

Fen Bilimleri Öğretmenlerine Yönelik Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeğinin Geliştirilmesi: Geçerlik ve Güvenirlik Çalışması

Elif ÖZDEMİR^{1*}  Esra BENLİ ÖZDEMİR² 

^{1*} Milli Eğitim Bakanlığı, Türkiye

² Gazi Üniversitesi, Türkiye

Makale Bilgisi

Makale Geçmişi

Geliş Tarihi: 10.08.2025

Kabul Tarihi: 25.10.2025

Yayın Tarihi: 30.10.2025

Anahtar Kelimeler:

Yapay zekâ,
Farkındalık,
Fen bilimleri öğretmenleri,
Ölçek geliştirme,
Geçerlik,
Güvenirlik.

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, fen bilimleri öğretmenlerinin yapay zekâ farkındalık düzeylerini ölçmeye yönelik geçerli ve güvenilir bir ölçme aracı geliştirmektir. Araştırmada nicel araştırma yöntemlerinden tarama modeli kullanılmıştır. Ölçek geliştirme aşamasında ilgili alanyazın incelenerek Likert tipi 72 maddeden oluşan bir madde havuzu hazırlanmıştır. Ölçeğin kapsam geçerliliğini sağlamak amacıyla uzman görüşleri alınmış ve bu görüşler doğrultusunda madde sayısı 50'ye indirilmiştir. Araştırmanın çalışma grupları, 2024-2025 eğitim-öğretim yılında Türkiye'nin çeşitli illerinde görev yapan 852 Fen Bilimleri öğretmeninden oluşmaktadır. Ölçeğin yapı geçerliliğini incelemek üzere Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA) ve Doğrulamalı Faktör Analizi (DFA) yöntemlerinden yararlanılmıştır. Analizler, iki farklı çalışma grubundan elde edilen veriler üzerinden yürütülmüştür. Çalışma grubunda AFA için 301, DFA için ise 551 katılımcı yer almıştır. Verilerin AFA için uygunluğunu belirlemek amacıyla gerçekleştirilen analizlerde Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) değeri .896, Bartlett küresellik testi sonucu ise $\chi^2 = 6310.967$, $p < .001$ olarak bulunmuştur. Yapılan AFA analizi sonucuna göre ölçek; "Yapay Zekâ Bilgi ve Pedagojik Uygulama Farkındalığı", "Yapay Zekâ Kullanımında Etik Farkındalık", "Yapay Zekâya Yönelik Risk Algısı ve Endişeler", "Yapay Zekânın Öğrenci Becerilerine Katkısı" ve "Yapay Zekâya Yönelik Tutum ve Kabul" olarak adlandırılan beş faktör içermektedir. Ölçeğin açıkladığı toplam varyans %67,474 ve iç tutarlılık (alpha) ölçümü 0,867'dir. AFA sonucunda ölçeğin beş faktörden oluştuğu ve toplam 34 madde içerdiği belirlenmiştir. DFA sonuçları, modelin iyi düzeyde uyum sağladığını ortaya koymuştur. Model uyum indeksleri incelendiğinde; CMIN/df = 4,212, GFI = .931, AGFI = .850, RMR = .034, NFI = .907, TLI = .902, CFI = .911 olarak elde edilmiştir. Bu değerler, ölçeğin yapı geçerliğinin yeterli düzeyde olduğunu ve önerilen modeli doğruladığını göstermektedir. Nihai olarak "Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeği"nin 5 faktör ve 29 maddeden oluşmaktadır. Elde edilen bulgular, geliştirilen Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeği'nin, fen bilimleri öğretmenlerinin YZ'ye ilişkin farkındalık düzeylerini geçerli ve güvenilir bir şekilde ölçebilecek nitelikte olduğunu göstermektedir.

Development Of An Artificial Intelligence Awareness Scale For Science Teachers: A Validity and Reliability Study

Article Info

Article History

Received: 10.08.2025

Accepted: 25.10.2025

Published: 30.10.2025

Keywords:

Artificial intelligence,
Awareness,
Science teachers,
Scale development,
Validity,
Reliability.

ABSTRACT

The aim of this study is to develop a valid and reliable measurement instrument to assess science teachers' awareness levels of artificial intelligence (AI). The research employed a survey design, which is one of the quantitative research methods. During the scale development process, the related literature was reviewed, and a Likert-type item pool consisting of 72 items was generated. To ensure content validity, expert opinions were obtained, and based on their feedback, the number of items was reduced to 50. The study group consisted of 852 science teachers working in various provinces of Türkiye during the 2024–2025 academic year. To examine the construct validity of the scale, both Exploratory Factor Analysis (EFA) and Confirmatory Factor Analysis (CFA) were conducted using data collected from two different samples. The EFA was performed with data from 301 participants, while the CFA included 551 participants. Preliminary analyses to determine the suitability of the data for factor analysis yielded a Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) value of .896 and a Bartlett's test of sphericity result of $\chi^2 = 6310.967$, $p < .001$. The EFA results revealed that the scale consisted of five factors titled "Awareness of AI Knowledge and Pedagogical Application," "Ethical Awareness in AI Use," "Perceived Risks and Concerns Regarding AI," "Contribution of AI to Students' Skills," and "Attitude and Acceptance Toward AI." These five factors together explained 67.474% of the total variance, and the internal consistency coefficient (Cronbach's alpha) was .867. Following the EFA, the scale was determined to include 34 items. The CFA results demonstrated that the model exhibited a good level of fit, with the following indices: CMIN/df = 4.212, GFI = .931, AGFI = .850, RMR = .034, NFI = .907, TLI = .902, and CFI = .911. These values indicate that the construct validity of the scale was satisfactory and that the proposed model was confirmed. In its final form, the Artificial Intelligence Awareness Scale (AIAS) consists of five factors and 29 items. The findings indicate that the developed AI Awareness Scale is a valid and reliable instrument for measuring science teachers' awareness levels regarding artificial intelligence.

To cite this article:

Özdemir, E., & Benli Özdemir, E. (2025). Fen Bilimleri Öğretmenlerine Yönelik Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeğinin Geliştirilmesi: Geçerlik ve Güvenirlik Çalışması. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Ereğli Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(Özel sayı), 117- 141. <https://doi.org/10.51119/ereegf.2025.140>

*Sorumlu Yazar: Elif Özdemir, elifozdemir1987@gmail.com

GİRİŞ

Günümüz küresel teknolojik dönüşümünün merkezi unsurlarından biri olan yapay zekâ (YZ), öğrenme, problem çözme, örüntü tanıma, karar verme ve dil işleme gibi geleneksel olarak insana özgü kabul edilen bilişsel yetileri taklit eden veya otonom olarak icra eden sistemler bütünü olarak tanımlanmaktadır (Russell & Norvig, 2021). Günümüzde yapay zekâ; sağlık hizmetleri, ulaşım, finans ve üretim gibi çeşitli sektörlerde köklü bir dönüşüme yol açmakta; bu süreçte çalışma verimliliğini artırmakta, maliyetlerin düşürülmesine imkân tanımakta ve daha önce mümkün görülmeyen inovasyonlara zemin hazırlamaktadır (Brynjolfsson & McAfee, 2014). Bu hızlı ilerleme, YZ'yi sadece bir teknolojik araç olmaktan çıkarıp, ekonomik büyüme, toplumsal gelişim ve ulusal güvenlik açısından stratejik bir öneme sahip kılmaktadır. Dünya Ekonomik Forumu (WEF) gibi kuruluşlar, YZ'nin işgücü piyasalarını, ekonomik yapıları ve sosyal ilişkileri derinden etkileyeceğini, bu nedenle ulusların YZ yetkinliklerini geliştirmesinin hayati olduğunu vurgulamaktadır (WEF, 2023). Ülkeler, YZ stratejileri oluşturarak Ar-Ge yatırımlarını artırmakta, nitelikli insan gücü yetiştirmeyi hedeflemekte ve YZ'nin etik boyutlarını düzenlemeye yönelik çalışmalar yapmaktadır. Bu geniş kapsamlı etkileşim, bireylerin ve toplumların YZ'yi temel düzeyde anlamasını, eleştirel bir bakış açısıyla değerlendirmesini ve bu teknolojiyle sorumlu bir şekilde etkileşim kurmasını zorunlu hale getirmektedir (Long & Magerko, 2020).

YZ'nin dönüştürücü gücü, eğitim sistemlerini de kaçınılmaz olarak etkilemekte, öğrenme-öğretme süreçlerinde paradigmanın değişmesine yol açan yeni fırsatlar ve zorluklar sunmaktadır (OECD, 2021; UNESCO, 2022). YZ'nin eğitim alanındaki uygulamaları giderek çeşitlenmekte ve derinleşmektedir. Bu uygulamalar arasında öğrencilerin bireysel öğrenme hızlarına ve stillerine göre kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimleri sunan akıllı öğretim sistemleri; öğrenci performansını, etkileşimlerini ve öğrenme alışkanlıklarını analiz ederek erken uyarı sistemleri sağlayan öğrenme analitikleri; eğitimsel içerik üretimini destekleyen, müfredat uyarlamaları yapan ve ödev değerlendirmeleri gerçekleştiren araçlar; ayrıca öğretmenlerin idari yükünü azaltmaya yönelik otomasyonlar yer almaktadır (Zawacki-Richter vd., 2019; Chen vd., 2020). Yapay zekâ destekli sanal gerçeklik (VR) ve artırılmış gerçeklik (AR) uygulamaları, karmaşık kavramların görselleştirilmesine ve yüksek düzeyde etkileşim sunan sürükleyici öğrenme ortamlarının oluşturulmasına imkân sağlamaktadır. Bu teknolojiler, öğrencilerin problem çözme, eleştirel düşünme, yaratıcılık ve dijital okuryazarlık gibi 21. yüzyıl becerilerini geliştirme potansiyeline sahip olmakla birlikte; veri gizliliği ve güvenliği, algoritmik önyargılar, dijital eşitsizlikler ve özellikle öğretmenlerin bu dönüşüm sürecindeki merkezi rollerinin yeniden tanımlanması gerekliliği gibi önemli etik ve pedagojik tartışmaları da gündeme getirmektedir (Holmes vd., 2022; Luckin vd., 2016).

Eğitimde yapay zekâ (YZ) entegrasyonunun başarısı, büyük ölçüde öğretmenlerin YZ'ye yönelik bilgi, beceri ve tutumlarına bağlıdır. Öğretmenler, YZ'yi derslerine entegre eden, öğrencilere YZ okuryazarlığı kazandıran ve bu teknolojinin etik boyutları hakkında rehberlik eden anahtar aktörlerdir (Tripathi vd., 2025; Tenberga & Daniela, 2024). Dolayısıyla, öğretmenlerin YZ'nin pedagojik potansiyelini anlamaları, etik boyutlarını kavramaları, kendi ders alanlarına özgü YZ uygulamalarını bilmeleri ve bu teknolojiyi etkili bir şekilde kullanabilmeleri, çağdaş eğitimin temel gerekliliklerinden biri haline gelmiştir. Bu durum, öğretmenlerin YZ'ye yönelik farkındalık düzeylerini anlamayı ve geliştirmeyi öncelikli bir araştırma alanı yapmaktadır.

