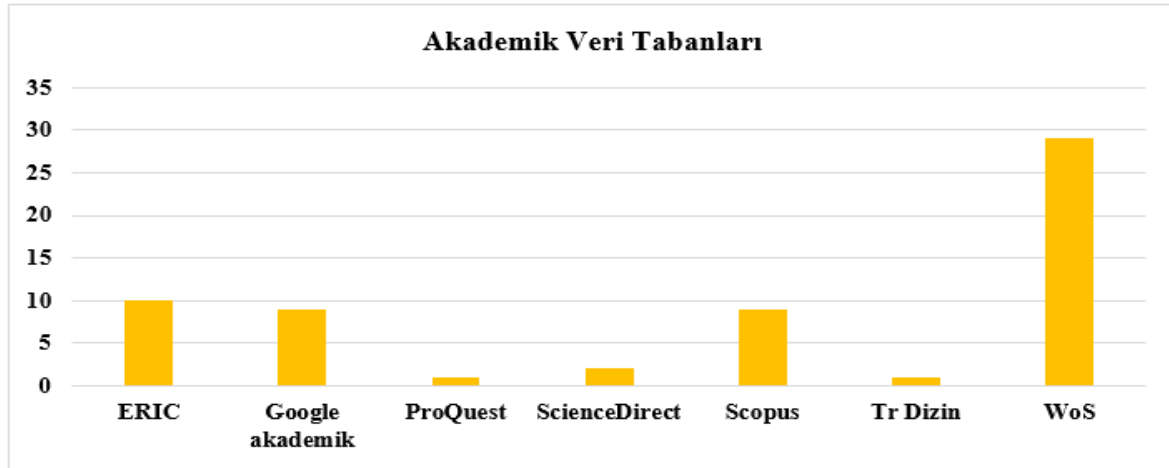


Şekil 6. Çalışmaların Veri Analizlerinde Kullanılan Araçlarına Göre Dağılımları

Şekil 6' da sunulan veriler incelendiğinde, çalışmalarda kullanılan veri analiz araçlarının dağılımında nitel analiz yöntemlerinin baskın bir eğilim sergilediği görülmektedir (n=21). Nitel araştırma desenlerinin benimsendiği çalışmalarda, veri analiz süreçlerinde tematik içerik analizinin (Çam vd., 2021; Oh ve Lee, 2024) ağırlıklı olarak tercih edildiği tespit edilmiştir. Nitel analiz yöntemlerini takiben, nicel analiz (n=20) araçlarının da yaygın bir şekilde kullanıldığı gözlemlenmektedir. Bu durum, özellikle nicel ve karma araştırma desenlerinin benimsendiği çalışmalarda belirgin bir eğilim olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte, doküman analizi (n=9) (Okulu ve Muslu, 2024), bibliyometrik analiz (n=7) (Akhmadieva vd., 2023) ve yüz ifadelerini tanıma temelli yapay zekâ sistemleri (n=3) (Ezquerra vd., 2022) gibi farklı metodolojik yaklaşımların da araştırmacılar tarafından benimsendiği görülmektedir.

3.7. Yedinci alt probleme ilişkin bulgular

Yedinci alt problem ‘‘Fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımı konulu araştırmaların yayınlandığı akademik veritabanları hangileridir?’’ durumuna ilişkin bulgular Şekil 7’de gösterilmiştir.



Şekil 7. Çalışmaların Yayınlanan Akademik Veri Tabanlarına Göre Dağılımı

Şekil 7’de verilen çalışmalar incelendiğinde fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımı ile ilgili ulaşılan çalışmalar veri tabanlarına göre dağılımı verilmiştir. Çalışmaların genellikle Web of Science (n=29) veri tabanında yayınlandığı görülmektedir. Bu durumun nedeni incelendiğinde WoS veri tabanı kendi bünyesinde önemli arama dizinleri bulundurmaktan kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Web of Science veri tabanını takip eden veri tabanları ERIC (n=10), Google

Akademik (n=9), Scopus (n=9) ProQuest (n=1), ScienceDirect (n=2) ve Tr Dizin(n=1) şeklinde analiz edilmiştir.

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımı ile ilgili çalışmalar sistematik derleme yoluyla incelenmiştir. Alanyazında 60 çalışmaya ulaşılmıştır, Söz konusu çalışmaların yıllara, araştırma yöntemlerine, örneklem gruplarına, veri tabanlarına, veri analizlerine, veri toplama araçlarına ve anahtar kelimelerine göre dağılımları ortaya konmuş olup ulaşılan çalışmaların sonuçları içerik analizi yöntemi ile analiz edilmiştir.

Yapılan literatür incelemeleri sonucunda ulaşılan ilk bulgu, 2018-2024 yılları arasında fen bilimleri eğitiminde YZ uygulamalarına yönelik çalışmaların sayısında istikrarlı bir artış olduğu ve bu dönemde gerçekleştirilen araştırmaların niceliksel olarak birbirine yakın dağılım gösterdiği. Bu eğilimin, YZ' nin diğer disiplinlerdeki kullanımına ilişkin önceki çalışmalarda (Akhmadieva vd., 2023; Bircan ve Salah, 2022; Meço ve Coştı, 2022; Talan, 2021; Jia vd., 2023) tespit edilen genel yayın trendiyle örtüştüğü gözlemlenmiştir. 2021 yılında (n=5) olan çalışma sayısı 2022 yılında (n=12) olarak %120 civarında bir artış olduğu görülmüştür bu durumun nedeni incelendiğinde yakın zamanda teknolojinin gösterdiği ilerleme ve eğitim içerisinde teknolojiye verilen önemin artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Genç ve Koçak, 2024). Yapılan bu çalışma bu durumu destekleyecek bulgular ortaya koymaktadır ve ulaşılan çalışmaların %68,33'ü son iki yıl içerisinde yayımlanmış çalışmalardır. En çok çalışma sayısına ise 2024 (n=23) yılında ulaşılmıştır. Elde edilen bulgular ışığında, önümüzdeki yıllarda yeni YZ araçlarının geliştirilmesi ve bu araçların eğitim ortamlarında yaygınlaşmasıyla birlikte, fen bilimleri eğitiminde YZ uygulamalarının kullanım sıklığının artacağı öngörülebilir. Çalışmamızın verileri incelendiğinde, 2019 ve 2020 yıllarında bu alandaki akademik çalışma sayılarında belirgin bir azalma gözlemlenmiştir. Bu düşüş eğiliminin, küresel COVID-19 pandemisinin araştırma faaliyetleri üzerinde yarattığı olumsuz etkilerle ilişkili olduğu değerlendirilmektedir (Zhao vd., 2021). Pandemi dönemindeki kısıtlamalar, akademisyenlerin saha çalışmalarına ve deneysel araştırmalara erişimini önemli ölçüde sınırlandırmış (Anderson vd., 2021; UNESCO, 2022), bu durum da ilgili alandaki yayın sayılarında geçici bir azalmaya neden olmuştur.

Yapılan içerik analizinden elde edilen ikinci bulgu, fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımına ilişkin çalışmalarda öne çıkan anahtar kavramların dağılımına yöneliktir. Literatürdeki anahtar kelime analizi, belirgin bir odaklanma eğilimi ortaya koymakla birlikte, bazı kavramsal eksiklikleri de gözler önüne sermektedir.

En baskın anahtar kavramın "YZ" (n=49) olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu, Arıcı (2024) tarafından Web of Science veri tabanında incelenen 80 çalışmanın sonuçlarıyla tutarlılık göstermektedir. Söz konusu durumun, son yıllarda YZ teknolojilerinin eğitim alanında giderek yaygınlaşmasının doğal bir yansıması olduğu değerlendirilmektedir. Nitekim Elsevier (2023) tarafından yapılan bir analiz, 2018-2023 yılları arasında "AI in science education" anahtar kelimesinin kullanımında %420'lik bir artış olduğunu ortaya koymuştur. Ancak, Türkiye özelinde yapılan incelemeler, çalışmaların büyük ölçüde (%65) genel "YZ" kavramına odaklandığını, "doğal dil işleme", "otomatik değerlendirme" veya "makine öğrenmesi" gibi daha çok özel alt alanların ise nispeten ihmal edildiğini göstermektedir (TÜBİTAK, 2023). Bu durum, araştırmaların kavramsal derinlikten ziyade yüzeysel bir perspektifle sınırlı kaldığına işaret etmektedir.

İkinci sırada yer alan "fen bilimleri eğitimi" (n=20) kavramı, çalışmaların disipline özgü uygulamalara eğildiğini göstermekle birlikte, "fen bilimleri öğretmenleri" (n=6) ve "epistemoloji" (n=3) gibi kavramların düşük frekansları dikkat çekicidir. Bu bulgular, YZ'nin fen bilimleri eğitimine entegrasyonunda pedagojik hazır bulunuşluk ve bilimsel bilginin

doğasına ilişkin araştırmaların yetersiz kaldığını ortaya koymaktadır. Özellikle öğretmen eğitimi ve epistemolojik tartışmaların eksikliği, alandaki çalışmaların teknoloji odaklı ilerlediği, ancak öğretimsel ve felsefi boyutların göz ardı edildiği şeklinde yorumlanabilir (Bartels ve Lederman, 2022).

