

STEM ve Yapay Zekâ: Eğitimde Bütünleşik Yaklaşımlar Üzerine Bibliyometrik Bir Analiz (2006–2025)*

Çağrı AVAN^a, Selçuk AÇIKGÖZ^b

^a Kastamonu İl Milli Eğitim Müdürlüğü, Ölçme Değerlendirme Merkezi, Kastamonu /Türkiye
cagriavan@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4068-7631>

^b Mersin Üniversitesi, Anamur Meslek Yüksekokulu, Mersin/Türkiye
selcukacikgoz@mersin.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-6549-576X>

Geliş Tarihi: 09.03.2026

Kabul Tarihi: 04.05.2026 V. Uluslararası Eğitimde ve Kültürde

Anahtar

Kelimeler:

STEM eğitimi,
yapay zekâ,
bibliyometrik
analiz,
öğrenme analitiği

Makale Türü:

Araştırma

Öz

Bu çalışma, STEM eğitimi ile yapay zekâ teknolojilerinin keşişiminde son yirmi yılda (2006–2025) üretilen akademik literatürü bibliyometrik yöntemle analiz etmeyi amaçlamaktadır. Eğitimde kişiselleştirilmiş öğrenme yaklaşımlarının ve disiplinler arası entegrasyonun giderek önem kazanması, bu iki alanın birlikte ele alınmasını gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda, çalışma STEM ve YZ temalı yayınların üretim eğilimlerini, etki düzeylerini, anahtar kavram yapılarını, iş birliği ağlarını ve entelektüel kümelenmelerini ortaya koymayı hedeflemiştir.

Araştırmanın verileri, Web of Science Core Collection veri tabanından 07 Temmuz 2025 tarihinde alınmış ve 2006–2025 yılları arasında yayımlanmış 449 akademik yayın bibliyometrik analiz kapsamına alınmıştır. Analiz sürecinde bibliometrix R paketi ve biblioshiny arayüzü kullanılarak yıllara göre yayın dağılımları, atıf analizleri, ortak atıf ağları, anahtar kelime eş-oluşumları ve tematik evrim haritaları oluşturulmuştur.

Elde edilen bulgular, yıllık ortalama yayın artış oranının %20.93 olduğunu ve özellikle 2021–2022 döneminde üretimde yoğunlaşma yaşandığını göstermektedir. “STEM education”, “artificial intelligence”, “intelligent tutoring systems” ve “computational thinking” en sık kullanılan anahtar kelimeler arasında yer almıştır. Ortak atıf ve kavram analizi, VanLehn, D’Mello, Graesser gibi yazarların çalışmaları alanın temel kuramsal referansları olarak belirlenmiştir. Tematik evrim analizleri, son yıllarda “AI ethics”, “personalized learning” ve “chatbot” gibi kullanıcı merkezli ve etik temaların yükseldiğini ortaya koymuştur. Bu çalışma, STEM ve yapay zekâ ekseninde üretilen literatürün yalnızca teknik değil; pedagojik, kuramsal ve etik boyutlarda da zenginleştiğini göstermektedir.

*Akademik Çalışmalar Sempozyumu (13-15 Kasım 2025 KKTC) bildiri olarak sunulmuştur.

STEM and Artificial Intelligence: A Bibliometric Analysis of Integrated Approaches in Education (2006–2025)*

Çağrı AVAN^a, Selçuk AÇIKGÖZ^b

^aKastamonu Provincial Directorate of National Education, Measurement and Evaluation Center Kastamonu/Turkey

cagriavan@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-4068-7631>

^bMersin University, Anamur Vocational School Mersin / Turkey

selcukacikgoz@mersin.edu.tr <https://orcid.org/0000-0001-6549-576X>

Received: March,09 2026

Accepted: May 04, 2026

Keywords:

STEM education,
artificial
intelligence,
bibliometric
analysis,
learning analytics

Paper Type:

Research

Abstract

This study aims to analyze the academic literature produced at the intersection of STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) education and artificial intelligence (AI) technologies between 2006 and 2025 through a bibliometric approach. As personalized learning approaches and interdisciplinary integration become increasingly vital in education, the convergence of these two domains necessitates a comprehensive investigation. In this context, the study seeks to reveal publication trends, citation performance, conceptual structures, collaboration networks, and intellectual clusters within the STEM-AI literature.

The data were obtained from the Web of Science Core Collection on July 7, 2025, and include 449 peer-reviewed publications published between 2006 and 2025. Using the bibliometrix R package and its biblioshiny interface, analyses such as annual publication trends, citation distributions, co-citation networks, keyword co-occurrence, and thematic evolution maps were conducted.

The findings indicate an annual publication growth rate of 20.93%, with a notable increase in research output observed during 2021–2022. The most frequently used keywords include “STEM education,” “artificial intelligence,” “intelligent tutoring systems,” and “computational thinking.” Co-citation and conceptual structure analyses identified works by VanLehn, D’Mello, and Graesser as intellectual anchors within the field. Thematic evolution analysis highlights a recent shift toward user-centered and ethically oriented concepts such as “AI ethics,” “personalized learning,” and “chatbots.” This study demonstrates that the literature on STEM and AI has evolved not only technically but also pedagogically, theoretically, and ethically.

*This paper was presented at the 5th International Symposium on Academic Studies in Education and Culture (November 13-15, 2025, KKTC).

Giriş

Yirmi birinci yüzyılda hız kazanan dijital dönüşüm, eğitim sistemlerinde önemli değişimlere yol açmıştır. Özellikle yapay zekâ (YZ) teknolojilerindeki gelişmeler, STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) eğitimi alanında disiplinler arası etkileşimi artırmış ve araştırma konularının çeşitlenmesine katkı sağlamıştır. Bu süreçte, STEM eğitimi disiplinler arası bir öğrenme yaklaşımı sunarken, YZ teknolojileri öğrenme süreçlerinin bireyselleştirilmesini destekleyen önemli araçlar olarak öne çıkmaktadır (Barkoczi vd., 2024; Zou vd., 2025).