Fen bilimleri eğitimi, doğası gereği sorgulama, keşif, eleştirel düşünme, problem çözme, veri analizi, modelleme ve bilimsel argümantasyon gibi becerileri ön plana çıkarır. Bu özellikleri nedeniyle YZ teknolojilerinin entegrasyonu için özellikle uygun ve verimli bir alan olarak görülmektedir (Lin vd., 2023). YZ, fen bilimleri eğitimine özgü birçok fırsat sunmaktadır. Bunlardan biri, YZ tabanlı simülasyonlar ve sanal laboratuvarlar, öğrencilere pahalı veya tehlikeli deneyleri güvenli bir ortamda

gerçekleştirme, değişkenleri manipüle etme ve sonuçları anında gözlemleme imkânı sunar (Li vd., 2022). Bu sayede öğrenciler, gerçek laboratuvar koşullarında mümkün olmayan karmaşık deneyleri tekrarlayabilir ve kavramsal anlamalarını derinleştirebilir. YZ, özellikle büyük ve karmaşık veri kümelerinin analizinde (örneğin, iklim verileri, astronomik gözlemler, genetik dizilimler) öğrencilere güçlü araçlar sağlar. Bu sayede öğrenciler, gerçek bilim insanları gibi veri toplama, yorumlama ve çıkarım yapma süreçlerine dâhil olabilirler. Ayrıca, YZ destekli modelleme araçları, öğrencilerin karmaşık bilimsel olguları görselleştirmelerine ve açıklayıcı modeller oluşturmalarına yardımcı olmaktadır (Knight & Faggella-Luby, 2024). Ayrıca, bazı YZ sistemleri, fen bilimleri konularındaki öğrenci güçlüklerini tespit ederek bireyselleştirilmiş geri bildirim ve ek kaynaklar sunabilir. Örneğin, bir öğrencinin bir kimya tepkimesini anlamakta zorlandığını tespit eden bir YZ sistemi, ona özel alıştırmalar veya açıklamalar sağlayabilir (Guo vd., 2024). Bu tür uygulamalar, öğrencilerin kendi öğrenme süreçlerini daha etkili yönetmelerini desteklerken, öğretmenlerin de sınıf içi yönlendirmelerinde bilgiye dayalı kararlar almasına olanak tanır. YZ, fen bilimleri müfredatına entegre edildiğinde, öğrencilerin sadece bilimsel bilgi edinmesini değil, aynı zamanda YZ'nin bilimsel araştırmalardaki rolünü, potansiyelini ve sınırlılıklarını anlamalarını sağlar. Bu, öğrencilerin gelecekte karşılaşacakları teknoloji odaklı dünyada bilimsel ve teknolojik okuryazarlıklarını artırır (Casal-Otero vd., 2023).

Bu potansiyellerin tam olarak hayata geçirilmesi, fen bilimleri öğretmenlerinin YZ'ye yönelik güçlü bir farkındalık düzeyine sahip olmalarına bağlıdır. Öğretmenlerin, YZ'nin sunduğu araçları ve yöntemleri tanımaları, bunları kendi disiplinlerinin özgün ihtiyaçlarına göre uyarlayabilmeleri, öğrencilerini YZ etiği ve okuryazarlığı konusunda eğitebilmeleri gerekmektedir. Bu bağlamda, öğretmenlerin YZ farkındalık düzeylerini anlamak kritik bir öneme sahiptir. Literatürde, öğretmenlerin genel olarak YZ'ye yönelik tutumları, algıları ve farkındalık düzeylerini inceleyen çalışmalar bulunmakla birlikte (örneğin, Kim & Lee, 2023; Talan vd., 2023), fen bilimleri öğretmenlerinin YZ farkındalıklarına odaklanan ve bu alana özgü pedagojik ihtiyaçları dikkate alan çalışmaların sayısı her geçen gün artmaktadır. Son yıllarda Türkiye'de fen bilimleri öğretmenleri ve/veya fen eğitimi bağlamında yapay zekâ kullanımına, farkındalığına ve entegrasyonuna ilişkin çeşitli çalışmalar yayımlanmıştır (Işık, 2024; Erkoç, 2023; Çolak Yazıcı & Erkoç, 2023; Durukan & Altun, 2024; Yılmaz, 2024). Nitel çalışmalarda, fen öğretmenlerinin artırılmış gerçeklik, metaverse ve yapay zekâ gibi yakın teknoloji kavramlarına ilişkin bilgi ve uygulama düzeylerinin sınırlı olduğu; bu teknolojilere yönelik hem olumlu hem de kuşku dolu algıların birlikte bulunduğu raporlanmıştır (Işık, 2024). Uzaktan eğitim dönemiyle birlikte fen bilimleri öğretmenlerinin YZ uygulamalarına yönelik deneyimlerinin arttığı; ancak öğretmenlerin YZ kavramı ile “YZ destekli uygulama”yı ayırt etmede kavram yanılgılarına sahip oldukları gözlemlenmiştir (Erkoç, 2023). Ayrıca, Kimya, Fizik, Biyoloji ve Fen Bilimleri branşlarını kapsayan bir çalışmada öğretmenlerin büyük çoğunluğu (% 90,2) YZ kullanımını faydalı bulurken, ancak % 41,2'si bu teknolojiyi kullanmamayı beceri eksikliğine bağlamıştır (Çolak Yazıcı & Erkoç, 2023). Fen eğitiminde öğretim materyali olarak üretken yapay zekâ kullanımını inceleyen güncel bir çalışma, ChatGPT gibi modellerin fen konularında ders materyali üretimi açısından potansiyel taşıdığını ancak öğretmenlerin pedagojik yeterlikleri ve sınıf bağlamı uyarlamaları konusunda desteğe ihtiyaç duyduğunu göstermiştir (Durukan & Altun, 2024). Türkiye çalışmalarının nicel verileri de öğretmenlerin YZ'yi faydalı bulduklarını ancak uygulama becerisi ve pedagojik uyarlama konusunda desteğe ihtiyaç duyduklarını ortaya koymaktadır (Yılmaz, 2024). Bu alanda yayımlanan sistematik derlemeler, fen eğitiminde YZ uygulamalarının öğrenci başarısını olumlu etkilediğini öne sürerken, bu çalışmaların çoğunun genel eğitim bağlamında ele alındığını; fen bilimleri öğretmenlerine yönelik çok boyutlu farkındalık ölçeklerinin hâlâ eksik olduğunu vurgulamaktadır (Durukan & Altun, 2024). Bu nedenle, fen bilimleri öğretmenlerinin YZ farkındalık düzeylerini disipline özgü boyutlarıyla ölçebilecek bir ölçek geliştirmek, literatürdeki bu boşluğu doldurmak adına büyük önem taşımaktadır.

Mevcut çalışmalar genellikle YZ'nin genel algı veya tutum boyutlarına değinmekte, ancak fen bilimleri müfredatının özel gerekliliklerini ve öğretmenlerin bu disiplindeki YZ entegrasyonu konusundaki yeterliliklerini tam olarak yansıtan kapsamlı bir ölçme aracı sunmamaktadır. Fen bilimleri öğretmenleri, diğer branş öğretmenlerinden farklı olarak doğrudan deney, gözlem, ölçme, modelleme ve veri analizi süreçleriyle iç içe bir öğretim pratiğine sahiptir. Bu durum, onların YZ tabanlı araçları kullanma ve ders süreçlerine entegre etme potansiyellerini artırmaktadır. Örneğin, bir edebiyat öğretmeni için YZ daha çok dil işleme, metin analizi veya içerik üretimi boyutunda işlev görürken; fen bilimleri öğretmenleri için YZ, deneysel süreçlerin simülasyonu, laboratuvar güvenliği, hipotez testleri, karmaşık veri kümelerinin incelenmesi ve bilimsel modellerin geliştirilmesi gibi doğrudan fen eğitime özgü alanlarda kritik rol üstlenmektedir. Ayrıca fen bilimleri öğretmenleri, öğrencilere yalnızca bilgi aktarmakla kalmayıp bilimsel yöntem, deneysel düşünme ve veri temelli karar verme becerilerini de kazandırdıkları için, YZ entegrasyonu onların pedagojik rollerinde daha belirleyici bir yere sahiptir. Bu özgün ihtiyaçlar ve farklılıklar, fen bilimleri öğretmenlerine yönelik özel bir farkındalık ölçeği geliştirilmesini gerekli kılmaktadır.

Bu doğrultuda, araştırmanın temel amacı, fen bilimleri öğretmenlerinin yapay zekâya ilişkin farkındalık düzeylerini ölçebilecek geçerli ve güvenilir bir ölçme aracı geliştirmektir. Bu temel amaca ulaşmak için şu problem cümlesi ortaya konmuştur: "Fen bilimleri öğretmenlerinin yapay zekâya yönelik farkındalık düzeylerini ölçmeye yönelik geçerli ve güvenilir bir ölçme aracı geliştirilebilir mi?" Geliştirilecek bu ölçeğin, fen bilimleri öğretmenlerinin YZ farkındalık profillerini ortaya koyarak, onların mesleki gelişim ihtiyaçlarına yönelik kanıta dayalı programların tasarlanmasına, YZ'nin fen eğitime entegrasyonu konusunda yapılacak gelecekteki araştırmalara temel oluşturmaya ve eğitim politikalarının şekillendirilmesine önemli katkılar sağlaması hedeflenmektedir. Bu ölçek, aynı zamanda, fen bilimleri öğretmenlerinin YZ'ye ilişkin bilgi düzeyleri, uygulamaya yönelik algıları, potansiyel zorluklara ilişkin farkındalıkları ve etik kaygıları gibi çok boyutlu bir yapıyı ortaya koyarak, alana özgü detaylı analizlerin yapılabilmesine imkân tanıyacaktır.

YÖNTEM

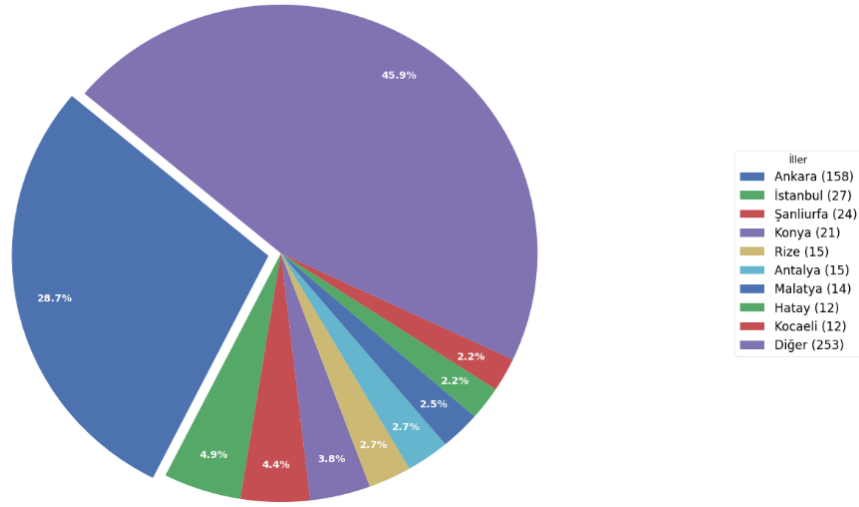
Bu çalışmada, Fen Bilimleri öğretmenlerinin yapay zekâ farkındalık düzeylerini belirlemeye yönelik geçerli ve güvenilir bir ölçme aracı geliştirilmesi amaçlanmıştır. "Fen Bilimleri Öğretmenlerine Yönelik Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeği"nin geliştirilme süreci ile çalışma grubunun özellikleri aşağıda ayrıntılı olarak sunulmaktadır.

Çalışma Grubu

Araştırmanın verileri; AFA (Açıklayıcı Faktör Analizi) için 301, DFA (Doğrulayıcı Faktör Analizi) için 551 olmak üzere, 2024-2025 eğitim-öğretim yılında Türkiye'nin farklı illerinde görev yapmakta olan Fen Bilimleri öğretmenlerinden ulaşılabilir örnekleme yöntemi ile elde edilmiştir. Ulaşılabilir örnekleme, araştırmacının erişimi kolay, gönüllü ya da hali hazırda ulaşılabilir bireylerden oluşan örneklem grubunu ifade etmektedir (Büyüköztürk, 2021). Bu yaklaşım, veri toplama sürecinde pratiklik ve erişilebilirlik sağlamakla birlikte, seçkisiz (random) bir örnekleme yöntemi olmaması nedeniyle bulguların genellenebilirliği üzerinde sınırlılıklar taşımaktadır. Bununla birlikte, çalışma grubunda yer alan öğretmenlerin Türkiye'nin farklı bölgelerinden ve toplamda 61 ilden katılım sağlamış olması, örneklemin çeşitliliğini artırmış ve ölçeğin farklı bağlamlarda denenmesine olanak tanımıştır. Dolayısıyla araştırma sonuçlarının tüm Fen Bilimleri öğretmenlerine doğrudan genellenmesi mümkün olmasa da, elde edilen bulguların genel eğilimleri yansıtmaya ve ölçeğin geçerlik ve güvenilirlik kanıtlarını destekleme açısından önemli katkılar sunduğu söylenebilir. Çalışma grubunda yer alan öğretmenlerin illere göre dağılımı Grafik 1'de sunulmuştur.

Grafik 1*Çalışma Grubunun İllere Göre Dağılımı*

İllere Göre Görev Dağılımı (Top 9 ve Diğerleri)



Çalışma grubunda yer alan öğretmenlerin diğer demografik bilgileri Tablo1’ de gösterilmiştir.