Ayrıca, son dönemde popülerlik kazanan "ChatGPT" (n=5) gibi yenilikçi YZ uygulamalarının literatürde sınırlı yer bulması, araştırmacıların güncel teknolojik gelişmelere uyum sağlamada geciktiğini düşündürmektedir (Zhai, 2023). Küresel bağlamda ise farklı eğilimler göze çarpmaktadır. Örneğin, ABD ve Çin'deki çalışmalarda "machine learning" (n=18) ve "adaptive learning" (n=12) gibi teknik terimlerin daha sık kullanıldığı (IEEE Xplore, 2023), Avustralya'daki araştırmalarda ise "AI ethics" ve "teacher training" gibi kavramların öne çıktığı görülmektedir (Henderson vd., 2023). Bu durum, ülkelerin araştırma önceliklerindeki farklılıkları yansıtmakta ve Türkiye'deki çalışmaların daha bütüncül bir yaklaşım benimsemesi gerektiğine işaret etmektedir.

Bu çalışmanın bulguları, fen bilimleri eğitiminde yapay YZ kullanımının geliştirilmesinin öğretme ve öğrenme süreçlerine katkı sağlayabileceğini ortaya koymaktadır. Derleme analizinden elde edilen üçüncü temel sonuç, fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımının araştırma yöntemleri bağlamında incelenmesidir. Yapılan incelemeler, Derleme Makalelerin (n=24) bu alanda en sık başvuru alan çalışma türü olduğunu göstermektedir. Söz konusu derleme makaleleri içerisinde bibliyometrik analizler, sistematik derlemeler, kavramsal çerçeve incelemeleri ve eleştirel analizler öne çıkmaktadır.

Bu bulgular, araştırmacıların YZ'nin fen bilimleri eğitimine entegrasyonu konusunda henüz teorik bir temel oluşturma aşamasında olduklarına işaret etmektedir. Christou (2023), bu durumu "teknolojik adaptasyondan önce kavramsal netleşme gerekliliği" olarak açıklamakta ve özellikle karmaşık teknolojilerin eğitime entegrasyonunda benzer bir yaklaşımın yaygınlığına dikkat çekmektedir. Hwang ve Tu (2024) ise derleme çalışmalarındaki bu yoğunlaşmanın, alanda metodolojik bir olgunlaşma sürecinin göstergesi olduğunu vurgulamaktadır. Literatürdeki bu eğilim, aşağıdaki faktörlerle açıklanabilir: YZ'nin eğitimdeki rolüne ilişkin teorik çerçevenin henüz tam olarak oturmamış olması, YZ araçlarındaki gelişmelerin, uygulamalı araştırmaların metodolojik tutarlılığını zorlaştıracak kadar hızlı ilerlemesi, Fen eğitimcilerinin teknoloji entegrasyonunda temkinli ve sistematik bir yaklaşım benimsemesi (Pedaste ve Leijen, 2024). Özellikle sistematik derlemelerin artan önemi, PRISMA gibi metodolojik standartların eğitim araştırmalarında giderek daha fazla benimsendiğini göstermektedir. Bu durum, alanda kanıta dayalı uygulamalara duyulan ihtiyacın bir yansıması olarak değerlendirilebilir.

Derleme makalelerini takiben, nitel yöntemlerle (n=13) gerçekleştirilen araştırmaların önemli bir paya sahip olduğu görülmektedir. Bu çalışmalar genellikle uzun süreli katılımcı gözlemleri, derinlemesine görüşmeler ve mikro düzeyde etki analizleri içermektedir. Ancak, alanda daha kapsamlı nitel veri setlerine ve uzun vadeli etki değerlendirmelerine ihtiyaç olduğu açıktır. Benzer şekilde, nicel yöntemler (n=13) ve karma yöntemlerle (n=10) yürütülen çalışmalar da önemli bir yer tutmaktadır. Bu araştırmalar: YZ uygulamalarının öğrenme çıktıları üzerindeki etkilerini, Farklı uygulama modellerinin karşılaştırmalı analizlerini, Ölçek geliştirme çalışmalarını kapsamaktadır. Bununla birlikte, bu alanda daha fazla deneysel çalışmaya, kontrollü saha araştırmalarına ve uzun vadeli etki analizlerine ihtiyaç duyulduğu belirtilmelidir.

İncelenen çalışmaların bulgularının sentezlenmesinden elde edilen dördüncü bir sonucumuz ise fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımının örneklem bağlamlarına göre dağılımlarıdır. Analiz sonuçlarına göre ağırlıklı olarak fen bilimleri öğretmen adayları ve öğrenciler üzerine çalışıldığı görülmektedir. Bu durumun nedeninin örneklemelerin kolay ulaşılabilir olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu tür öğrencilerden oluşan örneklemelerde genellikle

öğrencilerin derse karşı tutumu, motivasyonu ve başarı düzeyi ölçülmüştür (Lee vd., 2023; Ling vd., 2022; Wu ve Yang, 2022). Çalışmanın örneklemini öğretmen adaylarının oluşturduğu çalışmalarda genellikle öğretmen adaylarının konuya yönelik görüşleri ve farkındalıkları ölçülmüştür (Alkanaan, 2022; Bayram ve Çelik, 2023; Karahan, 2023; Çam vd., 2021). Çalışma örnekleminin öğretmen ve öğrenci üzerinde birlikte yapılan çalışmalara rastlanmıştır (Park vd., 2023). Bir çalışmada ilgili alan konu gereğince örneklem olarak YZ uygulama alanı olan ve oldukça kullanılan ChatGPT ile çalışma yapılmıştır bu çalışmanın örneklemini ChatGPT verilmiştir (Oh ve Lee, 2024). Bu örneklem grupları ile yapılan çalışmalardan yola çıkılarak incelendiğinde, örneklemelerin yaş grupları arttıkça YZ uygulamalarının uygulanabilirliği ile ilgili çalışmaların sayılarının azaldığı görülmektedir. Bununla birlikte fen bilimleri eğitiminde YZ uygulamalarının kullanımının ağırlıklı olarak öğrenci grupları ile yapıldığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımına ilişkin bu çalışmada, veri toplama araçlarının dağılımı incelendiğinde, araştırmacıların büyük ölçüde doküman incelemesi (n=19) yöntemine başvurduğu görülmektedir. Bu durum, alanda henüz teorik bir temelin oluşturulma aşamasında olduğunu ve mevcut literatürün sistematik bir şekilde analiz edilmesi gerekliliğini desteklemektedir (Christou, 2023; Hwang ve Tu, 2024). Doküman analizinin öne çıkması, YZ'nin fen bilimleri eğitime entegrasyonunda kavramsal çerçevenin netleştirilmesine yönelik bir ihtiyacı yansıtmaktadır.

Görüşme ve form (n=13) gibi nitel veri toplama yöntemlerinin yaygınlığı, YZ uygulamalarının pedagojik etkilerinin derinlemesine anlaşılmasına odaklanıldığını göstermektedir. Bu bulgu, öğretmen ve öğrenci perspektiflerinin YZ entegrasyon sürecindeki kritik rolünü ortaya koymaktadır (Pedaste ve Leijen, 2024). Bununla birlikte, anket (n=12) gibi nicel yöntemlerin kullanımı, YZ'nin öğrenme çıktıları üzerindeki etkilerinin ölçülmesine yönelik artan bir eğilime işaret etmektedir. Dikkat çeken bir diğer bulgu, ChatGPT (n=10) gibi YZ modellerinin doğrudan veri toplama aracı olarak kullanılmasıdır. Bu durum, araştırmacıların YZ'yi yalnızca bir araştırma konusu değil, aynı zamanda dinamik bir veri üretme mekanizması olarak benimsediğini göstermektedir. Ancak, bu tür araçların metodolojik sınırlılıkları (örneğin, veri güvenilirliği ve etik sorunlar) nedeniyle dikkatli bir şekilde ele alınması gerekmektedir (Zawacki-Richter vd., 2019).