STEM eğitimi; fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin bütünleşik bir şekilde ele alındığı ve öğrencilerin problem çözme, eleştirel düşünme ve yaratıcılık gibi 21. yüzyıl becerilerini geliştirmeyi amaçlayan bir yaklaşımdır (Bybee, 2013; Honey vd., 2014; Dare vd., 2021). Bu yaklaşım, öğrencilerin disiplinler arası bilgi ve becerileri kullanarak gerçek yaşam problemlerine çözüm üretebilmelerini hedeflemektedir.

Yapay zekâ (YZ) teknolojileri, öğrenme süreçlerinin bireyselleştirilmesini ve veri temelli karar verme süreçlerinin geliştirilmesini destekleyerek eğitimin dijitalleşmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Hariyanto vd., 2025). Özellikle akıllı öğretim sistemleri, makine öğrenmesi ve doğal dil işleme (NLP) tabanlı uygulamalar, öğrencilerin bireysel özelliklerine uygun öğrenme yollarının oluşturulmasına katkı sağlamaktadır (Holmes vd., 2019; Roll & Wylie, 2016; Zawacki-Richter vd., 2019). Bu sistemler, öğretmenin rolünü destekleyici biçimde geri bildirim sağlama ve öğrenme süreçlerini izleme imkânı sunmaktadır.

Son yıllarda yapay zekâ ile STEM eğitiminin kesişiminde, YZ destekli uygulamalara odaklanan çalışmaların arttığı görülmektedir. Bu çalışmalar, özellikle STEM öğretim süreçlerinde dijital materyal ve platformların kullanımına yönelmektedir. Akıllı öğretim sistemleri, yapay zekâ tabanlı sohbet robotları ve simülasyon ortamları, öğrencilerin kavramları daha etkileşimli ve uygulamaya dayalı biçimde öğrenmelerine katkı sağlamaktadır (Chassignol vd., 2018; Chen vd., 2020). Bu uygulamalar, özellikle problem çözme ve deneysel öğrenme süreçlerini destekleyen araçlar olarak değerlendirilmektedir.

Bunun yanı sıra literatürde, yapay zekânın yalnızca bir öğretim aracı olarak değil, aynı zamanda STEM eğitiminin doğrudan bir öğretim içeriği olarak ele alındığı çalışmalar da bulunmaktadır. Bu yaklaşımda, algoritmik düşünme, makine öğrenmesi, veri analitiği ve yapay zekâ etiği gibi konular STEM müfredatına entegre edilerek öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlığı geliştirmeleri hedeflenmektedir (Chen vd., 2020; Ouyang vd., 2023). Bu sayede öğrencilerin, yapay zekâ temelli sistemleri yalnızca kullanıcı olarak değil, eleştirel ve bilinçli bireyler olarak değerlendirebilmeleri desteklenmektedir.

Buna ek olarak, literatürde öne çıkan bir diğer yaklaşım, STEM alanında öğrenme süreçlerinin yapay zekâ teknolojileri aracılığıyla bireyselleştirilmesine odaklanmaktadır. Bu çalışmalar, öğrencilerin öğrenme hızları, ilgi alanları ve performans verilerine göre uyarlanabilir öğrenme yollarının geliştirilmesini ele almaktadır. Yapay zekâ destekli sistemler, öğrenci verilerini analiz ederek kişiye özgü içerik ve geri bildirim sunmakta ve öğrenen merkezli STEM öğrenme ortamlarının oluşturulmasını desteklemektedir (Chassignol vd., 2018; Ouyang vd., 2023; Akhmetova vd., 2025).

Yapay zekâ (YZ), STEM öğrenme ortamlarında yalnızca bir öğretim aracı olarak değil, aynı zamanda yeni nesil düşünme becerilerinin gelişimini destekleyen bir öğrenme unsuru olarak da ele alınmaktadır (Luckin vd., 2016). Bununla birlikte, STEM ve YZ kesişiminde yürütülen çalışmaların tematik dağılımı, kullanılan teknolojiler, hedeflenen beceriler ve uygulama alanları açısından bütüncül bir biçimde incelendiği çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Özellikle bu alanın hangi kavram kümeleri etrafında şekillendiği, hangi ülkelerde ve araştırma ağlarında

yoğunlaştığı ve zaman içinde nasıl bir gelişim gösterdiği gibi sorulara sistematik yanıtlar sunan kapsamlı analizlere ihtiyaç duyulmaktadır (Zawacki-Richter vd., 2019; Ouyang vd., 2023).

Literatürde STEM eğitimi ve yapay zekâ üzerine bazı bibliyometrik çalışmalar (Chen vd., 2020; Zawacki-Richter vd., 2019) bulunmasına rağmen, bu iki alanın kesişimini bütüncül bir perspektifle ele alan çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Mevcut çalışmalar çoğunlukla yapay zekâyı genel eğitim teknolojileri kapsamında incelemekte olup, STEM disiplinleriyle bütünleşen yaklaşımların literatürdeki yansımalarını yeterince kapsamlı biçimde analiz etmemektedir (National Science Foundation [NSF], 2021). Bu çalışma, STEM ve yapay zekâ kesişimindeki literatürü bibliyometrik yöntemlerle inceleyerek alandaki tematik yapıları, kavramsal ilişkileri ve araştırma eğilimlerini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu yönüyle çalışma, literatürdeki mevcut boşluğun daha sistematik bir biçimde değerlendirilmesine katkı sunmayı hedeflemektedir.