Tablo 1

Fen Bilimleri Öğretmenlerine Yönelik Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeği Çalışma Grubunun Demografik Bilgileri

Değişken	Alt Kategori	N	%
AFA	Cinsiyet		
	Kadın	210	69,8
	Erkek	91	30,2
	Okul Türü		
	Devlet Okulu	245	81,4
	Özel Okul	56	18,6
	Mesleki Deneyim Yılı		
	0-5 yıl	49	16,3
	6-10 yıl	53	17,6
	11-15 yıl	70	23,3
	16-20 yıl	92	30,6
	21 yıl ve üzeri	37	12,3
	Toplam	301	100,0
DFA	Cinsiyet		
	Kadın	374	67,9
	Erkek	177	32,1
	Okul Türü		
	Devlet Okulu	450	81,7
	Özel Okul	101	18,3
	Mesleki Deneyim Yılı		
	0-5 yıl	81	14,7
	6-10 yıl	126	22,9
	11-15 yıl	169	30,7
	16-20 yıl	80	14,5
	21 yıl ve üzeri	95	17,2
	Toplam	551	100,0

Tablo 1 incelendiğinde, AFA için belirlenen çalışma grubunda bulunan öğretmenlerin %69,8'inin kadın (n=210), %30,2'sinin ise erkek (n=91) olduğu; %81,4'ünün devlet okulunda (n=245), %18,6'sının ise (n=56) özel okulda görev yaptığı; %16,3'ünün 0-5 yıl (n=49), %17,6'sının 6-10 yıl (n=53), %23,3'ünün 11-15 yıl (n=70), %30,6'sının 16-20 yıl (n=92), %12,3'ünün ise 21 yıl ve üzeri (n=37) mesleki deneyiminin olduğu görülmektedir.

DFA için belirlenen çalışma grubunda bulunan öğretmenlerin %67,9'unun kadın (n=374), %32,1'inin ise erkek (n=177) olduğu; %81,7'sinin devlet okulunda (n=450), %18,3'ünün ise (n=101) özel okulda görev yaptığı; %14,7'sinin 0-5 yıl (n=81), %22,9'unun 6-10 yıl (n=126), %30,7'sinin 11-15 yıl (n=169), %14,5'inin 16-20 yıl (n=80), %17,2'sinin ise 21 yıl ve üzeri (n=95) mesleki deneyiminin olduğu görülmektedir.

Ölçek Geliştirme Süreci

Fen Bilimleri öğretmenlerinin “Yapay Zekâya Yönelik Farkındalık Ölçeği” geliştirmek için öncelikle “yapay zekâ farkındalığı” ile ilgili literatür taraması yapılmıştır. Alan yazın incelenerek YZ farkındalığını temsil edecek kavramsal boyutlara ilişkin ölçekte kullanılabilecek ifadeler araştırılmıştır. Yapay zekâ farkındalık ölçeğinin geliştirilme sürecinde, öncelikle 72 maddeden oluşan bir madde havuzu oluşturulmuştur. Kapsam geçerliliğini sağlamak amacıyla uzman görüşlerine başvurulmuş ve bu doğrultuda madde sayısı 50'ye indirilmiştir. Ölçek maddeleri hazırlanırken, yapay zekâya ilişkin kuramsal çerçeve ile yapay zekâ farkındalığının alt boyutları (bilgi ve pedagojik uygulama, etik, risk algısı ve endişeler, öğrenci becerilerine katkı, tutum ve kabul) dikkate alınmıştır. Böylece, söz konusu alt boyutlara uygun şekilde yapılandırılmış 50 maddelik bir madde havuzu elde edilmiştir.

Ölçme ve değerlendirme uzmanı ile Fen Bilimleri ve Türkçe alan uzmanlarının değerlendirmeleri doğrultusunda ölçek maddeleri yeniden düzenlenmiştir. Maddelerin 43'ü olumlu, 7'si ise olumsuz yönde ifade edilmiştir. Beşli Likert tipi derecelendirme kullanılarak hazırlanan maddeler, *Kesinlikle Katılıyorum* (5), *Katılıyorum* (4), *Orta Düzeyde Katılıyorum* (3), *Katılmıyorum* (2) ve *Kesinlikle Katılmıyorum* (1) seçeneklerinden oluşmaktadır. Ölçekte yer alan maddelerin 14'ü bilgi ve pedagojik uygulama alt boyutunu, 10'u etik alt boyutunu, 7'si risk algısı ve endişeler alt boyutunu, 8'i öğrenci becerilerine katkı alt boyutunu ve 11'i ise tutum ve kabul alt boyutunu ölçmeye yöneliktir.

Yapay Zekâ Bilgi ve Pedagojik Uygulama Farkındalığı boyutu maddeleri: 1, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 26, 46, 47

Yapay Zekâ Kullanımında Etik Farkındalık boyutu maddeleri: 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45

Yapay Zekâya Yönelik Risk Algısı ve Endişeler boyutu maddeleri: 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35

Yapay Zekânın Öğrenci Becerilerine Katkısı boyutu maddeleri: 6, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28

Yapay Zekâya Yönelik Tutum ve Kabul boyutu maddeleri: 2, 3, 4, 5, 9, 10, 7, 8, 48, 49, 50

Ölçekte yer alan 29., 30., 31., 32., 33., 34. ve 35. maddeler olumsuz ifadelerden oluşmakta olup, bu maddeler değerlendirme sürecinde ters puanlama yöntemiyle analiz edilmiştir.

Verilerin Toplanması

Veriler, Google form aracılığıyla ulaşılabilir örnekleme yöntemi ile Türkiye' nin çeşitli illerinde (toplam 61 il) devlet okulu ya da özel okullarda görev yapan Fen Bilimleri öğretmenlerinden elde edilmiştir. Araştırmada ulaşılabilir (convenience) örnekleme yöntemi kullanılmıştır (Creswell & Creswell, 2018). Yaklaşık iki ay süren veri toplama aşamasında, çalışma grupları farklı olmak üzere AFA için 301 katılımcıya, DFA için ise 551 katılımcıya ulaşılmıştır. Veriler, Google Form aracılığıyla

ulaşılabilir örnekleme yöntemi kullanılarak Türkiye'nin çeşitli illerinde (toplam 61 il) devlet ya da özel okullarda görev yapan Fen Bilimleri öğretmenlerinden elde edilmiştir. Creswell ve Creswell'e (2018) göre ulaşılabilir (convenience) örnekleme, araştırmacının kolaylıkla erişebildiği katılımcılardan veri toplamaya dayanan bir stratejidir; zaman ve maliyet açısından avantaj sağlar ve veri toplama sürecini pratik hâle getirir. Yaklaşık iki ay süren veri toplama sürecinde, AFA için 301, DFA için ise 551 katılımcıya ulaşılmıştır. Bununla birlikte, verilerin çevrimiçi ortamda Google Form aracılığıyla toplanmış olması bazı metodolojik sınırlılıklar barındırmaktadır. Özellikle, teknolojiye daha yatkın ve çevrimiçi formları doldurmaya istekli öğretmenlerin çalışmaya katılma olasılığı daha yüksek olabilir. Bu durum, örnekleme teknoloji kullanımına mesafeli öğretmenlerin görece daha az temsil edilmesine yol açabileceğinden, sonuçların genellenebilirliği üzerinde kısmi bir önyargı oluşturabilir. Ancak buna rağmen, farklı coğrafi bölgelerden ve çok sayıda ilden katılım sağlanmış olması, örneklemin çeşitliliğini artırmış ve araştırmanın güvenilirliğini desteklemiştir.

Verilerin Analizi

Fen Bilimleri Öğretmenlerine Yönelik Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeği'nin geçerlik çalışmaları, yapı ve kapsam geçerliklerinin incelenmesiyle gerçekleştirilmiştir. Kapsam geçerliğini sağlamak amacıyla üç uzmandan görüş alınmıştır. Bu uzmanlardan biri ölçme ve değerlendirme alanında, biri fen eğitimi alanında, biri ise eğitim teknolojileri ve yapay zekâ uygulamaları alanında uzmanlaşmıştır. Böylece ölçeğin hem ölçme-değerlendirme boyutunda bilimsel geçerlik, hem fen eğitiminin pedagojik ihtiyaçlarıyla uyumluluk, hem de yapay zekâ teknolojilerinin eğitim bağlamındaki kullanımı açısından uygunluk sağlanmıştır. Uzmanların seçiminde, ilgili alanlarda akademik yetkinlik, alan deneyimi ve ölçek geliştirme çalışmalarına katkı geçmişi gibi ölçütler dikkate alınmıştır. Uzmanlardan, madde içeriklerinin fen bilimleri bağlamında uygunluğu, kavramsal bütünlük, dil-anlatım açıklığı ve ölçülecek yapıya katkı derecesi konusunda geri bildirim alınmış, öneriler doğrultusunda gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Ölçeğin yapı geçerliği ise Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA) ve Doğrulamalı Faktör Analizi (DFA) ile değerlendirilmiştir. Veri toplama süreci iki aşamada yürütülmüştür. İlk aşamada, 301 katılımcıdan elde edilen veriler üzerinde AFA uygulanmıştır. İkinci aşamada ise 551 katılımcıdan toplanan veriler DFA için kullanılmıştır. Analizlerde AFA için IBM SPSS 27, DFA için ise AMOS yazılımı tercih edilmiştir.

BULGULAR

Fen Bilimleri Öğretmenlerine Yönelik Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeği'ne ilişkin geçerlik ve güvenilirlik analizlerinden elde edilen bulgular, Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA) ve Doğrulamalı Faktör Analizi (DFA) başlıkları altında sunulmuştur.

Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA)

Bryman ve Cramer'ın (2001) belirttiği üzere, ölçek geliştirme sürecinde faktör analizi uygulanabilmesi için çalışma grubunun büyüklüğünün, madde sayısının 5 ila 10 katı arasında olması önerilmektedir. Bu ölçüt dikkate alınarak yürütülen bu çalışmada, 301 katılımcıdan elde edilen veriler, örneklem büyüklüğünün faktör analizi için yeterli olduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda, geliştirilen ölçeğin faktör yapısını belirlemek amacıyla Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA) yapılmıştır. Ölçek verilerinin faktör analizine uygunluğu, Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) katsayısı ve Bartlett küresellik testi ile incelenmiş; analiz sonucunda KMO değeri .896 olarak tespit edilmiştir. Field (2005), faktör analizinin gerçekleştirilebilmesi için KMO değerinin en az .60 olması gerektiğini belirtmektedir. Bu bağlamda elde edilen .896'lık KMO değeri, verilerin faktör analizine uygunluk açısından oldukça yeterli olduğunu göstermektedir. Ayrıca Bartlett Sphericity testi sonuçları da ($\chi^2 = 6310.967$, $df = 561$, $p < .01$) verilerin faktör analizi için anlamlı ve uygun bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

50 maddelik ölçeğe ilişkin Açımlayıcı Faktör Analizi (AFA) sonuçları incelendiğinde, özdeğeri 1'in üzerinde olan sekiz faktörün ortaya çıktığı belirlenmiştir. Bu sekiz faktör, toplam varyansın %67,474'ünü açıklamaktadır. *Pattern Matrix* tablosu incelendiğinde, AFA sonucunda, faktör yükü .30'un altında kalan, binişik yüklenme gösteren ya da teorik olarak ait olduğu boyutu yansıtmadığı değerlendirilen maddeler ölçekten çıkarılmıştır. Bu çıkarma işlemlerinde yalnızca istatistiksel ölçütler değil, aynı zamanda kuramsal tutarlılık da dikkate alınmıştır. Örneğin, fen bilimleri öğretmenlerinin yapay zekâya yönelik pedagojik farkındalıklarını ölçmeyi hedefleyen ancak daha çok genel teknoloji kullanımıyla ilgili ifadelerle indirgenen bazı maddeler, ilgili faktörle yeterli kavramsal uyum göstermediği için elenmiştir. Bu süreç sonucunda, özdeğeri 1'in üzerinde olan beş faktörlü ve 34 maddeden oluşan bir yapı elde edilmiştir. Maddelerin yer aldığı faktörler, faktör yükleri, ortak varyans değerleri ve toplam varyans açıklama oranları Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2

Fen Bilimleri Öğretmenlerine Yönelik Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeği'nin AFA Sonuçları