Test (n=3), ölçek (n=2) ve rubrik (n=1) gibi araçların daha az tercih edilmesi, alanda deneysel ve ölçme odaklı çalışmaların henüz yeterince gelişmediğine işaret etmektedir. Bu durum, özellikle YZ destekli öğretim modellerinin etkililiğinin sınındığı kontrollü deneylerin ve uzun vadeli saha araştırmalarının eksikliğini ortaya koymaktadır (Luckin vd., 2022). Bu çalışmanın bulguları, fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımına yönelik araştırmaların teorik temellerinin güçlendirilmesi ve metodolojik çeşitliliğin artırılması gerektiğini vurgulamaktadır. Özellikle: Deneysel ve karma yöntemlerin daha fazla kullanılması, YZ uygulamalarının etkililiğini kanıta dayalı olarak değerlendirmek açısından kritik öneme sahiptir. ChatGPT ve benzeri YZ araçlarının veri toplama süreçlerindeki rolü, etik ve metodolojik açıdan derinlemesine incelenmelidir. Uzun vadeli saha çalışmaları, YZ'nin fen bilimleri eğitimindeki kalıcı etkilerini anlamak için teşvik edilmelidir. Ölçek ve rubrik geliştirme çalışmaları, YZ destekli öğrenme ortamlarının değerlendirilmesinde standartlaşmayı sağlayabilir. Sonuç olarak, fen bilimleri eğitiminde YZ entegrasyonu, disiplinlerarası bir yaklaşım ve sürdürülebilir araştırma stratejileri gerektirmektedir. Gelecek çalışmalar, hem teorik hem de uygulamalı boyutları dengeli bir şekilde ele alarak alandaki boşlukları doldurmayı hedeflemelidir.

Bu çalışmada, incelenen araştırmalarda veri analiz yöntemlerinin dağılımı ve kullanım eğilimleri sistematik bir şekilde analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, nitel analiz yöntemlerinin (özellikle tematik içerik analizi) eğitim araştırmalarında belirgin şekilde ağırlıklı olarak tercih edildiğini ortaya koymaktadır. Bu durumun temel nedeni olarak, nitel araştırma

desenlerinin derinlemesine veri toplama ve yorumlama olanağı sunması gösterilebilir. Ayrıca, analiz edilen çalışmalar arasında derleme makalelerin önemli bir yer tuttuğu görülmüş olup, araştırmacıları nitel veri analiz araçlarına yöneltmiş olabileceği dikkate alınması gereken bir bulgudur. Bu sonuç, alanyazın taramasına dayalı çalışmalarda nitel yaklaşımların doğal bir tercih olarak ortaya çıkması bakımından oldukça anlamlı ve beklenen bir durumdur. Özellikle öğrenci deneyimlerinin incelenmesi, mevcut durumun derinlemesine tespit edilmesi, öğretmen görüşlerinin analizi ve süreç odaklı araştırmalarda nitel yaklaşımların daha uygun ve verimli olduğu literatür tarafından desteklenmektedir (Çam vd., 2021; Oh ve Lee, 2024).

Nitel analiz yöntemlerinin çalışmalarda önemli bir kullanım oranına sahip olduğu gözlemlenmiştir. SPSS gibi istatistiksel yazılımların yaygın kullanımı, eğitim araştırmalarında sayısal verilerin betimsel ve nedensel analizlerinin ne denli önemli bir yer tuttuğunu göstermektedir. Korelasyon, ANOVA ve regresyon analizleri gibi ileri istatistiksel tekniklerin sıklıkla kullanılması, değişkenler arasındaki ilişkilerin incelenmesine yönelik güçlü bir eğilimin varlığına işaret etmektedir (Alkanaa, 2022; Ling vd., 2022). Bu durum, nitel araştırmaların genellenebilir sonuçlar üretme potansiyeli ve istatistiksel güvenilirlik sağlama avantajları nedeniyle tercih edildiğini düşündürmektedir.

Öte yandan, fen bilimleri eğitimi araştırmalarında nitel veri analiz araçları arasında MATLAB R2012a (Yorgancı ve Işık, 2018) gibi mühendislik kökenli yazılımların kullanımı dikkat çekicidir. Bu durum, özellikle fizik ve mühendislik eğitimi çalışmalarında karşılaşılan matematiksel modelleme ve simülasyon gereksinimlerinden kaynaklanmaktadır. Bu bulgu, fen bilimleri eğitimi araştırmalarının disiplinlerarası doğasını ve farklı disiplinlerden metodolojik yaklaşımları bünyesinde barındırdığını açıkça yansıtmaktadır.

Araştırmalarda ayrıca doküman analizi, bibliyometrik analiz ve YZ temelli yöntemler gibi yenilikçi ve çeşitli yaklaşımların giderek artan oranda kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu metodolojik çeşitlilik, fen bilimleri eğitimi alanında disiplinlerarası çalışmaların ve yenilikçi araştırma paradigmalarının giderek daha fazla benimsendiğinin önemli bir göstergesidir. Özellikle YZ uygulamalarının giderek artan kullanımı (Ezquerro vd., 2022), hızla gelişen teknolojik yeniliklerin fen bilimleri eğitim araştırmalarında entegrasyon sürecinin somut bir kanıtı olarak değerlendirilebilir. Bu eğilim, gelecekteki fen bilimleri eğitimi araştırmalarının yönelimleri hakkında önemli ipuçları sunmaktadır.

Çalışmamızın yedinci ve son bulguları, fen bilimleri eğitiminde YZ uygulamalarına ilişkin araştırmaların bilimsel yayın dağılımını ortaya koymaktadır. Yedi farklı saygın veri tabanında (Web of Science, Scopus, ULAKBİM, Google Akademik, ERIC, Proquest, ScienceDirect) yürütülen sistematik tarama sonucunda elde edilen bulgular dikkat çekicidir. Araştırmamızda Web of Science (WoS) veri tabanı, 29 çalışma ile en fazla yayına ulaşılan kaynak olarak öne çıkmaktadır. Bu baskın konumun altında yatan temel nedenler incelendiğinde SCIE (Science Citation Index Expanded), SSCI (Social Sciences Citation Index) ve A&HCI (Arts ve Humanities Citation Index) gibi multidisipliner indeksleri bünyesinde barındırması (Şeref ve Karagöz, 2019), yalnızca belirli etki faktörü eşliğini aşan dergileri indekslemesi, detaylı atıf ağı haritalama özellikleri sunması, fen bilimleri eğitimi gibi multidisipliner alanlarda geniş kapsam sunması (Jia vd., 2023) sonuçlarına ulaşılmaktadır. WOS'u takip eden veri tabanlarının dağılımı şu şekildedir; ERIC (n=10) eğitim odaklı içeriğiyle özellikle pedagojik YZ uygulamalarında öne çıkmaktadır. Google Akademik (n=9) açık erişimli kaynaklar ve gri yayınlar açısından zenginlik sunmaktadır.

Scopus (n=9), WoS ile benzer kalite standartlarına sahip olmakla birlikte, özellikle Avrupa kaynaklı yayınlarda güçlüdür. ScienceDirect (n=2) özellikle Elsevier yayınlarında uzmanlaşmıştır. Tr Dizin (n=1) ve ProQuest (n=1): Ulusal ve tez tabanlı kaynaklarda sınırlı temsil sağlamaktadır.

Bu sistematik derleme çalışması fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımına ve eğilimlerine derinlemesine bir bakış sunduğu düşünülmektedir. 2018'dan 2024'e kadar fen eğitiminde YZ kullanımının sistematik derlemesi öğretimin kalitesini arttırmak ve öğrencileri desteklemek için YZ uygulamalarının kullanımının arttığını söylemek mümkündür. Bu derlemenin materyalleri bu konu alanında ileri yapılabilecek çalışmalara ışık tutmak için kullanılabilir.

YZ' yı fen bilimleri eğitiminde kullanmaya çalışırken etik kurallar ve önyargılarda gündeme gelmektedir. Bu çalışma ile elde edilen sonuçlara bakıldığında bu alanda çok fazla çalışma bulunmamaktadır, bununla birlikte fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımının doğurabileceği etik sorunlar, zorluklara ilişkin ek çalışmaların yapılabileceği düşünülmektedir. Bu makalede yayın dilinin sadece İngilizce ve Türkçe olarak sınırlandırılması veri tabanlarında ulaşılan ilgili makaleleri göz ardı etmiş olabilir. İleriki zamanda yapılacak çalışmalarda daha fazla veri tabanlarına ulaşılarak ve farklı dillerinde dahil olmasıyla fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımının daha kapsamlı bir derlemesi veya bibliyometrik analizi yapılabilir.

Sonuç olarak fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımının sistematik derlemesi, bu alanda YZ kullanılarak yapılan çalışmaların artan önemini ortaya koymuş ve sonraki yıllarda yapılacak olan çalışmalara rehberlik etmiştir. Bu alanda yapılacak olan çalışmaların arttırılması gerektiği ve etik kurallar çerçevesince detaylı bir şekilde incelenmesi gerektiğinin altını çizmiş ve önemini vurgulamıştır.

4.1. Öneriler

Bu çalışmanın bulguları, fen bilimleri eğitiminde YZ uygulamalarının geliştirilmesi için aşağıdaki somut adımların atılmasını gerektirmektedir:

Araştırma Yöntemlerinin Çeşitlendirilmesi: Fen bilimleri eğitiminde YZ kullanımına yönelik çalışmaların büyük çoğunluğu nitel yöntemlerle sınırlı kalmıştır. Bu nedenle, daha geniş örneklemelerle nicel ve karma yöntem araştırmalarının yapılması, YZ'nin öğrenme çıktıları üzerindeki etkisi daha güvenilir şekilde ölçülecektir.