Bu çalışmanın amacı, 2006–2025 yılları arasında STEM ve yapay zekâ (YZ) kesişiminde yayımlanan akademik literatürü bibliyometrik yöntemle inceleyerek alandaki üretim eğilimlerini, tematik yapıları ve iş birliği ağlarını ortaya koymaktır. Bu doğrultuda çalışma aşağıdaki araştırma sorularına yanıt aramaktadır:

1. STEM ve YZ literatürünün 2006–2025 yılları arasındaki yıllık yayın büyüme oranı ve atıf dağılım eğilimleri nasıldır?
2. Bu alandaki en verimli yazarlar, kurumlar ve akademik kaynaklar hangileridir ve bu aktörlerin etki düzeyleri (h-index, g-index vb.) nasıl dağılmaktadır?
3. Ülkeler ve yazarlar arası akademik iş birliği ağları hangi merkezlerde yoğunlaşmaktadır?
4. STEM+YZ literatüründe en sık kullanılan anahtar kelimeler nelerdir ve bu kavramlar zaman içinde nasıl bir tematik evrim geçirmiştir?
5. Ortak atıf (co-citation) ve kavramsal haritalama analizlerine göre alanın temel kuramsal dayanakları nelerdir?

Yöntem

Bu araştırma, bibliyometrik analiz yöntemi kullanılarak yürütülmüştür. Bibliyometrik analiz, bilimsel yayınların yapısını, gelişim eğilimlerini ve ilişkisel örüntülerini incelemeye yönelik nicel bir araştırma yaklaşımıdır (Donthu vd., 2021; Aria & Cuccurullo, 2017). Bu yöntem, belirli bir araştırma alanının üretkenliğini, iş birliği ağlarını ve atıf yapısını analiz etmek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu kapsamda, STEM ve yapay zekâ temalarını içeren akademik literatür bibliyometrik göstergeler aracılığıyla incelenmiş; anahtar kelime eş-oluşum analizi (co-occurrence) ve tematik kümeleme gibi tekniklerden yararlanılmıştır.

Veri Tabanı ve Kapsam

Araştırma verileri, Web of Science (WoS) Core Collection veri tabanından elde edilmiştir. WoS, yüksek etki faktörlü ve hakemli yayınları kapsamaması nedeniyle bibliyometrik analizlerde yaygın olarak tercih edilen bir veri kaynağıdır (Mongeon & Paul-Hus, 2016). Veri taraması 07 Temmuz 2025 tarihinde gerçekleştirilmiş ve 2006–2025 yılları arasında yayımlanan çalışmalar analize dâhil edilmiştir.

Tarama sürecinde aşağıdaki anahtar kelime dizisi kullanılmıştır:

("STEM Education" OR "Science Technology Engineering Mathematics") AND ("Artificial Intelligence" OR "AI in Education" OR "Intelligent Tutoring Systems") AND ("Teaching" OR "Learning" OR "Instruction" OR "Teacher Education")

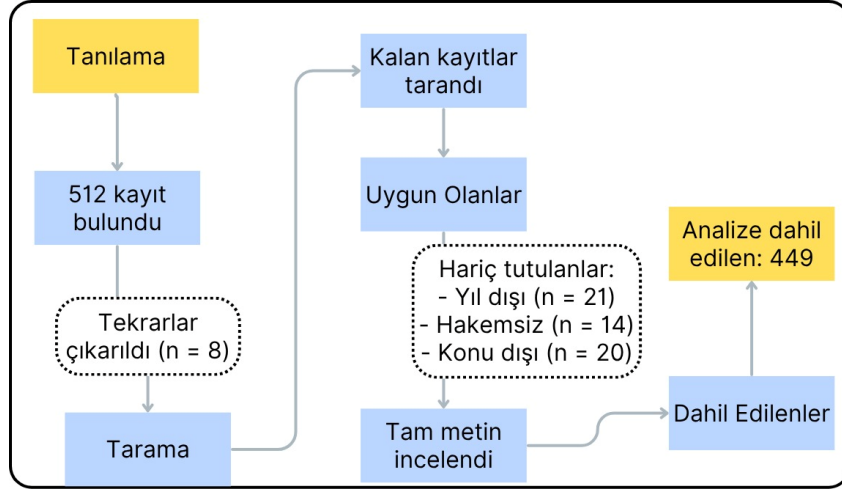
Avan, Ç., & Açıkgöz, S. (2026). STEM and Artificial Intelligence: A Bibliometric Analysis of Integrated Approaches in Education (2006–2025). *Online Journal of Mathematics, Science and Technology Education (OJOMSTE)*, 7(1), 42-67.

Bu tarama sonucunda toplam 449 akademik yayın belirlenmiş ve analiz kapsamına alınmıştır.

Elde edilen yayınların başlık, yazar, yıl, dergi adı, anahtar kelimeler ve özet bilgileri .bib formatında dışa aktarılmıştır. Araştırma verileri, Web of Science (WoS) Core Collection veri tabanında “Topic” (başlık, özet, yazar anahtar kelimeleri ve Keywords Plus) alanı taranarak elde edilmiştir. Veri setinin kapsamlı ve temsil gücü yüksek olması amacıyla Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED), Social Sciences Citation Index (SSCI), Arts and Humanities Citation Index (A&HCI) ve Emerging Sources Citation Index (ESCI) indeksleri analize dâhil edilmiştir. Analiz sürecinde dil kısıtlamasına gidilmemiştir.

Analiz kapsamına alınan 449 dokümanın türsel dağılımı incelendiğinde, 183’ünün araştırma makalesi (Article), 16’sının inceleme makalesi (Review) ve 228’inin konferans bildirisi/toplantı özeti (Meeting Abstract/Proceedings) olduğu görülmektedir. Ayrıca veri setinde erken erişim makaleler, kitap bölümleri ve editöryal metinler de yer almaktadır.