Madde No	Maddeler	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4	Faktör 5
M1	Yapay zekâ hakkında yeterli bilgiye sahibim.	,651				
M11	Fen bilimleri eğitiminde kullanılabilecek yapay zekâ araçlarına örnekler veririm.	,732				
M12	Öğrencilerin fen bilimleri deneylerini yapay ortamda gerçekleştirmelerine yardımcı olan yapay zekâ uygulamaları hakkında bilgi sahibiyim.	,811				
M13	Öğrencilerin fen bilimleri projelerinde kullanabilecekleri yapay zekâ tabanlı veri analiz araçları hakkında bilgi sahibiyim.	,804				
M14	Yapay zekâ destekli öğrenme yönetim sistemlerinin (LMS) fen bilimleri eğitimini nasıl iyileştirebileceğini biliyorum.	,816				
M15	Fen bilimleri konularını öğretmek için kullanılan yapay zekâ sohbet robotları (chatbots) hakkında bilgi sahibiyim.	,782				
M16	Fen bilimleri alanındaki araştırmalarda yapay zekânın nasıl kullanıldığını biliyorum.	,866				
M17	Öğrencilerin fen bilimleri kavramlarını anlamalarına yardımcı olan yapay zekâ destekli görselleştirme araçları hakkında bilgi sahibiyim.	,892				
M18	Yapay zekâ tabanlı otomatik değerlendirme sistemlerinin fen bilimleri derslerindeki sınavları nasıl değerlendirebileceğini biliyorum	,854				
M19	Fen bilimleri eğitiminde kullanılabilecek yapay zekâ tabanlı	,842				

M20	oyunlar ve simülasyonlar hakkında bilgi sahibiyim. Fen bilimleri eğitiminde kullanılabilecek yapay zekâ araçlarını değerlendirmek için hangi kriterleri kullanacağımı biliyorum.	,904
M47	Yapay zekâ araçlarını fen bilimleri derslerime nasıl entegre edeceğimi biliyorum.	,751
M36	Yapay zekâ kullanımının fen bilimleri eğitiminde etik ilkelerle uyumlu olması gerektiğine inanıyorum.	,850
M37	Yapay zekâ kullanımının fen bilimleri eğitiminde adil ve şeffaf olması gerektiğine inanıyorum.	,898
M38	Yapay zekâ kullanımının fen bilimleri eğitiminde şeffaf, güvenilir ve bir şekilde kullanılması gerektiğine inanıyorum.	,919
M39	Yapay zekâ kullanımının fen bilimleri eğitiminde insan haklarına saygılı olması gerektiğine inanıyorum.	,896
M40	Yapay zekâ kullanımının fen bilimleri eğitiminde çeşitliliği ve kapsayıcılığı desteklemesi gerektiğine inanıyorum.	,869
M29	Yapay zekâ kullanımının fen bilimleri eğitiminde eşitsizlikleri artırabileceğine dair endişelerim var.	,629
M30	Yapay zekâ kullanımının fen bilimleri eğitiminde öğrencilerin gizliliğini ihlal edebileceğine dair endişelerim var.	,816
M31	Yapay zekâ kullanımının fen bilimleri eğitiminde insan etkileşimini azaltabileceğine dair endişelerim var.	,775
M32	Yapay zekâ kullanımının fen bilimleri eğitiminde öğrencilerin manipüle edilmesine yol açabileceğine dair endişelerim var.	,834
M33	Yapay zekâ kullanımının fen bilimleri eğitiminde hatalı veya yanıltıcı bilgilere erişimi kolaylaştırabileceğine dair endişelerim var.	,760
M34	Yapay zekâ kullanımının fen bilimleri eğitiminde öğrencilerin yapay zekâyı aşırı bağımlı hale gelmesine yol açabileceğine dair endişelerim var.	,786
M22	Yapay zekâ, fen bilimleri eğitiminde öğrencilerin eleştirel düşünme	-,840

M23	becerilerini geliştirebilir. Yapay zekâ, fen bilimleri eğitiminde öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirebilir.	-,878
M24	Yapay zekâ, fen bilimleri öğretiminde öğrencilerin yaratıcılığını teşvik edebilir.	-,864
M25	Yapay zekâ, fen bilimleri eğitiminde öğrencilerin işbirliği becerilerini geliştirebilir.	-,798
M27	Yapay zekâ, fen bilimleri eğitiminde öğrencilerin bağımsız öğrenme becerilerini geliştirebilir.	-,594
M2	Yapay zekânın fen bilimleri eğitiminde kullanılabileceğine inanıyorum.	,754
M3	Yapay zekâ araçlarının fen bilimleri derslerini daha ilgi çekici hale getirebileceğini düşünüyorum.	,819
M4	Yapay zekâ destekli öğrenme platformlarının öğrencilerin fen bilimleri konularını daha iyi anlamalarına yardımcı olabileceğine inanıyorum.	,862
M5	Yapay zekâ, fen bilimleri eğitiminde kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimleri sunabilir.	,827
M9	Yapay zekâ teknolojilerinin fen bilimleri müfredatına entegre edilmesi gerektiğini düşünüyorum.	,645
M10	Yapay zekâ, öğrencilerin fen bilimleri alanındaki kariyerlere hazırlanmalarına yardımcı olabilir.	,609
Açıklanan Toplam Varyans: 67,474		27,428 13,820 13,235 7,861 5,130

Tablo 2 incelendiğinde, Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA) sonucunda açıklanan toplam varyansın %67,474 olduğu görülmektedir. Thompson (2004) tarafından belirtilen kriterlere göre, açıklanan toplam varyansın %50 ve üzerinde olması beklenmektedir. Bu bağlamda, elde edilen sonuçlar ışığında, geliştirilmiş olan ölçme aracının anlamlı düzeyde varyans açıklama gücüne sahip olduğu söylenebilir. Ayrıca, 34 maddeden oluşan ölçeğin, özdeğeri 1'den büyük beş faktörlü bir yapıyı ortaya koyduğu tespit edilmiştir.

Tablo 2'de sunulan faktör analizi bulgularına göre; 1, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 ve 47 numaralı maddelerin oluşturduğu birinci faktörün yük değerlerinin .651 ile .904 arasında sıralandığı saptanmıştır. Bu faktör, temsil ettiği değişkenler temel alınarak "Yapay Zekâ Bilgi ve Pedagogik Uygulama Farkındalığı" olarak adlandırılmıştır. Gerçekleştirilen analizde, 36, 37, 38, 39 ve 40 numaralı maddelerden meydana gelen ikinci faktörün yük değerlerinin .850 ile .919 arasında değiştiği belirlenmiştir. Söz konusu faktör, "Yapay Zekâ Kullanımında Etik Farkındalık" olarak isimlendirilmiştir. Bulgular, 29, 30, 31, 32, 33 ve 34 numaralı maddelerin teşkil ettiği üçüncü faktörün yük değerlerinin .629 ile .834 aralığında olduğunu göstermektedir. Bu faktör, içeriksel bütünlüğü doğrultusunda "Yapay Zekâya Yönelik Risk Algısı ve Endişeler" olarak adlandırılmıştır.

Analiz sonucunda, 22, 23, 24, 25 ve 27 numaralı maddelerin oluşturduğu dördüncü faktörün yük

değerlerinin -.878 ile -.594 arasında sıralandığı saptanmıştır. Bu faktör, temsil ettiği değişkenler temel alınarak "Yapay Zekânın Öğrenci Becerilerine Katkısı" olarak isimlendirilmiştir. Son olarak, 2, 3, 4, 5, 9 ve 10 numaralı maddelerden oluşan beşinci faktörün yük değerlerinin .609 ile .862 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu faktöre, temsil ettiği yapıya uygun olarak "Yapay Zekâya Yönelik Tutum ve Kabul" adı verilmiştir.

Tablo 3

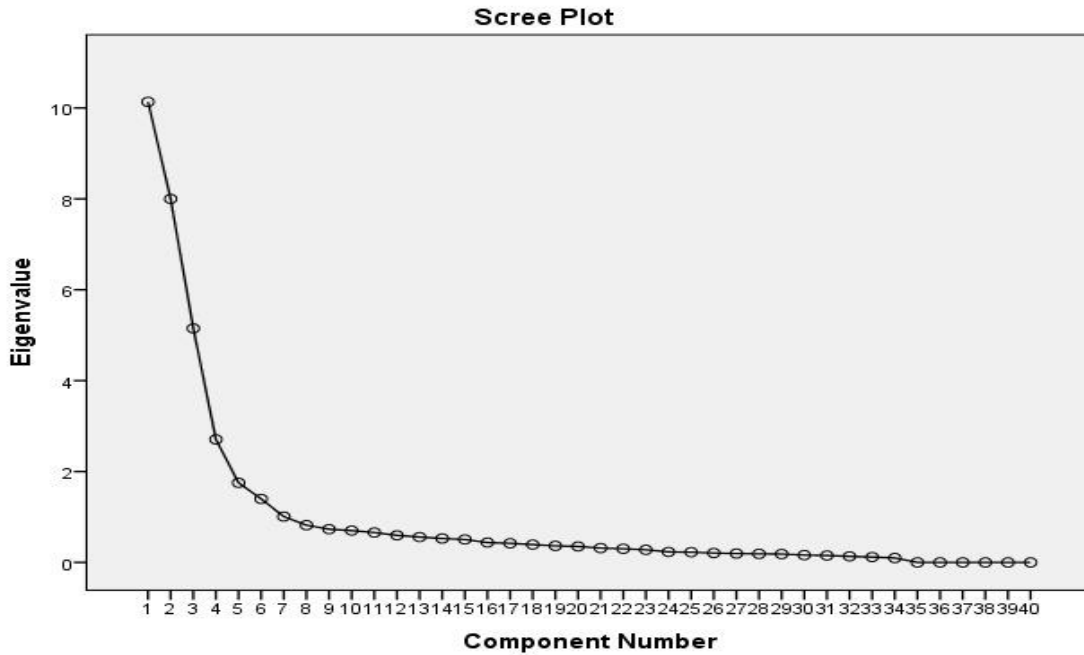
Faktörlere İlişkin Özdeğer, Açıklanan Varyans ve Kümülatif Varyans Değerleri

Faktör	Özdeğer	Açıklanan Varyans (%)	Kümülatif Varyans (%)
1	9,325	27,428	27,428
2	4,699	13,820	41,248
3	4,500	13,235	54,483
4	2,673	7,861	62,344
5	1,744	5,130	67,474

Tablo 3 incelendiğinde, birinci faktörün toplam varyansın %27,428'ini, ikinci faktörün %13,820'sini, üçüncü faktörün %13,235'ini, dördüncü faktörün %7,861'ini ve beşinci faktörün ise %5,130'unu açıkladığı görülmektedir.

Şekil 1

Ölçek İçin Çizdirilen Yamaç-Birikinti Grafiği



Fen Bilimleri Öğretmenlerine Yönelik Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeği geliştirme sürecinin üçüncü aşamasını oluşturan Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA) kapsamında, ölçeğin öngörülen beş faktörlü yapısı incelenmiştir. Bu incelemede, Direct Oblimin döndürme tekniği ile elde edilen faktör yük değerleri analiz edilmiş ve yetersiz yük değerine sahip veya faktörler arası binişiklik gösteren sorunlu maddeler tespit edilmiştir. Literatürde Tabachnick ve Fidell (2019), bir maddeye ilişkin faktör yük değerinin .40'ın altında olmasını zayıf bir gösterge olarak kabul etmektedir. Söz konusu bu kriter temel alınarak, faktör yük değeri .40'ın altında kalan 6., 7., 8., 21., 26., 28., 35., 41., 42., 43., 44., 45.,

46., 48., 49. ve 50. maddeler olmak üzere toplam 16 madde ölçekten çıkarılmıştır. Yapılan eleme işleminin ardından tekrarlanan AFA sonucunda, 5 boyut ve 34 maddeden oluşan "Fen Bilimleri Öğretmenlerine Yönelik Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeği"nin nihai yapısı elde edilmiştir. Ölçekte yer alan boyutlar, bir araya getirdikleri maddelerin içeriksel bütünlüğü dikkate alınarak isimlendirilmiş olup, bu boyutlar ve ilgili maddeler Tablo 4'te sunulmaktadır.