Örneklem Çeşitliliğinin Artırılması: Mevcut çalışmalar ağırlıklı olarak öğretmen adayları ve öğrencilerle yürütülmüştür. Farklı yaş grupları (ilkokul, lise), öğretmenler ve uzmanlarla yapılacak çalışmalar, YZ'nin fen bilimleri eğitimindeki uygulanabilirliğine daha bütüncül bir bakış sunacaktır.

Yeni YZ Araçlarının ve Etik İncelemelerin Dahil Edilmesi: ChatGPT gibi dil modellerinin fen bilimleri eğitimindeki rolüne dair çalışmalar sınırlıdır. Bu araçların öğretim süreçlerine entegrasyonu, öğrenci-öğretmen etkileşimi ve otomatik değerlendirme sistemleri üzerine odaklanan araştırmalar desteklenmelidir.

Veri Toplama ve Analiz Yöntemlerinin Geliştirilmesi: Çalışmalarda rubrik, ölçek ve standart testlerin kullanımı oldukça azdır. Özellikle nicel çalışmalarda geçerli ve güvenilir ölçme araçlarının geliştirilmesi, YZ'nin akademik başarı ve beceriler üzerindeki etkisini daha nesnel değerlendirecektir. Nitel veri analizinde YZ destekli içerik analizi (örneğin, NVivo + YZ eklentileri) gibi yenilikçi yöntemlerin kullanımı önerilmektedir.

Politika Yapıcılar ve Uygulayıcılar İçin Çıkarımlar: Eğitim politikalarında YZ tabanlı öğretim stratejilerine yer verilmeli ve öğretmenlerin bu teknolojilere yönelik mesleki gelişim programları (hizmet içi eğitimler) tasarlanmalıdır. Okullara YZ altyapısı (akıllı sınıflar, veri analiz araçları) sağlanarak, deneysel çalışmaların gerçek ortamlarda yapılması kolaylaştırılmalıdır.

YZ kullanımının yol açabileceği etik sorunlar (veri gizliliği, algoritmik önyargılar) ve öğrenci üzerinde bu öneriler fen bilimleri eğitiminde YZ uygulamalarının etkililiğini artırmak için

somut ve uygulanabilir adımlar sunmaktadır. Gelecek araştırmaların bu çok özel alanlara odaklanması, alandaki eksikliklerin giderilmesine önemli katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Aebi, A. A., & Karal, H. (2017). An application of fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) for evaluating students' project. *Educational Research and Reviews*, 12(3), 120–132.
- Akdeniz, M., & Özdiñç, F. (2021). Eğitimde yapay zekâ konusunda Türkiye adresli çalışmaların incelenmesi [A review of Turkey-based studies on artificial intelligence in education]. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(1), 912–932.
- Akhmadieva, R. S., Udina, N. N., Kosheleva, Y. P., Zhdanov, S. P., Timofeeva, M. O., & Budkevich, R. L. (2023). Artificial intelligence in science education: A bibliometric review. *Contemporary Educational Technology*, 15(4), ep460. <https://doi.org/10.30935/cedtech/13587>
- Akmese, O. F., Kor, H., & Erbay, H. (2021). Use of machine learning techniques for the forecast of student achievement in higher education. *Information Technologies and Learning Tools*, 82(2), 297–311.
- Al Darayseh, A. (2023). Acceptance of artificial intelligence in teaching science: Science teachers' perspective. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, 100132. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100132>
- Al Husaeni, D. F., Haristiani, N., Wahyudin, W., & Rasim, R. (2024). Chatbot artificial intelligence as educational tools in science and engineering education: A literature review and bibliometric mapping analysis with its advantages and disadvantages. *ASEAN Journal of Science and Engineering*, 4(1), 93–118.
- Aldeman, N. L. S., Aita, K., Machado, V. P., da Mata Sousa, L. C. D., Coelho, A. G. B., da Silva, A. S., Mendes, A. P. D., Neres, F. J. D., & do Monte, S. J. H. (2021). Smartpath (k): A platform for teaching glomerulopathies using machine learning. *BMC Medical Education*, 21(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12909-021-02750-4>
- Alissa, R. A. S., & Hamadneh, M. A. (2023). The level of science and mathematics teachers' employment of artificial intelligence applications in the educational process. *International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology*, 11(6), 1597–1608.
- AlKanaan, H. M. N. (2022). Awareness regarding the implication of artificial intelligence in science education among pre-service science teachers. *International Journal of Instruction*, 15(3), 895–912.
- Alkış Küçükaydın, M. (2020). Fen eğitiminde kavram öğretimi konulu araştırmaların sistematik derleme yöntemiyle incelenmesi [A systematic review of research on concept teaching in science education]. *Ege Eğitim Dergisi*, 21(2), 36–56. <https://doi.org/10.12984/eegefd.746326>
- Almasri, F. (2024). Exploring the impact of artificial intelligence in teaching and learning of science: A systematic review of empirical research. *Research in Science Education*, 54(5), 977–997. <https://doi.org/10.1007/s11165-023-10145-2>
- Alneyadi, S., Almessabi, A., & Alshraifin, N. (2024). Exploring science teachers' perceptions and practices in integrating STEM and AI through mind mapping: A case study in the UAE. *Journal of Ecohumanism*, 3(3), 1239–1252.

- Alshorman, S. M. (2024). The readiness to use AI in teaching science: Science teachers' perspective. *Journal of Baltic Science Education*, 23(3), 432–448.
- Anderson, R. M., Heesterbeek, H., Klinkenberg, D., & Hollingsworth, T. D. (2021). The impact of non-pharmaceutical interventions on COVID-19 cases. *The Lancet*, 395(10238), 1833–1836. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30967-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30967-9)
- Antonenko, P., & Abramowitz, B. (2023). In-service teachers' (mis) conceptions of artificial intelligence in K-12 science education. *Journal of Research on Technology in Education*, 55(1), 64-78.
- Arici, F. (2024). Examination of research conducted on the use of artificial intelligence in science education. *Sakarya University Journal of Education*, 14(3), 539–562.
- Arora, A., Alderman, J. E., Palmer, J., Ganapathi, S., Laws, E., Mccradden, M. D., ... & Liu, X. (2023). The value of standards for health datasets in artificial intelligence-based applications. *Nature Medicine*, 29(11), 2929–2938.
- Arslan, K. (2020). Eğitimde yapay zekâ ve uygulamaları [Artificial intelligence and its applications in education]. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 11(1), 71–88.
- Bartels, S., & Lederman, J. (2022). What do elementary students know about science, scientists and how they do their work?. *International Journal of Science Education*, 44(4), 627-646.
- Bayram, K., & Çelik, H. (2023). Yapay zekâ konusunda muhakeme ve girişimcilik becerileriyle bütünleştirilmiş sosyo-bilim etkinliği: Fen bilgisi öğretmen adaylarının görüşleri [A socio-scientific activity integrating reasoning and entrepreneurship skills on artificial intelligence: Views of pre-service science teachers]. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi*, 11(1), 41–78.
- Bellod, H. C., Ramón, V. B., Fernández, E. C., & Luján, J. F. G. (2021). Analysis of stress and academic-sports commitment through self-organizing artificial neural networks. *Challenges*, 42, 136–144.
- Bewersdorff, A., Hartmann, C., Hornberger, M., Seßler, K., Bannert, M., Kasneci, E., ... & Nerdel, C. (2025). Taking the next step with generative artificial intelligence: The transformative role of multimodal large language models in science education. *Learning and Individual Differences*, 118, 102601.
- Bircan, T., & Salah, A. A. A. (2022). A bibliometric analysis of the use of artificial intelligence technologies for social sciences. *Mathematics*, 10(23), 4398.
- Blonder, R., Feldman-Maggor, Y., & Rap, S. (2024). Are they ready to teach? Generative AI as a means to uncover pre-service science teachers' PCK and enhance their preparation program. *Journal of Science Education and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10956-024-10045-9>
- Bonneton-Botte, N., Fleury, S., Girard, N., Le Magadou, M., Cherbonnier, A., Renault, M., Anquetil, E., & Jamet, E. (2020). Can tablet apps support the learning of handwriting? An investigation of learning outcomes in kindergarten classroom. *Computers & Education*, 151, 103831.
- Cevahir, E. (2020). *SPSS ile nicel veri analizi rehberi*. Kibele Yayınları. https://www.researchgate.net/publication/343022256_SPSS_ile_Nicel_Veri_Analizi_Rehberi

- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access*, 8, 75264-75278. <https://doi.org/10.1080/03055698.2022.2066462>
- Chen, P. Y., & Liu, Y. C. (2024). Impact of AI robot image recognition technology on improving students' conceptual understanding of cell division and science learning motivation. *Journal of Baltic Science Education*, 23(2), 208–220.
- Cheung, K. K. C., Long, Y., Liu, Q., & Chan, H. Y. (2024). Unpacking epistemic insights of artificial intelligence (AI) in science education: A systematic review. *Science & Education*, 1–31.
- Christou, A. (2023). Conceptual clarification before technological adaptation: A framework for AI integration in science education. *Educational Technology Research and Development*, 71(3), 1125–1143.
- Cooper, G. (2023). Examining science education in ChatGPT: An exploratory study of generative artificial intelligence. *Journal of Science Education and Technology*, 32, 444–452.
- Cooper, G., & Tang, K. S. (2024). Pixels and pedagogy: Examining science education imagery by generative artificial intelligence. *Journal of Science Education and Technology*, 33(4), 556-568. <https://doi.org/10.1007/s10956-024-10104-0>
- Crowe, D., LaPierre, M., & Kebritchi, M. (2017). Knowledge based artificial augmentation intelligence technology: Next step in academic instructional tools for distance learning. *TechTrends*, 61(5), 494–506.
- Çam, M. B., Çelik, N. C., Turan Güntepe, E., & Durukan, Ü. G. (2021). Öğretmen adaylarının yapay zekâ teknolojileri ile ilgili farkındalıklarının belirlenmesi [Determining pre-service teachers' awareness of artificial intelligence technologies]. *Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18(48), 263–285.
- Çetin, A., Gündoğdu, B., Hökkaş, H., & Genç, M. (2023). Stem eğitimi yaklaşımı konulu araştırmalar üzerine sistematik bir derleme. *Düzce Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(1), 1-23.
- Deroncele-Acosta, A., Bellido-Valdiviezo, O., Sánchez-Trujillo, M. D. L. Á., Palacios-Núñez, M. L., Rueda-Garcés, H., & Brito-Garcías, J. G. (2024). Ten essential pillars in artificial intelligence for university science education: A scoping review. *SAGE Open*, 14(3), 21582440241272016. <https://doi.org/10.1177/21582440241272016>
- Deveci Topal, A., Dilek Eren, C., & Kolburan Geçer, A. (2021). Chatbot application in a 5th grade science course. *Education and Information Technologies*, 26, 6241–6265.
- Dos Anjos, J. R., de Souza, M. G., de Andrade Neto, A. S., & de Souza, B. C. (2024). An analysis of the generative AI use as analyst in qualitative research in science education. *Revista Pesquisa Qualitativa*, 12(30), 1–29.
- Elsevier. (2023). *Artificial intelligence in education: Global trends and future prospects*. Elsevier. <https://www.elsevier.com/ai-education-report>
- Erduran, S., & Levrini, O. (2024). The impact of artificial intelligence on scientific practices: an emergent area of research for science education. *International Journal of Science Education*, 46(18), 1982-1989. <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2306604>
- Erkoç, M. (2023). Fen bilimleri grubu öğretmenlerinin uzaktan eğitim sürecinde yapay zekâ kullanma durumlarının analizi [Analysis of science teachers' use of artificial intelligence

- in distance education]. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 58, 2682–2704.
- Ezquerro, A., Agen, F., Rodríguez-Arteche, I., & Ezquerro-Romano, I. (2022). Integrating Artificial Intelligence into Research on Emotions and Behaviors in Science Education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(4).
- Genc, H. N. & Kocak, N. (2024). Bibliometric analysis of studies on the artificial intelligence in science education with VOSviewer. *Journal of Education in Science, Environment and Health (JESEH)*, 10(4), 183-195. <https://doi.org/10.55549/jeseh.756>
- Gunawan, K. D. H., Liliyasi, L., Kaniawati, I., & Setiawan, W. (2021). Implementation of competency enhancement program for science teachers assisted by artificial intelligence in designing HOTS-based integrated science learning. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 7(1), 55-65.
- Güzey, C., Çakır, O., Athar, M. H., Yurdaöz, E., & Saad, S. (2023). Eğitimde yapay zekâ konusunda yapılmış çalışmaların içerik analizi [Content analysis of studies on artificial intelligence in education]. *Bilgi ve İletişim Teknolojileri Dergisi*, 5(1), 66–77. <https://doi.org/10.53694/bited.1060730>
- Heeg, D. M., & Avraamidou, L. (2023). The use of Artificial intelligence in school science: a systematic literature review. *Educational Media International*, 60(2), 125-150. <https://doi.org/10.1080/09523987.2023.2264990>
- Henderson, M., Gruppetta, M., & Southgate, E. (2023). Artificial intelligence in Australian education: Ethical implications and teacher professional development. *Australasian Journal of Educational Technology*, 39(2), 45–67.
- Huang, J., Shen, G., & Ren, X. P. (2021). Connotation analysis and paradigm shift of teaching design under artificial intelligence technology. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(5), 73–86.
- Huang, X. (2022). Application of artificial intelligence APP in quality evaluation of primary school science education. *Educational Studies*, 50(6), 1215-1235. <https://doi.org/10.1080/03055698.2022.2066462>
- Hwang, G.-J., & Tu, Y.-F. (2024). The evolving landscape of AI in education research: A methodological review. *Computers & Education*, 201, 104812. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104812>
- IEEE. (2023). *Global trends in AI education research: 2023 analysis report*. IEEE Xplore Digital Library.
- Işık, E., & Köse, M. (2024). Investigating the views of science teachers on augmented reality, artificial intelligence, the metaverse, and their applications in education. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 10(3), 241–258.
- Jia, F., Sun, D., & Looi, C. K. (2024). Artificial intelligence in science education (2013–2023): Research trends over a decade. *Journal of Science Education and Technology*, 33(1), 94–117. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10077-6>
- Karaçam, Z. (2013). Sistematik derleme metodolojisi: Sistematik derleme hazırlamak için bir rehber [Systematic review methodology: A guide to preparing a systematic review]. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Elektronik Dergisi*, 6(1), 26–33.
- Karahan, E. (2023). Using video-elicitation focus group interviews to explore pre-service science teachers' views and reasoning on artificial intelligence. *International Journal of*

- Science Education*, 45(15), 1283-1302.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2223491>
- Karsenti, T. (2019). *Artificial intelligence in education: The urgent need to prepare teachers for tomorrow's schools*. SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3448956>
- Kerneža, M., & Zemljak, D. (2023). Science teachers' approach to contemporary assessment with a reading literacy emphasis. *Journal of Baltic Science Education*, 22(5), 851–864. <https://doi.org/10.33225/jbse/23.22.851>
- Kılınç, S. (2023). Embracing the future of distance science education: Opportunities and challenges of ChatGPT integration. *Journal of Educational Technology and Online Learning*, 6(4), 714–728.
- Kim, W. J. (2022). AI-integrated science teaching through facilitating epistemic discourse in the classroom. *Asia-Pacific Science Education*, 8(1), 9-42.
- Kutlu, Ö. (2024). Ölçme ve durum belirleme sürecindeki bazı kavramlaştırmalar sınıf içi başarıya zarar veriyor [Some conceptualizations in the measurement and assessment process harm classroom success]. *Journal of Applied Measurement and Assessment*, 1(1), 1–12.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159–174. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Lee, J., An, T., Chu, H. E., Hong, H. G., & Martin, S. N. (2023). Improving science conceptual understanding and attitudes in elementary science classes through the development and application of a rule-based AI chatbot. *Asia-Pacific Science Education*, 9(2), 365–412.
- Li, M., & Su, Y. (2020). Evaluation of online teaching quality of basic education based on artificial intelligence. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(16), 147–161. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i16.15937>
- Ling, Y., Jin, Z., Li, Y., & Huang, J. (2022). Learner satisfaction-based research on the application of artificial intelligence science popularization kits. *Frontiers in Psychology*, 13, 901191. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.901191>
- Lopes, L. A. (2024). Creative challenge to stimulate student engagement in natural science education in distance learning. *Pedagogical Research*, 9(1), em0184. <https://doi.org/10.29333/pr/14054>
- Luckin, R., Cukurova, M., Kent, C., & du Boulay, B. (2022). Empowering educators to be AI-ready. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100076. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100076>
- Mahmoud, A. R. M. (2020). Applications of artificial intelligence: An introduction to developing education in light of the challenges posed by the COVID-19 pandemic. *International Journal of Research in Educational Sciences*, 3(4), 171–224. <https://doi.org/10.29009/ijres.3.4.4>
- Martin, S. N. (2023). Asia-Pacific Science Education (APSE): Can publishing become more equitable in the age of artificial intelligence? *Asia-Pacific Science Education*, 9(1), 1–8.
- McHugh, M. L. (2012). Interrater reliability: The kappa statistic. *Biochemia Medica*, 22(3), 276–282. <https://doi.org/10.11613/BM.2012.031>