Veri seçim süreci PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) protokolüne uygun olarak yürütülmüştür. İlk aşamada yapılan tarama sonucunda 512 kayda ulaşılmıştır. Ön eleme sürecinde, 2006–2025 yılları dışında kalan 21 yayın ve hakemli olmayan 14 doküman veri setinden çıkarılmıştır. Yinelenen kayıtların kontrolü sonucunda 8 mükerrer çalışma elenmiştir. Son aşamada başlık ve özet incelemesi yapılmış, araştırma odağıyla doğrudan ilişkili olmayan 20 çalışma kapsam dışı bırakılmıştır. Bu süreç sonunda toplam 449 akademik doküman analiz kapsamına dâhil edilmiştir. Süreç, PRISMA akış diyagramı ile Şekil 1’de sunulmuştur.



Şekil 1. Sistematik literatür taraması kapsamında çalışma seçim sürecine ilişkin PRISMA 2020 akış diyagramı

Analizlerin güvenilirliğini artırmak amacıyla veri temizliği ve normalizasyon süreci uygulanmıştır. Bu kapsamda, yazım farklılığı gösteren yazar isimleri (ör. “Smith J.” ve “Smith, John”) tek bir kimlik altında birleştirilmiş ve kurum adlarındaki farklı kullanımlar standardize edilmiştir. Ayrıca mükerrer kayıtlar veri setinden çıkarılmıştır.

Kavramsal tutarlılığı sağlamak amacıyla bir eş anlamlılar dizini (thesaurus) oluşturulmuş ve “AI”, “Artificial Intelligence” ve “Yapay Zekâ” gibi aynı kavramı ifade eden anahtar kelimeler tek bir başlık altında toplanmıştır. Benzer şekilde, “STEM education” ve “STEM learning” gibi yakın anlamlı terimler birleştirilmiştir.

Bu işlemler sonucunda veri seti analiz için uygun hale getirilmiş ve bibliyometrik analizler nihai veri seti üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Veri Analizi Süreci

Verilerin analizi, bibliometrix (Aria & Cuccurullo, 2017) R paketi ve buna entegre biblioshiny aracı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırma sorularına yanıt verebilmek amacıyla aşağıdaki bibliyometrik analiz tekniklerinden yararlanılmıştır:

- Yıllara göre yayın ve atıf dağılımı
- En verimli yazarlar, kurumlar ve ülkeler
- Atıf analizi (total citation, h-index, g-index, m-index)
- Ortak yazarlık analizi (co-authorship analysis)
- Anahtar kelime eş-oluşum analizi (co-word analysis)
- Ortak atıf analizi (co-citation analysis)
- Kaynaklar arası ilişki ağı (source co-citation)
- Tematik haritalama ve evrim analizi

Bu analizler, literatürün üretim eğilimlerini, etki düzeylerini, iş birliği yapılarını ve kavramsal organizasyonunu çok boyutlu olarak incelemek amacıyla seçilmiştir. Elde edilen sonuçlar ağ görselleştirme, tematik harita ve trend analizleri aracılığıyla sunulmuştur.

STEM ve yapay zekâ literatürünün tematik yapısını daha kapsamlı incelemek amacıyla anahtar kelime analizi üç farklı düzeyde gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, yazarların kendi çalışmalarını tanımlamak için kullandıkları “Yazar Anahtar Kelimeleri” analiz edilmiştir. İkinci olarak, Web of Science tarafından otomatik olarak oluşturulan “Keywords Plus” dizini incelenmiştir. Son olarak, başlık ve özet metinlerinde yer alan terimler frekans analizine tabi tutulmuştur.

Bu çok katmanlı yaklaşım, literatürdeki kavramların hem araştırmacılar tarafından nasıl tanımlandığını hem de veri tabanı düzeyinde nasıl ilişkilendirildiğini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Kavramsal Haritalama ve Tematik Kümeleme

Verilerin yorumlanmasında bilimsel üretkenlik (yayın sayısı), etki gücü (atıf sayısı ve PageRank değeri) ve ilişkisellik (kümeleme yapıları ve ağ bağlantıları) gibi göstergeler dikkate alınmıştır.

Tematik analizlerde, literatürde en sık kullanılan anahtar kelimeler ve çalışmalar arasındaki atıf ilişkileri incelenerek benzer konular etrafında kümelenmeler belirlenmiştir. Bu kapsamda, yerel ve küresel atıf yapıları değerlendirilerek çalışmaların hem veri seti içindeki hem de genel literatürdeki etkisi analiz edilmiştir.

Ortak atıf ve eş-oluşum analizlerinde ise kavramlar ve çalışmalar arasındaki ilişkilerin yapısı, ağ ölçütleri kullanılarak incelenmiştir. Bu ölçütler arasında düğümlerin bağlantı yoğunluğu, diğer düğümlere olan uzaklığı (yakınlık merkezitesi) ve farklı kümeler arasında köprü rolü üstlenme düzeyi (aradalık merkezitesi) yer almaktadır. Elde edilen bulgular grafikler aracılığıyla görselleştirilmiş ve yorumlanmıştır.

Bulgular

Bu bölümde, R Studio programı ile yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgular tablolar ve grafiklerle sunulmaktadır. Bu görseller, ortaya çıkan eğilimleri ve önemli noktaların daha iyi ifade edilmesi için açıklamalarla desteklenmiştir.

Araştırma Sorusu 1: Yayın ve Atıf Eğilimleri

Bu bölümde, STEM ve yapay zekâ literatürünün 2006–2025 yılları arasındaki yıllık yayın üretimi ve atıf eğilimleri incelenmiştir. Elde edilen temel bibliyometrik göstergeler Tablo 1’de sunulmaktadır.