Tablo 4

Ölçeğin Alt Boyut İsimleri, Madde Numaraları ve Madde Sayıları

Boyut/Faktör	Madde Numaraları	Madde Sayısı
1. Boyut	1, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 47	12
2. Boyut	36, 37, 38, 39, 40	5
3. Boyut	29, 30, 31, 32, 33, 34	6
4. Boyut	22, 23, 24, 25, 27	5
5. Boyut	2, 3, 4, 5, 9, 10	6

Tablo 4 incelendiğinde, ölçeğin toplamda beş alt boyuttan oluştuğu görülmektedir. Her bir boyut, benzer yapıları ölçen maddelerden oluşmakta ve kuramsal bütünlük açısından tutarlılık göstermektedir. Gerçekleştirilen faktör analizi, ölçeğin çok boyutlu bir doğaya sahip olduğunu ortaya koymuş ve elde edilen faktör yapısının, hedeflenen kuramsal yapıları yeterli düzeyde temsil etme gücünü göstermiştir. Faktörler arasındaki korelasyon katsayılarını gösteren veriler Tablo 5'de gösterilmiştir.

Tablo 5

Fen Bilimleri Öğretmenlerine Yönelik Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeği'nin Faktörler Arası Korelasyon Katsayıları

Değişkenler	mfaktör1	mfaktör2	mfaktör3	mfaktör4	mfaktör5	TOPLAM
Faktör 1	1	0,029	0,01	0,163**	0,332**	0,879**
Faktör 2		1	-0,207**	0,120*	0,277**	0,243**
Faktör 3			1	0,163**	-0,002	0,272**
Faktör 4				1	0,409**	0,472**
Faktör 5					1	0,558**
Toplam						1

****:** Korelasyon 0.01 düzeyinde (çift yönlü) anlamlıdır.

***:** Korelasyon 0.05 düzeyinde (çift yönlü) anlamlıdır.

Tablo 5'te sunulan faktörler arası korelasyon matrisine göre, korelasyon katsayılarının -0,207 ile 0,879 arasında değerler aldığı görülmektedir. Bu bulgu, ölçeği oluşturan faktörler arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler bulunduğunu göstermektedir. Ölçeğin tamamı ile diğer faktörler arasındaki pozitif ve genellikle yüksek düzeydeki korelasyonlar (örn., birinci faktör ile ölçeğin tamamı: $r=0,879$, $p<0,001$) ölçeğin maddelerinin genel yapıyla güçlü bir uyum içinde olduğunu göstermektedir. Faktörler arasındaki korelasyonlar incelendiğinde ise, ikinci faktör ile üçüncü faktör arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki ($r=-0,207$, $p<0,001$) bulunması dikkat çekicidir. Diğer faktörler arasında orta düzeyde pozitif ilişkiler gözlemlenmiştir. Bu bulgular, ölçeğin iç yapısı ve faktörler arasındaki ilişkiler hakkında önemli bilgiler sunmakta olup, ölçeğin yapısal geçerliliğinin daha derinlemesine incelenmesi için bir temel oluşturmaktadır.

Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA)

Açımlayıcı Faktör Analizi (AFA) ile elde edilen beş faktörlü yapı, farklı bir çalışma grubu

üzerinde Doğrulamalı Faktör Analizi (DFA) kullanılarak test edilmiştir. Gerçekleştirilen DFA neticesinde, önerilen modelin herhangi bir modifikasyon yapılmaksızın doğrulandığı görülmüştür. Doğrulamalı faktör analizine ilişkin sonuçlar Tablo 6'da özetlenmiştir.

Tablo 6

Fen Bilimleri Öğretmenlerine Yönelik Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeği'nin DFA Sonuçları

Uyum İndeksleri	Mükemmel Uyum Ölçütleri	Kabul Edilebilir Uyum Ölçütleri	Ölçekte Elde Edilen Değer
χ^2/sd	$0 \leq \chi^2/sd \leq 2$	$2 \leq \chi^2/sd \leq 5$	4,212
AGFI	$0,90 \leq AGFI \leq 1,00$	$0,85 \leq AGFI \leq 0,90$	0,850
GFI	$0,95 \leq GFI \leq 1,00$	$0,90 \leq GFI \leq 0,95$	0,931
CFI	$0,95 \leq CFI \leq 1,00$	$0,90 \leq CFI \leq 0,95$	0,911
NFI	$0,95 \leq NFI \leq 1,00$	$0,90 \leq NFI \leq 0,95$	0,907
NNFI (TLI)	$0,95 \leq TLI \leq 1,00$	$0,90 \leq TLI \leq 0,95$	0,902
RFI	$0,95 \leq RFI \leq 1,00$	$0,90 \leq RFI \leq 0,95$	0,950
IFI	$0,95 \leq IFI \leq 1,00$	$0,90 \leq IFI \leq 0,95$	0,980
RMSEA	$0 \leq RMSEA \leq 0,05$	$0,05 \leq RMSEA < 0,08$	0,076
SRMR	$0 \leq SRMR \leq 0,05$	$0,05 \leq SRMR < 0,10$	0,071
PNFI	$0,95 \leq PNFI \leq 1,00$	$0,50 \leq PNFI \leq 0,95$	0,830
PGFI	$0,95 \leq PGFI \leq 1,00$	$0,50 \leq PGFI \leq 0,95$	0,700

Tablo 6'da sunulan istatistiksel veriler doğrultusunda yapılan değerlendirmeler, geliştirilen modelin genel olarak kabul edilebilir düzeyde bir uyum sergilediğini ortaya koymaktadır. Ki-kare/serbestlik derecesi oranı ($\chi^2/sd = 4,21$), her ne kadar mükemmel uyum aralığında ($0 \leq \chi^2/sd \leq 2$) yer almasa da $2 \leq \chi^2/sd \leq 5$ aralığında bulunması nedeniyle literatürde kabul edilen sınırlar içerisinde değerlendirilmektedir (Kline, 2016).

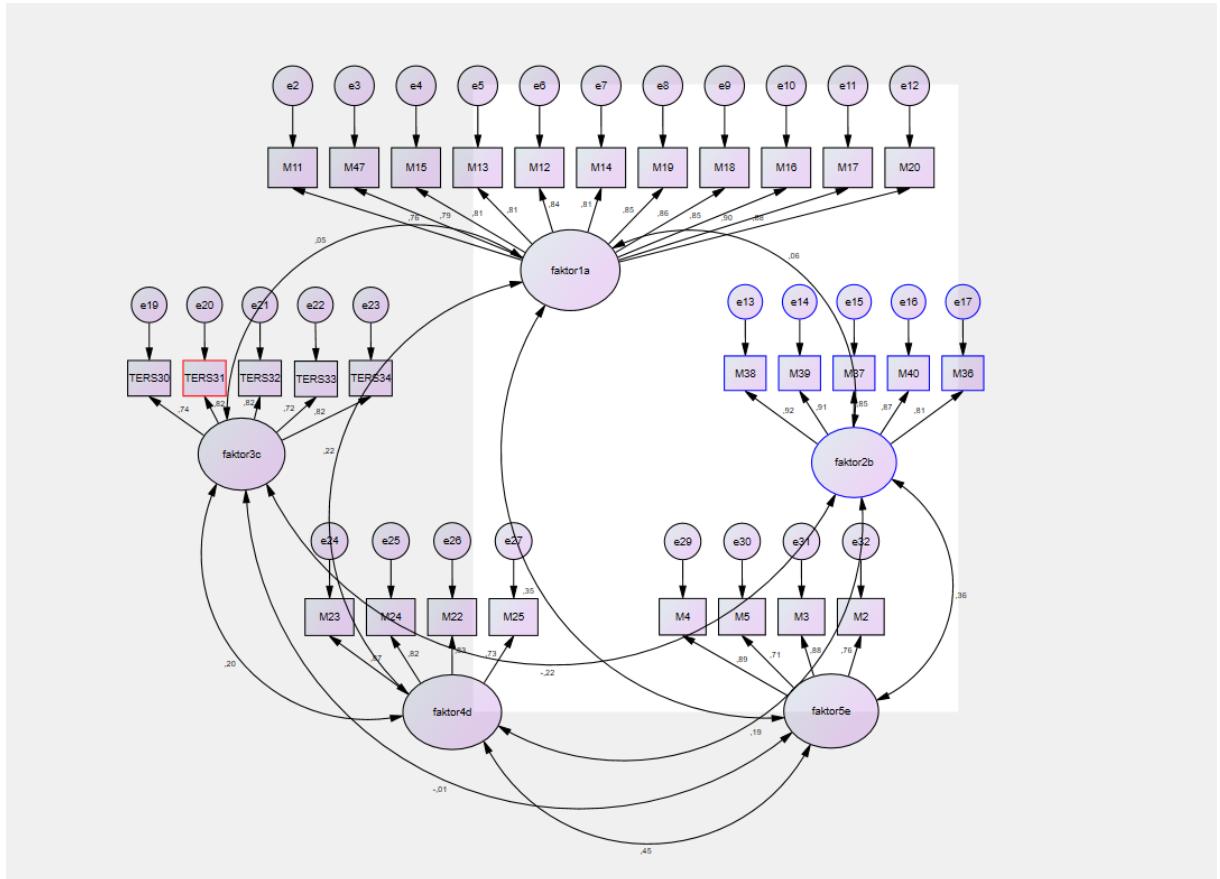
Modelin uyumuna ilişkin diğer istatistiksel göstergeler incelendiğinde; AGFI (0,850) ve GFI (0,931) değerlerinin kabul edilebilir alt sınırda yer aldığı görülmektedir. Bu durum, modelin genel uyumuna sınırlı ancak olumlu bir katkı sunduğuna işaret etmektedir. CFI (0,911), NNFI/TLI (0,902) ve IFI (0,980) değerleri, modelin kabul edilebilir düzeyde uyum sağladığını göstermektedir. Özellikle IFI değerinin 0,95'in üzerinde olması, modelin güçlü bir yapısal geçerlilik taşıdığını desteklemektedir. NFI (0,907) da kabul edilebilir sınır içinde yer almakta olup modelin yapısıyla gözlenen veriler arasında anlamlı bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Ayrıca, RFI (0,950) değerinin mükemmel uyum düzeyine ulaşmış olması dikkat çekici bir bulgudur. Modelin hata terimlerine ilişkin uyum indeksleri arasında yer alan RMSEA (0,076) ve SRMR (0,071) değerleri, kabul edilebilir uyum sınırları içerisinde yer almakta ve modelin gözlenen verilerle tutarlı olduğunu ortaya koymaktadır (Hu & Bentler, 1999). Bunun yanı sıra, PNFI (0,830) ve PGFI (0,700) değerleri, modelin parsimoni (ekonomiklik) açısından yeterli düzeyde olduğunu göstermektedir.

Doğrulamalı Faktör Analizi (DFA) sonucunda elde edilen başlangıç uyum iyiliği indeksleri, önerilen modelin veriyle genel olarak kabul edilebilir düzeyde uyum sağladığını göstermiştir. Ancak modelin parametre tahminleri ayrıntılı olarak incelendiğinde, beş maddenin (M1, M9, M10, M27 ve M29) istatistiksel olarak anlamlı t değerlerine ulaşmadığı ve yüksek hata varyanslarına sahip olduğu belirlenmiştir (Byrne, 2016; Kline, 2016). Bu bulgu, söz konusu maddelerin ölçülmek istenen yapıyı yeterli düzeyde temsil etmediğini ve faktörle ilişkilerinin zayıf olduğunu göstermektedir. Maddelerin çıkarılma kararı yalnızca istatistiksel göstergelere değil, aynı zamanda kuramsal tutarlılık, içerik geçerliliği ve kavramsal bütünlük ilkelerine dayandırılmıştır (Hair vd., 2019; Tabachnick & Fidell, 2019). Özellikle M1, M9 ve M10 maddelerinin faktör yüklerinin düşük ($\lambda < .40$) olması, bu ifadelerin

ait oldukları faktörle zayıf ilişki gösterdiğini ortaya koymuştur (Brown, 2015). Bu maddeler, fen bilimleri öğretmenlerinin günlük öğretim pratiklerinden çok, yapay zekânın ileri düzey teknik bileşenlerine — örneğin algoritmik yapı, veri madenciliği gibi — odaklanmaktaydı. Bu durum, katılımcıların bu maddeleri anlamlandırmakta zorlanmalarına ve yanıt varyansının azalmasına yol açmıştır. Benzer biçimde, M27 ve M29 maddelerinin hata varyanslarının yüksek olması ($\epsilon > .50$) ve diğer ifadelerle kavramsal örtüşme göstermesi, modelde madde tekrarı ve çoklu bağlantı (multicollinearity) sorununa işaret etmiştir (Byrne, 2016). Bu maddelerin modelden çıkarılmasıyla birlikte ölçüm modelinin parsimony (sadelik) düzeyi artmış, faktörler arası ayrışma geçerliği (discriminant validity) güçlenmiştir (Hair vd., 2019). Sonuç olarak, beş maddenin çıkarılması hem ölçüm modelinin istatistiksel geçerliğini (construct validity) hem de ölçeğin kuramsal bütünlüğünü artırmış; modelin genel uyum indekslerinde belirgin bir iyileşme sağlamıştır (Kline, 2016; Schumacker & Lomax, 2016). Gerçekleştirilen modifikasyonların ardından, nihai modelin veri ile istatistiksel açıdan anlamlı ve yeterli düzeyde bir uyum sergilediği saptanmıştır. "Fen Bilimleri Öğretmenlerine Yönelik Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeği"nin bu son haline ait yol diyagramı, madde-örtük değişken ve örtük değişkenler arası standardize edilmiş katsayıları içerecek şekilde Şekil 2'de sunulmuştur.