- Meço, G., & Coştu, F. (2022). Eğitimde yapay zekânın kullanılması: betimsel içerik analizi çalışması. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(23), 171-193.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & Prisma Group. (2010). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *International journal of surgery*, 8(5), 336-341.
- Murphy, R. F. (2019). *Artificial intelligence applications to support K–12 teachers and teaching: A review of promising applications, challenges, and risks*. RAND Corporation. <https://doi.org/10.7249/PE315>
- Nguyen, H., & Hayward, J. (2024). Applying generative artificial intelligence to critiquing science assessments. *Journal of Science Education and Technology*, 1–16. <https://doi.org/10.1007/s10956-024-10177-x>
- Nja, C. O., Idiege, K. J., Uwe, U. E., Meremikwu, A. N., Ekon, E. E., Erim, C. M., ... & Cornelius-Ukpepi, B. U. (2023). Adoption of artificial intelligence in science teaching: From the vantage point of the African science teachers. *Smart Learning Environments*, 10(1), 42. <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00261-x>
- Oh, P. S., & Lee, G. G. (2024). Confronting imminent challenges in humane epistemic agency in science education: An interview with ChatGPT. *Science & Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00515-1>
- Okulu, H. Z., & Muslu, N. (2024). Designing a course for pre-service science teachers using ChatGPT: What ChatGPT brings to the table. *Interactive Learning Environments*, 32(10), 7450-7467. <https://doi.org/10.1080/10494820.2024.2322462>
- Page, M. J., Moher, D., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & McKenzie, J. E. (2021). PRISMA 2020 explanation and elaboration: Updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n160. <https://doi.org/10.1136/bmj.n160>
- Park, J., Teo, T. W., Teo, A., et al. (2023). Integrating artificial intelligence into science lessons: Teachers' experiences and views. *International Journal of STEM Education*, 10, 61. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00454-3>
- Patton, M. Q. (2002). Two decades of developments in qualitative inquiry: A personal, experiential perspective. *Qualitative Social Work*, 1(3), 261–283. <https://doi.org/10.1177/1473325002001003636>
- Pedaste, M., & Leijen, Ä. (2024). Systematic approaches to technology integration in science education: Challenges and opportunities. *Journal of Science Education and Technology*, 33(1), 1–15.
- Powell, W., & Courchesne, S. (2024). Opportunities and risks involved in using ChatGPT to create first grade science lesson plans. *PLOS ONE*, 19(6), e0305337. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0305337>
- Ramnarain, U., Ogegbo, A. A., Penn, M., Ojetunde, S., & Mdlalose, N. (2024). Pre-service science teachers' intention to use generative artificial intelligence in inquiry-based teaching. *Journal of Science Education and Technology*, 1–14.
- Sanca, M., Artun, H., & Okur, M. (2022). Fen eğitiminde bulanık mantık uygulamaları neden kullanılmalıdır? *Ulusal Eğitim Akademisi Dergisi (UEAD)*, 6(1), 130–144.

- Sarioğlu, S. (2023). Bilimsel süreç becerilerinin yapay zekâ ile yordanması, öğrenciler ve üstün yetenekli öğrencilerdeki etkililiği. [Predicting scientific process skills with artificial intelligence and its effectiveness in students and gifted students].
- Shenton, A. K. (2004). Strategies for ensuring trustworthiness in qualitative research projects. *Education for Information*, 22(2), 63–75. <https://doi.org/10.3233/EFI-2004-22201>
- Su, K. D. (2022). Implementation of innovative artificial intelligence cognitions with problem-based learning guided tasks to enhance students' performance in science. *Journal of Baltic Science Education*, 21(2), 245–257.
- Tang, K. S., & Cooper, G. (2025). The role of materiality in an era of generative artificial intelligence. *Science & Education*, 34(2), 731-746. <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00508-0>
- Tanjung, Y. I., & Fadillah, M. A. (2024). ChatGPT in Science Education: A Visualization Analysis of Trends and Future Directions. *JOIV: International Journal on Informatics Visualization*, 8(3-2), 1614-1624. <https://dx.doi.org/10.62527/joiv.8.3-2.2987>
- TÜBİTAK. (2023). *Yapay zekâ ve eğitim: Türkiye perspektifi* [Artificial intelligence and education: Turkey perspective]. TÜBİTAK Yayınları.
- UNESCO. (2022). *Education: From disruption to recovery*. UNESCO COVID-19 Education Response. <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse>
- Verma, G., Campbell, T., Melville, W., & Park, B. Y. (2023). Navigating opportunities and challenges of artificial intelligence: ChatGPT and generative models in science teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 34(8), 793-798. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2023.2263251>
- Wang, J. T. H. (2023). Is the laboratory report dead? AI and ChatGPT. *Microbiology Australia*, 44, 144–148.
- Watters, J., Hill, A., Weinrich, M., Supalo, C., & Jiang, F. (2021). An artificial intelligence tool for accessible science education. *Journal of Science Education for Students with Disabilities*, 24(1), 1-14. <https://doi.org/10.16916/jsesd.2021.0004>
- Wu, J. Y., & Tsai, C. C. (2022). Harnessing the power of promising technologies to transform science education: Prospects and challenges to promote adaptive epistemic beliefs in science learning. *International Journal of Science Education*, 44(2), 346–353.
- Wu, S. Y., & Yang, K. K. (2022). The effectiveness of teacher support for students' learning of artificial intelligence popular science activities. *Frontiers in Psychology*, 13, 868623.
- Yılmaz, A. (2024). Öğretmenlerin Fen Eğitiminde Yapay Zekâ, Transhümanizm ve Yaratıcılık Uygulamalarını Kullanmalarının Güçlü ve Zayıf Yönleri. *International Journal of Eurasia Social Sciences/Uluslararası Avrasya Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(55).
- Yorgancı, N., & Işık, N. (2019). Fen bilgisi öğretmen adaylarının genel not ortalamalarının sınıflandırılmasında yapay sinir ağlarının kullanımı. *21. Yüzyılda Eğitim ve Toplum*, 8(22), 143-159.
- Zawacki-Richter, O., Marín, I. V., Bond, M., & 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), 1–27.

- Zhai, X. (2021). Practices and theories: How can machine learning assist in innovative assessment practices in science education. *Journal of Science Education and Technology*, 30, 139–149.
- Zhai, X., & Nehm, R. H. (2023). AI and formative assessment: The train has left the station. *Journal of Research in Science Teaching*, 60(6), 1390-1398. <https://doi.org/10.1002/tea.21885>
- Zhai, X., Yin, Y., Pellegrino, J. W., Haudek, K. C., & Shi, L. (2020). Applying machine learning in science assessment: a systematic review. *Studies in Science Education*, 56(1), 111-151. <https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1735757>
- Zhao, Y., Watterston, J., & Gardner, W. (2021). The changes we need: Education post COVID-19. *Journal of Educational Change*, 22(1), 3–12. <https://doi.org/10.1007/s10833-021-09417-3>
- Zulfiani, Z., Suwarna, I. P., & Miranto, S. (2018). Science education adaptive learning system as a computer-based science learning with learning style variations. *Journal of Baltic Science Education*, 17(4), 711–727. <https://doi.org/10.33225/jbse/18.17.711>

Makale Listesi

- Akhmadieva, R. S., Udina, N. N., Kosheleva, Y. P., Zhdanov, S. P., Timofeeva, M. O., & Budkevich, R. L. (2023). Artificial intelligence in science education: A bibliometric review. *Contemporary Educational Technology*, 15(4), ep460. <https://doi.org/10.30935/cedtech/13587>
- Al Darayseh, A. (2023). Acceptance of artificial intelligence in teaching science: Science teachers' perspective. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, 100132. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100132>
- Al Husaeni, D. F., Haristiani, N., Wahyudin, W., & Rasim, R. (2024). Chatbot artificial intelligence as educational tools in science and engineering education: A literature review and bibliometric mapping analysis with its advantages and disadvantages. *ASEAN Journal of Science and Engineering*, 4(1), 93–118.
- Alissa, R. A. S., & Hamadneh, M. A. (2023). The level of science and mathematics teachers' employment of artificial intelligence applications in the educational process. *International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology*, 11(6), 1597–1608.
- AlKanaan, H. M. N. (2022). Awareness regarding the implication of artificial intelligence in science education among pre-service science teachers. *International Journal of Instruction*, 15(3), 895–912.
- Almasri, F. (2024). Exploring the impact of artificial intelligence in teaching and learning of science: A systematic review of empirical research. *Research in Science Education*, 54(5), 977–997. <https://doi.org/10.1007/s11165-023-10145-2>
- Alneyadi, S., Almessabi, A., & Alshraifin, N. (2024). Exploring science teachers' perceptions and practices in integrating STEM and AI through mind mapping: A case study in the UAE. *Journal of Ecohumanism*, 3(3), 1239–1252.
- Alshorman, S. M. (2024). The readiness to use AI in teaching science: Science teachers' perspective. *Journal of Baltic Science Education*, 23(3), 432–448.