Tablo 1. STEM ve YZ Literatürüne Ait Tanımlayıcı Bibliyometrik Göstergeler (2006–2025)

Açıklama		Sonuçlar
Veriler Hakkında Başlıca Bilgiler	Zaman aralığı	2006-2025
	Kaynaklar (Dergi, kitap vb.)	225
	Dokümanlar	449
	Yıllık Büyüme Oranı %	20.93
	Dokümanların ortalama yaşı	5
	Doküman başına düşen atıf sayısı	16.38
	Kaynakçada atıf verilen eserlerin toplam sayısı	17116
Doküman İçerikleri	Keywords Plus – yayıncı anahtar sözcük sayısı	570
	Yazarların anahtar sözcük sayısı	1395
Yazarlar	Yazar Sayısı	1567
	Tek yazarlı yayın üreten yazar sayısı	28
Yazar İşbirliği	Toplam tek yazarlı yayın sayısı	31
	Doküman başına düşen ortak yazar sayısı	4.43
	Uluslararası ortak yazarlık oranı (%)	15.37
Doküman Türleri	Makale	183
	Makale; Kitap bölümü	5
	Makale; erken erişim	8
	Editöryal metin	6
	Toplantı özeti	228
	İnceleme	16
	İnceleme erken erişim	3

Tablo 1 incelendiğinde, analiz kapsamında 2006–2025 yılları arasında toplam 449 akademik dokümanın değerlendirildiği ve bu çalışmaların 225 farklı kaynaktan elde edildiği görülmektedir. Yıllık ortalama yayın artış oranı %20.93 olarak hesaplanmıştır. Bu bulgu, STEM ve yapay zekâ kesişimindeki çalışmaların zaman içinde artış eğilimi gösterdiğine işaret etmektedir.

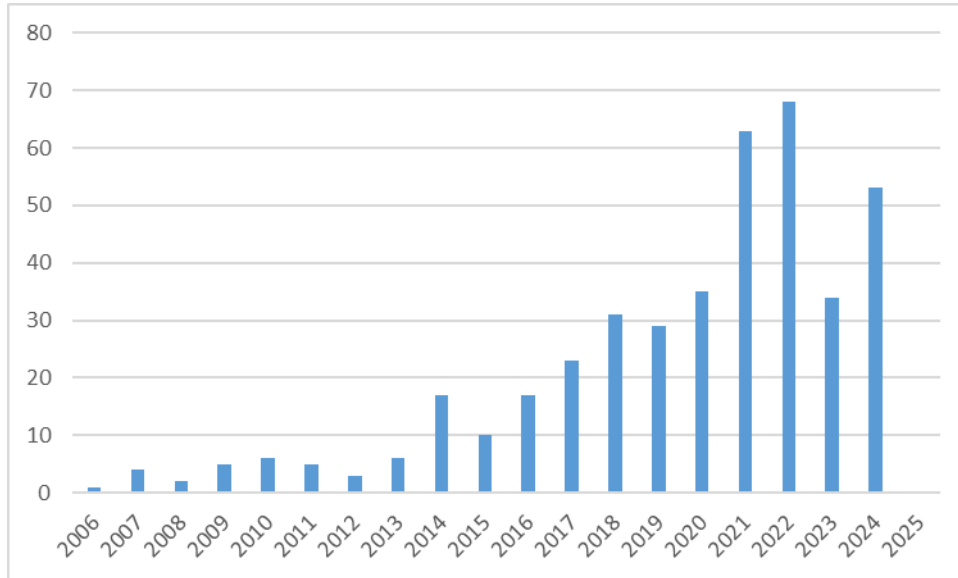
İncelenen yayınların ortalama yaşı 5 yıl olup, literatürün büyük ölçüde güncel çalışmalardan oluştuğu söylenebilir. Doküman başına düşen ortalama atıf sayısı 16.38 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, veri setinde yer alan çalışmaların kaynakçalarında toplam 17116 atıf bulunduğu görülmektedir. Bu durum, alanın referans yoğun bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Doküman türleri incelendiğinde, yayınların önemli bir kısmını 183 adet özgün araştırma makalesi oluşturmaktadır. Bunu 228 adet toplantı özeti ve 16 adet inceleme makalesi takip etmektedir. Bunun yanında erken erişim makaleler, editöryal metinler ve kitap bölümleri de veri setinde yer almaktadır. Bu çeşitlilik, alanın farklı yayın türleri üzerinden geliştiğini göstermektedir.

Yazar iş birliği bağlamında, doküman başına ortalama 4.43 ortak yazar düştüğü ve yayınların yaklaşık %15.37'sinde uluslararası iş birliği bulunduğu görülmektedir. Toplam 1567 farklı yazarın yer aldığı veri setinde yalnızca 31 yayının tek yazarlı olması, STEM ve yapay zekâ temelli çalışmaların büyük ölçüde ekip çalışmasına dayandığını göstermektedir.

Ayrıca, yazarlar tarafından kullanılan anahtar kelime sayısının 1395, yayıncı sistemleri tarafından atanan Keywords Plus terimlerinin ise 570 olduğu belirlenmiştir. Bu durum, literatürde kavramsal çeşitliliğin yüksek olduğunu ve çalışmaların farklı tematik alanlara yayıldığını göstermektedir.

STEM ve yapay zekâ alanında yayımlanan bilimsel dokümanların yıllara göre dağılımı Şekil 2'de sunulmaktadır.