Şekil 2

Fen Bilimleri Öğretmenlerine Yönelik Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeğine İlişkin Madde-Örtük Değişken ve Örtük Değişkenler Arasındaki Standardize Edilmiş Katsayıları Gösteren Yol Şeması (Path Diyagramı)



Gerçekleştirilen Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA) sonuçları, modelin kabul edilebilir uyum iyiliği indekslerine ulaştığını ortaya koymuş ve bu bulgu, "Fen Bilimleri Öğretmenlerine Yönelik Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeği"nin yapısal geçerliliğini teyit etmiştir.

İç Tutarlılık (Cronbach Alfa) Katsayısı

Fen Bilimleri Öğretmenlerine Yönelik Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeğinin güvenilirlik düzeyini belirlemek için Cronbach alpha (iç tutarlılık) güvenilirlik değerleri incelenmiştir. Tablo 7’de güvenilirlik analizlerine ilişkin incelenmiş olan bulgular verilmiştir.

Tablo 7

Fen Bilimleri Öğretmenlerine Yönelik Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeği’nin Cronbach Alpha Güvenirlik Katsayıları

Faktör / Boyut	İç Tutarlılık (Cronbach’s Alpha)
Faktör 1	.868
Faktör 2	.877
Faktör 3	.846
Faktör 4	.885
Faktör 5	.839
Genel Ölçek: Fen Bilimleri Öğretmenlerine Yönelik Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeği	.867

* $p < .005$

Tablo 7 incelendiğinde ölçeğin tümüne ait güvenilirliğin .867, birinci faktöre ait güvenilirliğin .868, ikinci faktöre ait güvenilirliğin .877, üçüncü faktöre ait güvenilirliğin .846, dördüncü faktöre ait güvenilirliğin .885 ve beşinci faktöre ait güvenilirliğin .839 değerinde olduğu görülmektedir. Elde edilen bu katsayılar, hem ölçeğin bütününe hem de alt boyutlarının yüksek düzeyde güvenilirliğe sahip olduğunu göstermektedir. Bu bulgular doğrultusunda, ölçeğin güvenilir bir ölçme aracı olduğu sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak madde havuzunun 72 madde ile oluşturulduğu Fen Bilimleri Öğretmenlerine Yönelik Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeğinden 22 madde uzman görüşleri doğrultusunda, 16 madde AFA ve 5 madde DFA uygulaması sonucunda ölçekten çıkartılmıştır. Yapılan analizler sonucunda; Fen Bilimleri Öğretmenlerine Yönelik Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeği 29 madde ve beş boyuttan oluşmaktadır. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen Fen Bilimleri Öğretmenlerine Yönelik Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeği’ne ait genel bilgiler Tablo 8’de yer verilmiştir.

Tablo 8

Fen Bilimleri Öğretmenlerine Yönelik Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeğine İlişkin Genel Bilgiler

Özellik	Açıklama
Ölçek Adı	Fen Bilimleri Öğretmenlerine Yönelik Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeği
Hedef Kitle	Fen Bilimleri öğretmenleri ve öğretmen adayları
Likert Tipi	5’li likert
Madde Sayısı	29
Boyut	5
Güvenirlik Değeri (Cronbach Alpha iç tutarlık katsayısı)	.867
Ölçekten Alınabilecek Puan Aralığı	En düşük: 29 ve En yüksek: 135

Geliştirilen “Fen Bilimleri Öğretmenlerine Yönelik Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeği” ölçeği aracının genel özellikleri Tablo 8’de görülmektedir. Fen Bilimleri öğretmenleri ve öğretmen adaylarına yönelik 5 faktörlü, toplamda 29 madde olmak üzere 5’li likert tipte ve 0,867 Cronbach alpha iç tutarlık katsayısına sahip bir ölçme aracı olduğu anlaşılmaktadır.

TARTIŞMA

Araştırma bulguları, yapay zekânın (YZ) eğitimdeki rolünün giderek arttığı günümüz koşullarında, öğretmenlerin bu teknolojiye ilişkin bilgi, tutum, etik farkındalık ve risk algısının sistematik olarak ölçülmesinin önemini vurgulamaktadır. Alanyazın incelendiğinde, YZ farkındalığını öğretmenler özelinde ele alan ölçme araçlarının sınırlı sayıda olduğu ve mevcut çalışmaların genellikle teknolojinin kabulü veya genel tutumlar gibi daha dar bir çerçeveye odaklandığı görülmektedir. Long ve Magerko'nun (2020) geliştirdiği YZ okuryazarlığı çerçevesi, farkındalığın çok boyutlu doğasına işaret etse de, bu boyutları öğretmen bağlamında bütüncül olarak ölçen ampirik araçlar konusunda alanda önemli bir boşluk bulunmaktadır. Bu çalışmada geliştirilen beş faktörlü ölçek, söz konusu boşluğu doldurarak alanyazına özgün bir katkı sunmaktadır.

Ölçeğin "YZ Bilgi ve Pedagojik Uygulama Farkındalığı" faktörü, öğretmenlerin YZ farkındalığının yalnızca teorik bilgiden ibaret olmadığını, aynı zamanda bu bilgiyi pedagojik pratiğe dönüştürme becerisini de içerdiğini göstermektedir. Bu bulgu, teknoloji entegrasyonu çalışmalarının temelini oluşturan Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (TPACK) modeliyle paralellik göstermektedir (Mishra & Koehler, 2006). Bu bulgu, YZ'nin eğitim entegrasyonuna yönelik küresel yaklaşımlarla da örtüşmektedir (Chiu, 2025; Tuomi, 2021). Chiu (2025), YZ yeterliliğine yönelik öğretmen eğitiminin, YZ araçlarının nasıl çalıştığını anlama ile bu araçları öğretim programının hedeflerine ve öğrenci ihtiyaçlarına göre nasıl uyarlayacaklarını bilme becerilerinin kesişiminde durduğunu ileri sürmektedir. Buna göre öğretmenlerin YZ araçlarını etkili biçimde kullanabilmesi için yalnızca ne olduklarını bilmeleri değil, aynı zamanda bu araçları fen bilimleri öğretim programının hedeflerine ve öğrenci ihtiyaçlarına göre nasıl uyarlayacaklarını da bilmeleri gerekmektedir. Bu bulgu, Aksekili ve Kan'ın (2024) geliştirdiği Öğretmenlerin Eğitimde Yapay Zekâ Kullanımına Yönelik Tutum Ölçeği çalışmasıyla da örtüşmektedir. Söz konusu çalışmada, bilgi ve uygulama boyutlarının öğretmenlerin YZ'ye ilişkin genel tutumlarını yordadığı görülmüş ve pedagojik uygulama farkındalığının ölçülmesinin gerekliliği vurgulanmıştır. Benzer biçimde, Erdoğan ve Çakır'ın (2024) öğretmen adaylarının YZ okuryazarlıkları üzerine yaptıkları araştırmada da bilgi boyutunun YZ'ye yönelik tutum ve algılarla anlamlı biçimde ilişkili olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, bu çalışmada geliştirilen ölçeğin bilgi ve uygulama bileşenlerinin kuramsal ve ampirik temellerini destekler niteliktedir.

Ölçekte yer alan "YZ'nin Öğrenci Becerilerine Katkısı" alt boyutu, öğretmenlerin YZ teknolojilerinin 21. yüzyıl becerilerinin geliştirilmesindeki potansiyel katkılarını fark ettiklerini göstermektedir. Bu bulgu, YZ'nin eleştirel düşünme, problem çözme ve yaratıcılık gibi üst düzey bilişsel becerileri destekleme potansiyelini inceleyen Chen, Huang ve Chen (2020) ile Li, Zhao ve Ye'nin (2022) araştırmalarıyla uluslararası düzeyde benzerlik taşımaktadır. Özellikle YZ destekli kişiselleştirilmiş öğrenme ortamlarının, öğrencilerin kendi öğrenme süreçlerini yönetme ve derinlemesine anlama becerilerini güçlendirdiği, bu alandaki kapsamlı sistematik derlemelerle de desteklenmektedir (Zawacki-Richter vd., 2019). Bu bulgu, YZ farkındalığının teknolojiye yönelik genel bir kabulden ziyade, öğrenme çıktılarına odaklanan eleştirel bir değerlendirmeyi içerdiğini göstermektedir. Ulusal düzeyde Çolak Yazıcı ve Erkoç'un (2024) kimya, fizik, biyoloji ve fen bilimleri öğretmenleriyle yaptıkları araştırmada da öğretmenlerin YZ'nin öğrenci motivasyonu ve derin öğrenmeye olumlu katkı sağladığına inandıkları belirlenmiştir. Geliştirilen bu alt boyut, söz konusu inancı doğrudan farkındalık bağlamında ölçerek, alanyazındaki genel tutum düzeyindeki boşluğu gidermektedir.

Bulgular, ayrıca etik farkındalık ve risk algısının YZ farkındalığının ayrılmaz bir bileşeni olduğunu göstermektedir. Muzaffer ve Ünal'ın (2025) çalışmasında, öğretmenlerin YZ okuryazarlığı düzeyleri ile bilişim teknolojilerinin etik kullanımına ilişkin durumları incelenmiş ve bu iki değişken arasında anlamlı ve pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Bu bulgu, geliştirilen ölçeğin etik-risk faktörünün

geçerliliğini desteklemektedir. Benzer biçimde, Çolak Yazıcı ve Erkoç (2024) da öğretmenlerin YZ'nin veri gizliliği, güvenlik ve etik sorumluluk konularında çekinceler taşıdıklarını belirtmişlerdir. Dolayısıyla etik farkındalık ve risk algısının ölçülmesi, öğretmenlerin YZ teknolojilerini eğitimde daha bilinçli kullanabilmeleri açısından kritik bir göstergedir.

Özellikle fen bilimleri öğretmenlerine yönelik bir ölçek geliştirilmiş olması, bu alanın doğası gereği teknolojiye açık yapısıyla da örtüşmektedir. Fen eğitimi; sorgulama, keşfetme, modelleme ve problem çözme gibi bilişsel süreçlere dayanmakta ve bu süreçlerin YZ ile desteklenmesi öğretmenlerin YZ farkındalık düzeylerini daha da önemli kılmaktadır (Chiu, 2021). Nitekim Büyük ve Çetingüney'in (2025) geliştirdiği Eğitimde Yapay Zekâ Kullanımına Yönelik Öğretmen Öz-Yeterlik Ölçeği çalışmasında, fen öğretmenlerinin YZ kullanımına yönelik öz-yeterliklerinin diğer branşlara göre anlamlı biçimde yüksek olduğu saptanmıştır. Bu durum, fen eğitiminin doğasında var olan teknolojiye açıklığın, öğretmen farkındalığını güçlendiren bir unsur olduğunu göstermektedir.