- Antonenko, P., & Abramowitz, B. (2023). In-service teachers' (mis) conceptions of artificial intelligence in K-12 science education. *Journal of Research on Technology in Education*, 55(1), 64-78.
- Aricı, F. (2024). Examination of research conducted on the use of artificial intelligence in science education. *Sakarya University Journal of Education*, 14(3), 539-562.
- Bayram, K., & Çelik, H. (2023). Yapay zekâ konusunda muhakeme ve girişimcilik becerileriyle bütünleştirilmiş sosyo-bilim etkinliği: Fen bilgisi öğretmen adaylarının görüşleri [A socio-scientific activity integrating reasoning and entrepreneurship skills on artificial intelligence: Views of pre-service science teachers]. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi*, 11(1), 41-78.
- Bewersdorff, A., Hartmann, C., Hornberger, M., Seßler, K., Bannert, M., Kasneci, E., ... & Nerdel, C. (2025). Taking the next step with generative artificial intelligence: The transformative role of multimodal large language models in science education. *Learning and Individual Differences*, 118, 102601.
- Blonder, R., Feldman-Maggor, Y., & Rap, S. (2024). Are they ready to teach? Generative AI as a means to uncover pre-service science teachers' PCK and enhance their preparation program. *Journal of Science Education and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10956-024-10045-9>
- Chen, P. Y., & Liu, Y. C. (2024). Impact of AI robot image recognition technology on improving students' conceptual understanding of cell division and science learning motivation. *Journal of Baltic Science Education*, 23(2), 208-220.
- Cheung, K. K. C., Long, Y., Liu, Q., & Chan, H. Y. (2024). Unpacking epistemic insights of artificial intelligence (AI) in science education: A systematic review. *Science & Education*, 1-31.
- Cooper, G. (2023). Examining science education in ChatGPT: An exploratory study of generative artificial intelligence. *Journal of Science Education and Technology*, 32, 444-452.
- Cooper, G., & Tang, K. S. (2024). Pixels and pedagogy: Examining science education imagery by generative artificial intelligence. *Journal of Science Education and Technology*, 33(4), 556-568. <https://doi.org/10.1007/s10956-024-10104-0>
- Çam, M. B., Çelik, N. C., Turan Güntepe, E., & Durukan, Ü. G. (2021). Öğretmen adaylarının yapay zekâ teknolojileri ile ilgili farkındalıklarının belirlenmesi [Determining pre-service teachers' awareness of artificial intelligence technologies]. *Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18(48), 263-285.
- Deroncele-Acosta, A., Bellido-Valdiviezo, O., Sánchez-Trujillo, M. D. L. Á., Palacios-Núñez, M. L., Rueda-Garcés, H., & Brito-Garcías, J. G. (2024). Ten essential pillars in artificial intelligence for university science education: A scoping review. *SAGE Open*, 14(3), 21582440241272016. <https://doi.org/10.1177/21582440241272016>
- Deveci Topal, A., Dilek Eren, C., & Kolburan Geçer, A. (2021). Chatbot application in a 5th grade science course. *Education and Information Technologies*, 26, 6241-6265.
- Dos Anjos, J. R., de Souza, M. G., de Andrade Neto, A. S., & de Souza, B. C. (2024). An analysis of the generative AI use as analyst in qualitative research in science education. *Revista Pesquisa Qualitativa*, 12(30), 1-29.

- Erduran, S., & Levrini, O. (2024). The impact of artificial intelligence on scientific practices: an emergent area of research for science education. *International Journal of Science Education*, 46(18), 1982-1989. <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2306604>
- Erkoç, M. (2023). Fen bilimleri grubu öğretmenlerinin uzaktan eğitim sürecinde yapay zekâ kullanma durumlarının analizi [Analysis of science teachers' use of artificial intelligence in distance education]. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 58, 2682–2704.
- Ezquerro, A., Agen, F., Rodríguez-Arteche, I., & Ezquerro-Romano, I. (2022). Integrating Artificial Intelligence into Research on Emotions and Behaviors in Science Education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(4).
- Genc, H. N. & Kocak, N. (2024). Bibliometric analysis of studies on the artificial intelligence in science education with VOSviewer. *Journal of Education in Science, Environment and Health (JESEH)*, 10(4), 183-195. <https://doi.org/10.55549/jeseh.756>
- Gunawan, K. D. H., Liliarsari, L., Kaniawati, I., & Setiawan, W. (2021). Implementation of competency enhancement program for science teachers assisted by artificial intelligence in designing HOTS-based integrated science learning. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 7(1), 55-65.
- Heeg, D. M., & Avraamidou, L. (2023). The use of Artificial intelligence in school science: a systematic literature review. *Educational Media International*, 60(2), 125-150. <https://doi.org/10.1080/09523987.2023.2264990>
- Huang, X. (2022). Application of artificial intelligence APP in quality evaluation of primary school science education. *Educational Studies*, 50(6), 1215-1235. <https://doi.org/10.1080/03055698.2022.2066462>
- Işık, E., & Köse, M. (2024). Investigating the views of science teachers on augmented reality, artificial intelligence, the metaverse, and their applications in education. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 10(3), 241–258.
- Jia, F., Sun, D., & Looi, C. K. (2024). Artificial intelligence in science education (2013–2023): Research trends over a decade. *Journal of Science Education and Technology*, 33(1), 94–117. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10077-6>
- Karahan, E. (2023). Using video-elicitation focus group interviews to explore pre-service science teachers' views and reasoning on artificial intelligence. *International Journal of Science Education*, 45(15), 1283-1302. <https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2223491>
- Kerneža, M., & Zemljak, D. (2023). Science teachers' approach to contemporary assessment with a reading literacy emphasis. *Journal of Baltic Science Education*, 22(5), 851–864. <https://doi.org/10.33225/jbse/23.22.851>
- Kılınç, S. (2023). Embracing the future of distance science education: Opportunities and challenges of ChatGPT integration. *Journal of Educational Technology and Online Learning*, 6(4), 714–728.
- Kim, W. J. (2022). AI-integrated science teaching through facilitating epistemic discourse in the classroom. *Asia-Pacific Science Education*, 8(1), 9-42.
- Lee, J., An, T., Chu, H. E., Hong, H. G., & Martin, S. N. (2023). Improving science conceptual understanding and attitudes in elementary science classes through the development and application of a rule-based AI chatbot. *Asia-Pacific Science Education*, 9(2), 365–412.

- Ling, Y., Jin, Z., Li, Y., & Huang, J. (2022). Learner satisfaction-based research on the application of artificial intelligence science popularization kits. *Frontiers in Psychology*, 13, 901191. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.901191>
- Lopes, L. A. (2024). Creative challenge to stimulate student engagement in natural science education in distance learning. *Pedagogical Research*, 9(1), em0184. <https://doi.org/10.29333/pr/14054>
- Martin, S. N. (2023). Asia-Pacific Science Education (APSE): Can publishing become more equitable in the age of artificial intelligence? *Asia-Pacific Science Education*, 9(1), 1–8.
- Nguyen, H., & Hayward, J. (2024). Applying generative artificial intelligence to critiquing science assessments. *Journal of Science Education and Technology*, 1–16. <https://doi.org/10.1007/s10956-024-10177-x>
- Nja, C. O., Idiege, K. J., Uwe, U. E., Meremikwu, A. N., Ekon, E. E., Erim, C. M., ... & Cornelius-Ukpepi, B. U. (2023). Adoption of artificial intelligence in science teaching: From the vantage point of the African science teachers. *Smart Learning Environments*, 10(1), 42. <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00261-x>
- Oh, P. S., & Lee, G. G. (2024). Confronting imminent challenges in humane epistemic agency in science education: An interview with ChatGPT. *Science & Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00515-1>
- Okulu, H. Z., & Muslu, N. (2024). Designing a course for pre-service science teachers using ChatGPT: What ChatGPT brings to the table. *Interactive Learning Environments*, 32(10), 7450-7467. <https://doi.org/10.1080/10494820.2024.2322462>
- Park, J., Teo, T. W., Teo, A., et al. (2023). Integrating artificial intelligence into science lessons: Teachers' experiences and views. *International Journal of STEM Education*, 10, 61. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00454-3>
- Powell, W., & Courchesne, S. (2024). Opportunities and risks involved in using ChatGPT to create first grade science lesson plans. *PLOS ONE*, 19(6), e0305337. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0305337>
- Ramnarain, U., Ogegbo, A. A., Penn, M., Ojetunde, S., & Mdlalose, N. (2024). Pre-service science teachers' intention to use generative artificial intelligence in inquiry-based teaching. *Journal of Science Education and Technology*, 1–14.
- Sanca, M., Artun, H., & Okur, M. (2022). Fen eğitiminde bulanık mantık uygulamaları neden kullanılmalıdır? *Ulusal Eğitim Akademisi Dergisi (UEAD)*, 6(1), 130–144.
- Su, K. D. (2022). Implementation of innovative artificial intelligence cognitions with problem-based learning guided tasks to enhance students' performance in science. *Journal of Baltic Science Education*, 21(2), 245–257.
- Tang, K. S., & Cooper, G. (2025). The role of materiality in an era of generative artificial intelligence. *Science & Education*, 34(2), 731-746. <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00508-0>
- Tanjung, Y. I., & Fadillah, M. A. (2024). ChatGPT in Science Education: A Visualization Analysis of Trends and Future Directions. *JOIV: International Journal on Informatics Visualization*, 8(3-2), 1614-1624. <https://dx.doi.org/10.62527/joiv.8.3-2.2987>
- Verma, G., Campbell, T., Melville, W., & Park, B. Y. (2023). Navigating opportunities and challenges of artificial intelligence: ChatGPT and generative models in science teacher