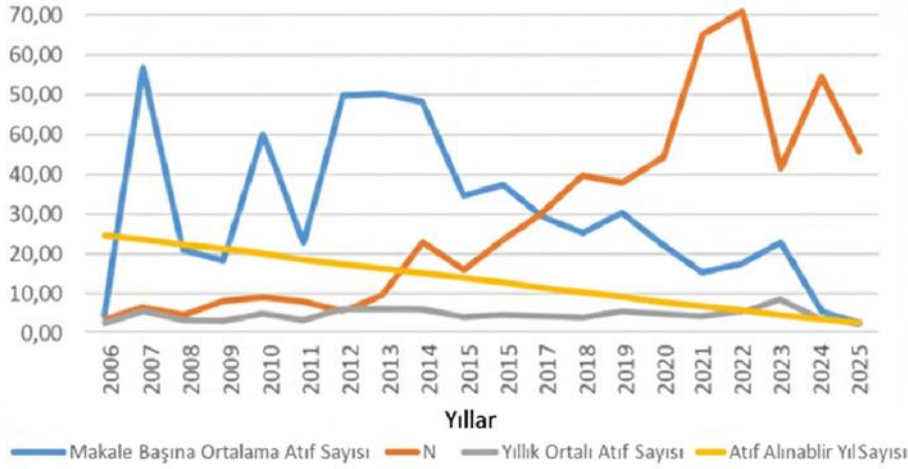
Şekil 2. 2006–2025 Yılları Arasında STEM ve YZ Konulu Yayınların Yıllara Göre Dağılımı

Şekil 2 incelendiğinde, 2006–2013 yılları arasında yayın sayılarının görece düşük düzeyde seyrettiği görülmektedir. Bu dönemde yıllık yayın sayısının sınırlı kaldığı ve alana yönelik akademik ilginin henüz gelişim aşamasında olduğu söylenebilir.

2014 yılı ile birlikte yayın sayısında belirgin bir artış eğilimi gözlenmekte, bu artışın özellikle 2020 yılı sonrasında hız kazandığı dikkat çekmektedir. 2021 ve 2022 yılları, sırasıyla 63 ve 68 yayın ile en yüksek üretim düzeyine ulaşılan dönemler olmuştur.

2023–2025 yılları arasında da yayın sayılarının yüksek seviyede seyrini sürdürdüğü görülmektedir. Bu durum, STEM ve yapay zekâ kesişimine yönelik akademik ilginin son yıllarda artış gösterdiğine işaret etmektedir. Yayın sayısındaki bu artışın, eğitimde dijitalleşme süreçlerinin hızlanması ve yapay zekâ teknolojilerine yönelik ilginin artmasıyla ilişkili olabileceği değerlendirilmektedir.

Yıllara göre atıf dağılımları Şekil 3'te sunulmaktadır.



Şekil 3. STEM ve YZ Konulu Yayınların Yıllara Göre Ortalama Atıf Dağılımları

STEM ve yapay zekâ konularındaki yayınların bilimsel etkisini değerlendirmek amacıyla, makale başına düşen ortalama atıf sayıları (Mean Total Citations per Article – MeanTCperArt) ve yıllık ortalama atıf değerleri (Mean Total Citations per Year – MeanTCperYear) incelenmiştir.

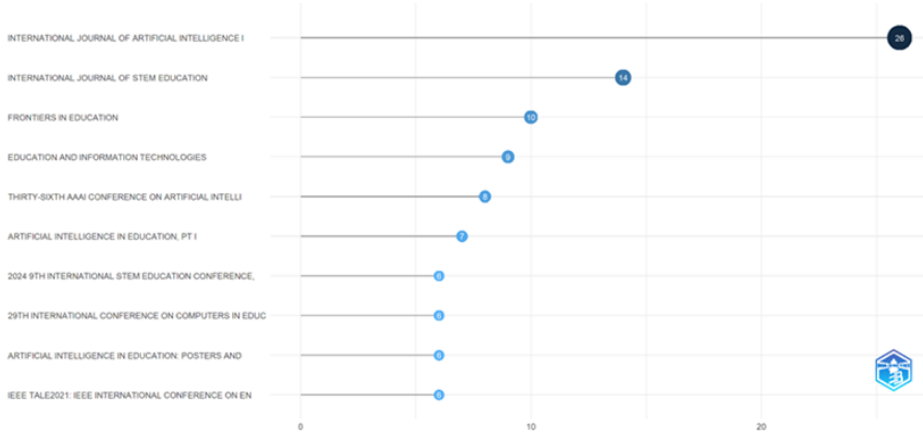
Şekil 3 incelendiğinde, özellikle 2007–2014 döneminde yayımlanan çalışmaların daha yüksek ortalama atıf değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Bu dönemdeki yayın sayısı görece düşük olmasına rağmen, atıf ortalamalarının yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Örneğin, 2007 yılında yayımlanan 4 makalenin ortalama 53.75 atıf aldığı görülmektedir. Benzer şekilde 2010 (40.83), 2012 (48), 2013 (48.17) ve 2014 (46.41) yıllarında yayımlanan çalışmalar da yüksek atıf ortalamalarına sahiptir.

2015 yılı sonrasında yayın sayılarında belirgin bir artış gözlenmesine rağmen, makale başına düşen ortalama atıf sayısında görece bir azalma olduğu görülmektedir. Bu durum, literatürdeki yayın hacminin artmasıyla birlikte atıfların daha geniş bir yayın grubuna dağılmasıyla ilişkili olabilir. Örneğin, 2021 yılında yayımlanan 63 çalışmanın ortalama atıf sayısı 11.17 iken, 2022 yılında yayımlanan 68 çalışmada bu değer 13.00 olarak hesaplanmıştır.

Son yıllarda (2023–2025) yayımlanan çalışmaların ise henüz yeterli atıf birikimine ulaşmadığı görülmektedir. Bu durum, yayınların görece yeni olmasıyla açıklanabilir. Bununla birlikte, 2023 yılı ortalama 17.59 atıf ve yıllık 5.86 atıf değeri ile son dönem çalışmaları arasında dikkat çeken bir konumda yer almaktadır.