Son olarak, "YZ'ye Yönelik Tutum ve Kabul" faktörü teknoloji entegrasyonu çalışmalarında sıkça karşılaşılan duyuşsal boyutu temsil etmektedir. Ancak geliştirilen ölçekte bu faktörün diğer dört faktörle birlikte bulunması, öğretmenlerin YZ'yi benimsemesinin artık yalnızca "kullanışlı bulma" veya "kullanım kolaylığı" gibi basit değişkenlerle açıklanamayacağını göstermektedir. Kabul süreci; pedagojik, etik ve eleştirel değerlendirmelerin tamamını içeren karmaşık bir zihinsel sürecin sonucudur. Bu sonuç, Çolak Yazıcı ve Erkoç'un (2024) öğretmen tutumlarına ilişkin bulgularıyla da tutarlıdır. Ayrıca, Eniş Erdoğan ve Ekşioğlu'nun (2024) Türkçeye uyarladıkları YZ Okuryazarlığı Ölçeği ile Akyürek'in (2025) eğitim paydaşlarına yönelik uyarlama çalışması, farkındalık kavramının farklı bileşenlerle birlikte ölçülmesinin geçerliliği artırdığını göstermektedir.

Sonuç olarak, bu çalışmada geliştirilen beş faktörlü ölçek, öğretmenlerin YZ farkındalığını bilgi, pedagojik uygulama, etik-risk, öğrenci becerileri ve tutum-kabul boyutlarıyla bir arada ele alarak, literatürdeki mevcut ölçeklere kıyasla daha kapsamlı ve derinlikli bir ölçme aracı ortaya koymaktadır. Özellikle son yıllarda yapılan ulusal çalışmalarla karşılaştırıldığında, bu ölçek öğretmenlerin YZ farkındalığını bütüncül biçimde değerlendiren ilk araçlardan biri olma özelliği taşımakta; hem kuramsal hem de uygulamalı düzeyde alanyazına özgün bir katkı sunmaktadır.

SONUÇ

Bu araştırma kapsamında, fen bilimleri öğretmenlerinin yapay zekâya (YZ) ilişkin çok boyutlu farkındalık düzeylerini geçerli ve güvenilir bir şekilde ölçmek amacıyla "Fen Bilimleri Öğretmenlerine Yönelik Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeği" başarıyla geliştirilmiştir. Gerçekleştirilen açımlayıcı (AFA) ve doğrulayıcı faktör analizleri (DFA) sonucunda, ölçeğin 29 madde ve beş faktörden oluşan bir yapıya sahip olduğu doğrulanmıştır. AFA sonuçlarına göre bu beş faktörlü yapı, toplam varyansın %67,474'ünü açıklamakta olup, ölçeğin genel iç tutarlılık katsayısı (Cronbach's Alpha) .867 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, ölçeğin yüksek düzeyde güvenilir olduğunu göstermektedir. DFA ile test edilen modelin uyum iyiliği indeksleri (CFI = .911; RMSEA = .076; $\chi^2/df = 4.212$) ise model-veri uyumunun kabul edilebilir ve iyi düzeyde olduğunu kanıtlamıştır.

Nihai ölçek; "YZ Bilgi ve Pedagojik Uygulama Farkındalığı", "YZ Kullanımında Etik Farkındalık", "YZ'ye Yönelik Risk Algısı ve Endişeler", "YZ'nin Öğrenci Becerilerine Katkısı" ve "YZ'ye Yönelik Tutum ve Kabul" olmak üzere beş alt boyuttan oluşmaktadır. Bu bulgular, geliştirilen ölçme aracının, fen bilimleri öğretmenlerinin YZ farkındalıklarını yalnızca yüzeysel bir kabul düzeyinde değil, aynı zamanda pedagojik, etik ve eleştirel boyutlarda da değerlendirebilen kapsamlı ve etkili bir araç olduğunu ortaya koymuştur.

Ölçekte "YZ Kullanımında Etik Farkındalık" ve "YZ'ye Yönelik Risk Algısı ve Endişeler" gibi

iki ayrı faktörün belirginleşmesi, bu çalışmanın en önemli bulgularından biridir. Bu durum, fen bilimleri öğretmenlerinin teknolojiye sadece teknokrat bir bakış açısıyla yaklaşmadıklarını; aynı zamanda YZ'nin getirebileceği etik ikilemleri (veri gizliliği, algoritmik yanlılık, öğrenci özerkliği vb.) ve potansiyel riskleri (iş güvencesi endişeleri, eleştirel düşünmenin körelmesi vb.) de sorguladıklarını göstermektedir. Bu bulgu, Holmes vd. (2022) tarafından vurgulanan ve YZ'nin eğitimde kullanımında "eleştirel bir iyimserlik" benimsenmesi gerektiğini savunan "YZ etiği" boyutunun önemini ampirik olarak doğrulamaktadır. Öğretmenlerin bu konulardaki farkındalığı, YZ'nin sınıflarda sorumlu ve insan odaklı bir şekilde kullanılmasının ön koşuludur (Selwyn, 2019).

Bu çalışmada geliştirilen ölçek, yalnızca bireysel farkındalık düzeylerini belirlemeye yönelik bir araç olmanın ötesinde, öğretmen eğitimi politikaları açısından da yol gösterici niteliktedir. Ölçekten elde edilen veriler, fen bilimleri öğretmenlerinin yapay zekâ bilgi, tutum ve etik farkındalık düzeylerinin hangi boyutlarda güçlendirilmesi gerektiğine ilişkin somut kanıtlar sunmaktadır. Bu kapsamda, Milli Eğitim Bakanlığı ve öğretmen yetiştiren kurumlar, hizmet öncesi ve hizmet içi eğitim programlarında yapay zekâ okuryazarlığı, pedagojik entegrasyon ve etik farkındalık temelli modüllere yer verebilir. Benzer biçimde, öğretmen yetiştirme politikalarında TPACK (Mishra & Koehler, 2006) modeli ile YZ farkındalığı bileşenlerinin bütünleştirildiği yapılandırılmış içeriklerin geliştirilmesi, fen bilimleri öğretmenlerinin teknoloji entegrasyon kapasitesini artıracaktır. Nitekim son yıllarda yapılan araştırmalar (Çolak Yazıcı & Erkoç, 2024; Muzaffer & Ünal, 2025; Büyük & Çetingüney, 2025) öğretmenlerin YZ'ye yönelik farkındalıklarının sistematik biçimde desteklenmediği süreçte eğitimde YZ entegrasyonunun sürdürülebilir olamayacağını göstermektedir. Dolayısıyla bu ölçeğin, öğretmen eğitimi politikalarının geliştirilmesinde hem tanılama hem de izleme aracı olarak kullanılması mümkündür.

Öneriler

Araştırmacılara Yönelik Öneriler:

- Gelecekte yapılacak araştırmalarda bu ölçek, farklı branşlardaki öğretmen gruplarına veya öğretmen adaylarına uygulanarak ölçeğin yapı geçerliliği yeniden test edilebilir ve karşılaştırmalı analizler yapılabilir.
- Ölçeğin beş faktörlü yapısı temel alınarak öğretmen farkındalığını etkileyen değişkenler (örneğin mesleki kıdem, teknoloji kullanma sıklığı, hizmet içi eğitim deneyimi vb.) ile ilişkili ileri düzey nicel ve nitel çalışmalar gerçekleştirilebilir.
- Farklı coğrafi bölgelerdeki öğretmenlerle yürütülecek uygulamalar, ölçeğin kültürel ve bağlamsal geçerliliğini değerlendirmeye katkı sağlayacaktır.
- Uzunlamasına çalışmalarla öğretmenlerin YZ farkındalık düzeylerinde zaman içinde yaşanan değişimler izlenebilir ve bu değişimin nedenleri derinlemesine analiz edilebilir.

Eğitimcilere Yönelik Öneriler:

- Öğretmenlerin yalnızca YZ hakkında bilgi sahibi olmaları değil, bu teknolojiyi sınıf içi pedagojik uygulamalarda nasıl kullanacaklarını bilmeleri önemlidir. Bu nedenle hizmet içi eğitim programlarının içerikleri, pedagojik uygulama boyutunu da kapsayacak şekilde yeniden düzenlenmelidir.
- Ölçekten elde edilen sonuçlar, öğretmenlerin güçlü ve gelişime açık yönlerini ortaya koymak için kullanılabilir; öğretmenlere bireysel gelişim planları hazırlanabilir.
- Okul yöneticileri, öğretmenlerin yapay zekâyâ yönelik risk algıları ve etik kaygılarını dikkate alarak bu konularda rehberlik sağlamalı ve destek mekanizmaları oluşturmalıdır.

- Öğrencilerin YZ ile ilişkilendirilen 21. yüzyıl becerilerini geliştirmek için öğretmenlerin YZ'nin eğitimdeki potansiyelini fark etmeleri ve uygulamaya yansıtmaları desteklenmelidir.

Program Geliştiricilere Yönelik Öneriler:

- Millî Eğitim Bakanlığı ve ilgili kurumlar, öğretmen yetiştirme programlarına yapay zekâya ilişkin içerikleri sistematik ve disiplinler arası bir yaklaşımla entegre etmelidir.
- YZ farkındalığını kapsayan yapılandırılmış modüller, lisans ve lisansüstü öğretmen eğitim programlarının ayrılmaz bir parçası hâline getirilmelidir.
- Geliştirilen ölçek doğrultusunda öğretmenlerin mevcut farkındalık düzeyleri belirlenip, bu sonuçlar eğitim politikalarının yönlendirilmesinde kullanılabilir.
- Eğitim programları tasarlanırken yalnızca teknik bilgi değil, aynı zamanda etik boyutlar, risk değerlendirmesi ve öğrenciye katkı gibi çok boyutlu farkındalık alanları da göz önünde bulundurulmalıdır.

Ethical approval

Etik değerlendirmeyi yapan kurul adı: Gazi Üniversitesi Rektörlüğü Etik Komisyonu.

Etik değerlendirme kararının tarihi: 16.04.2025.

Etik değerlendirme belgesi sayı numarası: E-77082166-604.01-1218332

Conflict of Interest

Yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

REFERANSLAR

- Aksekili, E., & Kan, A. (2024). Öğretmenlerin Eğitimde Yapay Zekâ Kullanımına Yönelik Tutum Ölçeği Geliştirme: Geçerlik Ve Güvenirlik Çalışması. 21. Yüzyılda Eğitim ve Toplum, 13(39), 525-542.
- Bryman, A., & Cramer, D. (2001). *Quantitative data analysis with SPSS release 10 for Windows*. London: Routledge Press.
- Akyürek, M. İ. (2025). Yapay Zekâ Okuryazarlığı Ölçeğinin Türkçe Uyarlaması: Geçerlik ve Güvenirlik Çalışması (Eğitim Paydaşlarına Yönelik). Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 45(2), 649-663. <https://doi.org/10.17152/gefad.1469370>
- Brown, T. A. (2015). *Confirmatory factor analysis for applied research* (2nd ed.). The Guilford Press.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. W. W. Norton & Company.
- Büyük, U., & Çetingüney, H. (2025). Eğitimde Yapay Zekâ Kullanımına Yönelik Öğretmenlerin Öz Yeterlik İnancı: Geçerlik ve Güvenirlik Çalışması. Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi, 16(1), 1422-1445. <https://doi.org/10.51460/baebd.1602705>
- Büyüköztürk, Ş. (2021). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Pegem Akademi.
- Byrne, B. M. (2016). *Structural equation modeling with AMOS: Basic concepts, applications, and programming* (3rd ed.). Routledge.
- Casal-Otero, L., Catala, A., Fernández-Morante, C. et al. AI literacy in K-12: a systematic literature review. *IJ STEM Ed* 10, 29 (2023). <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00418-7>
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access*, 8, 75264–75278. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510>
- Chen, X., Xie, H., & Hwang, G. J. (2020). A multi-perspective study on artificial intelligence in education: Grants, conferences, journals, and patents. *Educational Technology & Society*, 23(4), 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100005>
- Chiu, T. K. F. (2021). Digital learning in science education: Challenges and solutions. *Science Education International*, 32(2), 91–98.
- Chiu, T. K. F. (2025). Teacher Education for AI Competency. In *Empowering K-12 Education with AI*. Taylor & Francis. <https://doi.org/10.4324/9781003498377>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- Çolak Yazıcı, S., & Erkoç, M. (2023). Fen Bilimleri Grubu Öğretmenlerinin Uzaktan Eğitim Sürecinde Yapay Zekâ Kullanma Durumlarının Analizi. Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi(58), 2682-2704. <https://doi.org/10.53444/deubefd.1316144>
- Çolak Yazıcı, S., & Erkoç, M. (2024). Kimya, Fizik, Biyoloji ve Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Yapay Zekâ Kullanımına Yönelik Görüş ve Tutumlarının Teknoloji Kabul Modeline göre Analizi. Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi, 15(2), 1606-1641. <https://doi.org/10.51460/baebd.1496347>
- Davis, F. (1989) Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13, 319-340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Durukan, A., & Altun, M. S. (2024). Üretken yapay zekânın fen eğitime entegrasyonu: Sistemik bir inceleme. TRB2 International Congress on Educational Sciences – III.
- Eniş Erdoğan, T., & Ekşioğlu, S. (2024). Yapay Zekâ Okuryazarlığı Ölçeği'nin Türkçeye Uyarlanması.