- education. *Journal of Science Teacher Education*, 34(8), 793-798. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2023.2263251>
- Wang, J. T. H. (2023). Is the laboratory report dead? AI and ChatGPT. *Microbiology Australia*, 44, 144–148.
- Watters, J., Hill, A., Weinrich, M., Supalo, C., & Jiang, F. (2021). An artificial intelligence tool for accessible science education. *Journal of Science Education for Students with Disabilities*, 24(1), 1-14. <https://doi.org/10.16916/jesd.2021.0004>
- Wu, J. Y., & Tsai, C. C. (2022). Harnessing the power of promising technologies to transform science education: Prospects and challenges to promote adaptive epistemic beliefs in science learning. *International Journal of Science Education*, 44(2), 346–353.
- Wu, S. Y., & Yang, K. K. (2022). The effectiveness of teacher support for students' learning of artificial intelligence popular science activities. *Frontiers in Psychology*, 13, 868623.
- Yılmaz, A. (2024). Öğretmenlerin Fen Eğitiminde Yapay Zekâ, Transhümanizm Ve Yaratıcılık Uygulamalarını Kullanmalarının Güçlü Ve Zayıf Yönleri. *International Journal of Eurasia Social Sciences/Uluslararası Avrasya Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(55).
- Yorgancı, N., & Işık, N. (2019). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Genel Not Ortalamalarının Sınıflandırılmasında Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı. *21. Yüzyılda Eğitim ve Toplum*, 8(22), 143-159.
- Zhai, X. (2021). Practices and theories: How can machine learning assist in innovative assessment practices in science education. *Journal of Science Education and Technology*, 30, 139–149.
- Zhai, X., & Nehm, R. H. (2023). AI and formative assessment: The train has left the station. *Journal of Research in Science Teaching*, 60(6), 1390-1398. <https://doi.org/10.1002/tea.21885>
- Zhai, X., Yin, Y., Pellegrino, J. W., Haudek, K. C., & Shi, L. (2020). Applying machine learning in science assessment: a systematic review. *Studies in Science Education*, 56(1), 111-151. <https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1735757>
- Zulfiani, Z., Suwarna, I. P., & Miranto, S. (2018). Science education adaptive learning system as a computer-based science learning with learning style variations. *Journal of Baltic Science Education*, 17(4), 711–727. <https://doi.org/10.33225/jbse/18.17.711>

Research Article

Systematic Review of Studies on the Use of Artificial Intelligence in Science Education

Fen Bilimleri Eğitiminde Yapay Zekâ Kullanımıyla İlgili Yapılan Çalışmaların Sistematik Derlemesi

Fatoş BEYAZ ERKUT & Gülден GÜRSOY

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Artificial intelligence is a technological field that can differ and develop in all areas of our social interactions, and it affects and develops the field of education as an expected result of affecting our interactions (Akdeniz & Özdiñ, 2021). Thanks to artificial intelligence, students' work can be monitored and guided, and students can be supported with appropriate feedback (Mahmoud, 2020). Students' performances, the correct answers given during the process, the tasks performed and the time spent to complete these tasks can help us with the feedback given on their mistakes. If more than one student gives incorrect answers to the questions or does inappropriate work, this situation is reported to the teachers, who can change the process or evolve it in a different direction according to these errors (Alkanaa, 2022; Karsenti, 2019). Feedback can be given immediately after the mistake or after the tasks are completed. However, an educational activity can be provided that will improve and move forward (Murphy, 2019).

Methods

In this study, a systematic review method was adopted to examine studies on the use of AI in science education. A systematic literature review is a research method that enables generalization and synthesis by comprehensively reviewing existing studies in a specific research area. This approach has been demonstrated to yield more accurate results with reduced bias and error rates when compared to conventional literature reviews (Çetin et al., 2023; Page et al., 2021). Moreover, it is regarded as a significant research design in the field of science because it assesses the accumulation of scientific knowledge through a systematic approach and generates substantial evidence (Karaçam, 2023).

Results

When the distribution of the use of artificial intelligence in science education according to years is examined, it is seen that the lowest number of studies was in 2018 (n=2) and 2020 (n=1). In 2021 (n=5), 2022 (n=11), 2023 (n=18), and 2024 (n=23), the highest number of studies was reached. When examining the preferred key concepts of articles related to the use of AI in science education, it was determined that the dominant key concept was AI (n=49), followed by science education (n=20), science teachers (n=6), ChatGPT (n=5), and epistemology (n=3). A subsequent examination of the methodological distribution of the studies revealed that the most frequently employed method was review articles (n=24). Subsequent to this, qualitative methods (n=13), quantitative methods (n=13), and mixed methods (n=10) were employed.

The majority of the samples in the studies consisted of teacher candidates (n=34). Subsequent studies were conducted with a sample of students (n=29) and a sample of science teachers (n=32). The results of the studies demonstrated that there were two studies conducted with

science teachers and students together (n=2) and four studies conducted with ChatGPT (n=4). A variety of instruments were employed to amass data for research on the implementation of artificial intelligence in science education. A subsequent analysis of the data revealed that document review (n=19) emerged as the most preferred data collection tool. A subsequent analysis of the data collection tools utilized in the study revealed that the most prevalent instruments were interviews and forms (n = 13), followed by surveys (n = 12), ChatGPT (n = 10), tests (n = 3), scales (n = 2), and rubrics (n = 1). A review of the distribution of data analysis tools used in the studies reviewed reveals a clear preference for statistical analysis programs (n=19). This phenomenon is particularly evident in studies that employ a combination of quantitative and qualitative research methods. The findings of the aforementioned studies indicated that SPSS software was the most prevalent software utilized in statistical analysis processes. The analysis techniques employed in this study include correlation analysis (Alkanaa, 2022; Nja et al., 2023), ANOVA (Su, 2022), regression analysis (Ling et al., 2022), and dependent groups t-test (Wu & Yang, 2022). A survey of the extant literature reveals that the majority of studies are disseminated through the Web of Science database (n=29). An examination of the underlying causes reveals that the WoS database contains significant search indexes. The following databases were analyzed: ERIC (n=10), Google Scholar (n=9), Scopus (n=9), ProQuest (n=1), ScienceDirect (n=2), and TR Dizin (n=1).

Discussion and Conclusion

The literature review reveals seven major trends in AI applications for science education. First, publication volume shows steady growth (120% increase from 2021 to 2022), mirroring broader AI-in-education trends (Akhmadieva et al., 2023; Talan, 2021). This surge aligns with technological advancements and educational digitalization (Genç & Koçak, 2024). "AI" emerged as the dominant keyword (n=49), consistent with Arıcı's (2024) WoS analysis. While global studies reflect this trend (420% keyword growth per Elsevier, 2023), Turkish research predominantly addresses generic AI concepts (65%), neglecting specialized subfields like NLP or automated assessment. Methodologically, review papers dominate (n=24), particularly bibliometric analyses and systematic reviews. Sample groups focus heavily on pre-service teachers and students due to accessibility, examining attitudes (Lee et al., 2023), motivation (Ling et al., 2022), and AI awareness (Alkanaa, 2022). Notably, ChatGPT appears both as a research subject and a tool (Oh & Lee, 2024). Data collection emphasizes document analysis (n=19) and qualitative methods (n=13), underscoring pedagogical exploration (Pedaste & Leijen, 2024). Quantitative surveys (n=12) gauge learning outcomes, while AI tools like ChatGPT (n=10) serve as novel data sources-though ethical and reliability concerns persist (Zawacki-Richter et al., 2019). Thematic content analysis prevails, suited to process-oriented inquiries (Çam et al., 2021). Qualitative dominance reflects the field's exploratory phase and review-heavy sample. Database analysis identifies WoS as the primary source (n=29), attributed to its rigorous indexing (SCIE/SSCI), impact factor thresholds, and multidisciplinary coverage (Jia et al., 2023).

Collectively, findings highlight AI's potential to transform science education while revealing gaps in specialized research and ethical frameworks. The field shows maturation through methodological diversity but requires deeper engagement with AI subdomains and practitioner perspectives.