Araştırma Sorusu 2: En Verimli Yazarlar, Kurumlar ve Kaynaklar

Bu bölümde, STEM ve yapay zekâ literatüründe öne çıkan yazarlar, akademik kaynaklar ve kurumlar üretkenlik ve etki göstergeleri açısından incelenmiştir. STEM ve yapay zekâ konularındaki bilimsel üretimin hangi akademik mecralarda yoğunlaştığını belirlemek amacıyla kaynak bazlı bir sıklık analizi yapılmıştır. Şekil 4'te, WoS veri tabanından elde edilen yayınlar arasında en sık tercih edilen akademik kaynaklar sunulmaktadır.

journal homepage: <https://www.ojomste.com/index.php/1>

Şekil 4. STEM ve YZ Literatüründe En Sık Atf Alan Akademik Kaynaklar

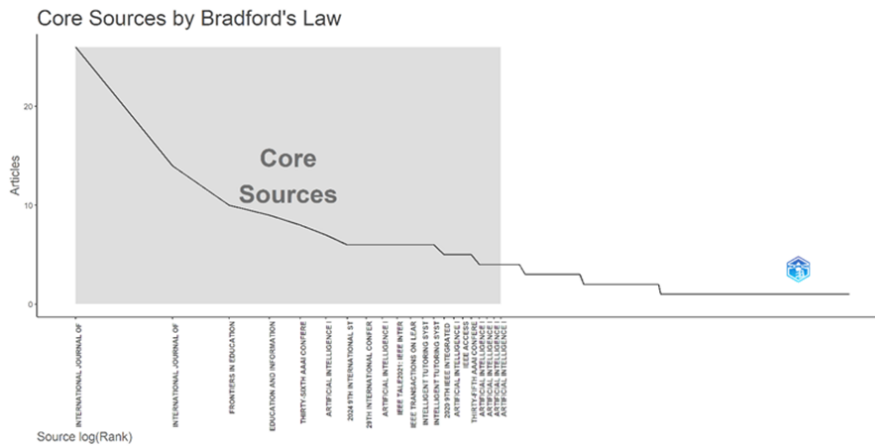
Analiz sonuçlarına göre, 449 çalışmanın 225 farklı kaynaktan yayımlandığı görülmektedir. Bu çeşitlilik, alanın disiplinlerarası yapısına ve farklı araştırma ortamlarında ele alındığına işaret etmektedir.

En fazla yayına sahip kaynak, 26 yayı ile *International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED)* olmuştur. Bu dergiyi *International Journal of STEM Education* (14 yayı) ve *Frontiers in Education* (10 yayı) takip etmektedir. Bu kaynakların, yapay zekâ ve STEM eğitimi kesişiminde yapılan çalışmalara önemli bir yayın ortamı sunduğu görülmektedir.

Akademik dergilerin yanı sıra konferans temelli yayınların da literatürde önemli bir yer tuttuğu dikkat çekmektedir. Özellikle *Thirty-Sixth AAAI Conference on Artificial Intelligence* kapsamında yer alan *Educational Advances in AI* bölümü ile AIED konferansına ait çeşitli yayın türlerinin (poster, çalıştay, doktora konsorsiyumu) alandaki güncel çalışmaların paylaşılmasında aktif rol oynadığı görülmektedir.

Bu bulgular, alanın yalnızca dergi makaleleri üzerinden değil, aynı zamanda konferanslar aracılığıyla da geliştiğine işaret etmektedir.

STEM ve yapay zekâ literatüründe öne çıkan çekirdek kaynaklar, Bradford Yasası çerçevesinde analiz edilmiştir. Şekil 5'te sunulan grafik, yayınların belirli akademik kaynaklarda yoğunlaştığını göstermektedir.



Şekil 5. STEM ve YZ Yayınlarının Bradford Yasası Uyarınca Dağılımı

Grafikte, en fazla yayına sahip kaynakların “çekirdek kaynaklar” bölgesinde toplandığı görülmektedir. Bu kapsamda International Journal of Artificial Intelligence in Education, International Journal of STEM Education, Frontiers in Education, Education and Information Technologies ve Thirty-Sixth AAAI Conference on Artificial Intelligence gibi yayınların literatürde önemli bir konumda yer aldığı dikkat çekmektedir.

Bununla birlikte, daha az sayıda yayın içeren çok sayıda dergi ve konferansın bulunduğu “uzun kuyruk” yapısı da gözlenmektedir. Bu durum, alanın çok disiplinli yapısını ve farklı akademik platformlara yayıldığını göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, STEM ve yapay zekâ literatürünün belirli çekirdek dergi ve konferanslar etrafında yoğunlaştığı, ancak aynı zamanda geniş bir akademik yelpazeye yayıldığı görülmektedir. Bu yapı, alanın hem odaklı hem de çok disiplinli bir gelişim gösterdiğine işaret etmektedir.

STEM ve yapay zekâ kesişiminde yapılan yayınlar incelendiğinde, belirli araştırmacıların hem üretkenlik hem de atıf etkisi açısından öne çıktığı görülmektedir. Bu kapsamda, en çok yayın yapan ve en yüksek atıf değerlerine sahip yazarlar bibliyometrik göstergeler (h-index, g-index ve m-index) kullanılarak analiz edilmiştir. Tablo 2’de, STEM ve yapay zekâ literatüründe öne çıkan yazarların yayın sayıları, toplam atıf değerleri ve bibliyometrik göstergeleri sunulmaktadır.

Tablo 2. STEM ve YZ Alanında En Üretken Yazarlar, Makaleleri ve Atıf Metrikleri

Yazarlar	h-endeksi	g-endeksi	m-endeksi	Toplam Atıf Sayısı	Yayın Sayısı	İlk Yayın Yılı
Azevedo	8	18	0.421	524	18	2007
Taub	8	12	0.8	358	12	2016
Barnes	6	9	0.545	92	13	2015
Belland	6	7	0.545	368	7	2015
Chi	6	10	0.545	114	14	2015
Kim	6	6	0.6	409	6	2016
Biswas	5	11	0.263	154	11	2007
Burleson	5	5	0.333	108	5	2011
Graesser	5	7	0.417	297	7	2014
Heffernan	5	8	0.417	357	8	2014
Ali	4	5	0.8	100	5	2021
Barnes	4	5	0.5	32	5	2018
Girard	4	4	0.333	48	4	2014
Hu	4	7	0.267	259	7	2011
Koedinger	4	4	0.308	186	4	2013
Maniktala	4	5	0.667	39	5	2020
Matsuda	4	8	0.308	99	8	2013
Tiffany	4	5	0.5	32	5	2018
Vanlehn	4	6	0.267	101	6	2011
Xu	4	4	0.8	63	4	2021
Yang	4	4	0.667	46	4	2020
Zhai	4	5	0.8	104	5	2021
Zhang	4	4	0.333	48	4	2014
Arroyo	3	4	0.176	99	4	2009
Ausin	3	5	0.5	31	5	2020

Avan, Ç., & Açıköz, S. (2026). STEM and Artificial Intelligence: A Bibliometric Analysis of Integrated Approaches in Education (2006–2025). *Online Journal of Mathematics, Science and Technology Education (OJOMSTE)*, 7(1), 42-67.