- Türk Eğitim Bilimleri Dergisi, 22(2), 1196-1211. <https://doi.org/10.37217/tebd.1496716>
- Erdoğan, F., & Cakir, O. (2024). Öğretmen Adaylarının Yapay Zekâ Okuryazarlıklarının ve Yapay Zekâya İlişkin Algılarının Belirlenmesi. *Uluslararası Türk Kültür Coğrafyasında Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(2), 63-95. <https://doi.org/10.55107/turksosbilder.1594635>
- Field, A. (2005). *Discovering statistics using SPSS*. London: Sage Publications.
- Guo, S., Latif, E., Zhou, Y., Huang, X., & Zhai, X. (2024). *Using generative AI and multi-agents to provide automatic feedback*. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2411.07407>
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate data analysis* (8th ed.). Cengage Learning.
- Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Buckingham Shum, S., & Koedinger, K. R. (2022). Ethics of AI in education: Towards a community-wide framework. *UNESCO Publishing*.
- Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Nemorin, S., & Tuomi, I. (2022). Ethics of artificial intelligence in education: Towards a community of practice. *UNESCO Publishing*.
- Hu, L. T., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1–55. <https://doi.org/10.1080/10705519909540118>
- Işık, E., & Köse, M. (2024). Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Artırılmış Gerçeklik, Metaverse, yapay Zekâ ve Eğitimde Uygulamalarıyla İlgili Görüşlerinin İncelenmesi. *Journal of Individual Differences in Education*, 6(2), 149-169. <https://doi.org/10.47156/jide.1587315>
- Kim, S., & Lee, J. (2023). Exploring K-12 teachers' perceptions of artificial intelligence in education: A qualitative study. *Education and Information Technologies*, 28(3), 2561–2584.
- Kline, R. B. (2016). *Principles and practice of structural equation modeling* (4th ed.). The Guilford Press.
- Knight, J., & Faggella-Luby, M. (2024). *Data rules: Elevating teaching with objective reflection*. ASCD. <https://www.ascd.org/books/data-rules?variant=123026>
- Li, S., Wang, X., & Li, J. (2022). The impact of artificial intelligence on science education: A systematic review. *Journal of Science Education and Technology*, 31(4), 401–418.
- Li, S., Wang, X., & Zhu, Y. (2022). A systematic review of AI-assisted personalized learning in K-12 education. *Education and Information Technologies*, 27(8), 11211–11234.
- Lin, P. Y., Chai, C. S., Jong, M. S. Y., Dai, Y., Guo, Y., & Qin, J. (2023). Modeling K–12 students' artificial intelligence literacy: A cross-sectional survey. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, 100127. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100127>
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. Pearson.
- Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1–16). ACM. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376727>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>

- OECD. (2021). *AI and the future of skills, Vol. 1: OECD skills outlook 2021*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5ee40c01-en>
- Pedaste, M., & Sarapuu, T. (2020). Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities for teachers. *Education Sciences*, 10(10), 281. <https://doi.org/10.3390/educsci10100281>
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.
- Schumacker, R. E., & Lomax, R. G. (2016). *A beginner's guide to structural equation modeling* (4th ed.). Routledge.
- Selwyn, N. (2019). *Should robots replace teachers? AI and the future of education*. Polity Press.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2019). *Using multivariate statistics* (7th ed.). Pearson.
- Talan, T., Kalinkara, Y., & Alabay, A. (2023). A scale for teachers' artificial intelligence awareness: A validity and reliability study. *Journal of Computer and Education Research*, 11(21), 164–188.
- Talan, T., Kalinkara, Y., & Batdı, V. (2023). Teachers' awareness, opinions, and ethics regarding artificial intelligence in education. *Technology, Knowledge and Learning*, 28, 285–305. <https://doi.org/10.1007/s10758-021-09579-5>
- Tenberga, I., & Daniela, L. (2024). Artificial Intelligence Literacy Competencies for Teachers Through Self-Assessment Tools. *Sustainability*, 16(23), 10386. <https://doi.org/10.3390/su162310386>
- Thompson, B. (2004). *Exploratory and confirmatory factor analysis: Understanding concepts and applications*. Washington DC: American Psychological Association.
- Tripathi T, Sharma SR, Singh V, Bhargava P and Raj C (2025) Teaching and learning with AI: a qualitative study on K-12 teachers' use and engagement with artificial intelligence. *Front. Educ.* <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1651217>
- Tuomi, I. (2021). Teacher Competence in the Age of Artificial Intelligence. *European Journal of Education*, 56(3), 398–412.
- UNESCO. (2022). *K-12 AI curricula: A mapping of government-endorsed AI curricula*. UNESCO Publishing.
- World Economic Forum. (2023). *The Future of Jobs Report 2023*. <https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2023/>
- Yılmaz, A. (2024). Strengths And Weaknesses Of Teachers' Use Of Artificial Intelligence, Transhumanism And Creativity Applications In Science Education. *International Journal of Eurasia Social Sciences*, 15(55), 17–36. <https://doi.org/10.35826/ijoess.4448>
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., 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), 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Artificial intelligence (AI), a core driver of global technological transformation, encompasses systems capable of mimicking human cognitive abilities such as learning, problem-solving, and decision-making (Russell & Norvig, 2021). Its rapid advancement has reshaped sectors including healthcare, transportation, finance, and manufacturing, elevating AI to a strategic asset for economic growth, social development, and national security (Brynjolfsson & McAfee, 2014; WEF, 2023). In education, AI offers personalized learning, learning analytics, intelligent tutoring, and immersive technologies like VR/AR, creating opportunities for enhancing 21st-century skills while raising ethical and pedagogical concerns (OECD, 2021; UNESCO, 2022; Holmes et al., 2022). Science education, with its emphasis on inquiry, critical thinking, and data analysis, is particularly well-suited for AI integration, which can enable virtual laboratories, complex data analysis, and adaptive feedback systems (Li et al., 2022; Lin et al., 2023). However, the effectiveness of such integration depends on teachers' awareness, competencies, and ethical understanding of AI, yet there is a notable lack of measurement tools specifically designed for science teachers' AI awareness. This study aims to develop a valid and reliable scale to assess such awareness, thereby informing professional development, guiding AI integration strategies, and contributing to educational policy.

Method: This study aimed to develop a valid and reliable measurement instrument, the “Artificial Intelligence Awareness Scale for Science Teachers,” to assess science teachers' AI awareness levels. Data were collected via convenience sampling from science teachers working across 61 provinces in Turkey during the 2024–2025 academic year, comprising 301 participants for Exploratory Factor Analysis (EFA) and 551 participants for Confirmatory Factor Analysis (CFA). The initial item pool consisted of 72 statements derived from an extensive literature review, which was refined to 50 items through expert validation to ensure content validity. The scale was structured around five conceptual dimensions: knowledge and pedagogical application, ethics, risk perception and concerns, contribution to student skills, and attitudes and acceptance. Items were measured on a five-point Likert scale, including both positively and negatively worded statements, with the latter reverse-coded in analyses. Data collection was conducted using an online survey platform. Construct validity was assessed through EFA and CFA using IBM SPSS 27 and AMOS software, respectively, applied sequentially to the two samples. The rigorous methodological approach ensured the development of a psychometrically sound instrument capable of reliably capturing the multifaceted nature of science teachers' AI awareness, providing a foundation for future research, professional development, and educational policy planning.

Findings: The analysis results of the “Artificial Intelligence Awareness Scale for Science Teachers” demonstrated that the scale possesses a valid and reliable structure. In the first stage, data obtained from 301 participants were subjected to Exploratory Factor Analysis (EFA), revealing a five-factor structure corresponding to the conceptual dimensions identified during the development phase: knowledge and pedagogical application, ethics, risk perception and concerns, contribution to student skills, and attitude and acceptance. The total explained variance was 68.4%, indicating a strong representation of the construct. In the second stage, Confirmatory Factor Analysis (CFA) was performed with data from 551 participants, confirming the five-factor model with satisfactory fit indices ($\chi^2/df = 4.212$, CFI = 0.911, TLI = 0.902, RMSEA = 0.076). Reliability analyses showed high internal consistency, with Cronbach's alpha coefficients ranging from 0.82 to 0.91 across sub-dimensions and 0.94 for the overall scale. Descriptive statistics highlighted balanced participation across gender, school type, and teaching experience categories. Overall, the findings confirm that the developed scale is a psychometrically robust instrument for assessing the artificial intelligence awareness levels of science teachers in Turkey.

Discussion: The study developed a novel and comprehensive scale that measures science teachers' artificial intelligence awareness in a multidimensional manner, reflecting the growing significance of AI in education. This instrument addresses a critical gap in the literature by encompassing not only theoretical knowledge but also pedagogical application skills, ethical awareness, risk perception, contributions to student competencies, and affective acceptance. Particularly aligned with the nature of science education, the scale emphasizes teachers' capacity to integrate technology with pedagogical objectives, thereby enhancing its practical value for professional development and educational leadership. Furthermore, by demonstrating that attitudes and acceptance toward AI involve a complex, multifaceted process beyond mere perceptions of usability, the scale makes a significant theoretical and applied contribution to the field of educational technology.

Conclusion: Within the scope of this study, the "Artificial Intelligence Awareness Scale for Science Teachers" was successfully developed to validly and reliably measure the multidimensional awareness levels of science teachers regarding artificial intelligence (AI). Exploratory and confirmatory factor analyses confirmed that the scale consists of 29 items organized into five factors. The five-factor structure explained 67.474% of the total variance, and the overall internal consistency of the scale was high, with a Cronbach's alpha of .867. Fit indices from the confirmatory factor analysis (CFI = .911; RMSEA = .076; $\chi^2/df = 4.212$) indicated an acceptable and good model-data fit. The final scale encompasses five subdimensions: "AI Knowledge and Pedagogical Application Awareness," "Ethical Awareness in AI Use," "Risk Perception and Concerns Regarding AI," "Contribution of AI to Student Skills," and "Attitudes and Acceptance Toward AI." These findings demonstrate that the developed instrument comprehensively and effectively assesses science teachers' AI awareness not only at a superficial acceptance level but also through pedagogical, ethical, and critical dimensions. Notably, the emergence of two distinct factors—"Ethical Awareness in AI Use" and "Risk Perception and Concerns Regarding AI"—constitutes one of the study's most significant findings, indicating that science teachers approach AI with more than a technocratic perspective. They critically engage with ethical dilemmas (such as data privacy, algorithmic bias, and student autonomy) and potential risks (including job security concerns and erosion of critical thinking). This empirical evidence supports Holmes et al.'s (2022) call for adopting a "critical optimism" toward AI ethics in education and underscores the necessity of teacher awareness for the responsible and human-centered integration of AI in classrooms (Selwyn, 2019).

Recommendation: Recommendations for researchers include applying the developed scale to diverse teacher populations and candidates across different branches to further validate its structure and conduct comparative analyses. Advanced quantitative and qualitative studies can explore variables influencing AI awareness, such as professional experience and frequency of technology use. Cross-regional applications would enhance the scale's cultural and contextual validity, while longitudinal research could track changes in teachers' AI awareness over time. For educators, it is essential not only to possess AI knowledge but also to effectively integrate it into pedagogical practices; thus, in-service training programs should be revised accordingly. Results from the scale can inform individualized professional development plans, and school administrators should address teachers' ethical concerns and risk perceptions by providing appropriate guidance and support. Additionally, fostering teachers' recognition of AI's potential to develop students' 21st-century skills is crucial. Program developers and policymakers are encouraged to systematically integrate interdisciplinary AI content into teacher education curricula, ensuring structured modules on AI awareness become core components of undergraduate and graduate programs. Education policies should be informed by teachers' assessed awareness levels, and program designs must encompass not only technical knowledge but also ethical considerations, risk assessment, and the multidimensional impacts of AI on students.