Tablo 2 incelendiğinde, Azevedo'nun toplam atıf sayısı bakımından en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. Analiz sonuçlarına göre m-index değeri en yüksek olan (0.8) araştırmacılar Taub, Ali, Xu ve Zhai'dir. Bu bulgu, söz konusu yazarların alanda kısa sürede oldukça yüksek bir etki oluşturduğunu göstermektedir. Azevedo ise toplam atıf sayısı bakımından lider konumdadır.

Ayrıca, Taub, Ali, Xu ve Zhai gibi bazı araştırmacıların yüksek m-index değerlerine sahip olması, bu yazarların daha kısa sürede yüksek etki oluşturduğunu göstermektedir. Bu durum, alanda hem uzun süredir aktif olan araştırmacıların hem de son dönemde öne çıkan çalışmaların birlikte yer aldığını göstermektedir.

STEM ve yapay zekâ literatüründe yer alan çalışmaların etki düzeyi, toplam atıf sayıları dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Tablo 3'te, 2006–2025 yılları arasında yayımlanan ve en yüksek atıf değerine sahip çalışmalar sunulmaktadır.

Tablo 3. STEM ve YZ Alanında En Üretken Yazarlar, Makaleleri ve Atıf Sayıları

Yazarlar	Başlık	Kaynak	Toplam Atıf Sayısı	Yıllık Toplam Atıf Sayısı	Normalleştirilmiş Toplam Atıf Sayısı
Heffernan & Heffernan	The ASSISTments Ecosystem: Building a Platform that Brings Scientists and Teachers Together for Minimally Invasive Research on Human Learning and Teaching	International Journal of Artificial Intelligence in Education	272	22.67	5.86
Sun vd.	Unsupervised bilingual word embedding agreement for unsupervised neural machine translation	In Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics	234	33.43	9.88
Latecki vd.	Outlier detection with kernel density functions	In International workshop on machine learning and data mining in pattern recognition	213	11.21	3.96
D'Mello	A selective meta-analysis on the relative incidence of discrete affective states during learning with technology.	Journal of Educational Psychology	200	15.38	4.15
Belland vd.	Synthesizing Results From Empirical Research on Computer-Based Scaffolding in STEM	Review of Educational Research	179	19.89	8.04

Avan, Ç., & Açıkgöz, S. (2026). STEM and Artificial Intelligence: A Bibliometric Analysis of Integrated Approaches in Education (2006–2025). *Online Journal of Mathematics, Science and Technology Education (OJOMSTE)*, 7(1), 42-67.

Education: A Meta-Analysis					
Nye vd.	AutoTutor and Family: A Review of 17 Years of Natural Language Tutoring	International Journal of Artificial Intelligence in Education	165	13.75	3.56
Azevedo & Gasevic	Analyzing Multimodal Multichannel Data about Self-Regulated Learning with Advanced Learning Technologies: Issues and Challenges	Computers in Human Behavior	163	23.29	6.88
Casal-Otero vd.	AI literacy in K-12: a systematic literature review	IJ STEM Ed	145	48.33	8.24
NhatHai vd.	Differential Privacy Preservation for Deep Auto-Encoders: an Application of Human Behavior Prediction	Thirtieth AAI Conference on Artificial Intelligence	141	14.10	4.85
Neff & Nagy	Automation, Algorithms, and Politics Talking to Bots: Symbiotic Agency and the Case of Tay	International Journal of Communication	140	14.00	4.82
McCullough vd.	High-throughput experimentation meets artificial intelligence: a new pathway to catalyst discovery	Physical Chemistry Chemical Physics	106	17.67	6.30
Kalinin vd.	Deep Learning in Pharmacogenomics: From Gene Regulation to Patient Stratification	Pharmacogenomics	103	12.88	5.46
Xu & Ouyang	The application of AI technologies in STEM education: a systematic review from 2011 to 2021	IJ STEM Ed	102	25.50	7.85
Gamage vd.	A systematic review on trends in using Moodle for teaching and learning	IJ STEM Ed	102	25.50	7.85
Kim vd.	Effectiveness of Computer-Based Scaffolding in the Context of Problem-Based Learning for Stem Education: Bayesian Meta-analysis	Educ Psychol Rev	100	12.50	5.30

Avan, Ç., & Açıkgöz, S. (2026). STEM and Artificial Intelligence: A Bibliometric Analysis of Integrated Approaches in Education (2006–2025). *Online Journal of Mathematics, Science and Technology Education (OJOMSTE)*, 7(1), 42-67.

Bu tabloda, toplam atıf sayısı (TC), yıllık ortalama atıf (TC p Y) ve normalize edilmiş atıf değeri (N.TC) dikkate alınarak sıralanan çalışmalar yer almaktadır. Tablo 3 incelendiğinde, Heffernan ve Heffernan (2014) çalışmasının 272 atıf ile en yüksek etkiye sahip çalışma olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra, Sun ve arkadaşlarının (2019) çalışması yıllık ortalama atıf değeri bakımından öne çıkmaktadır.

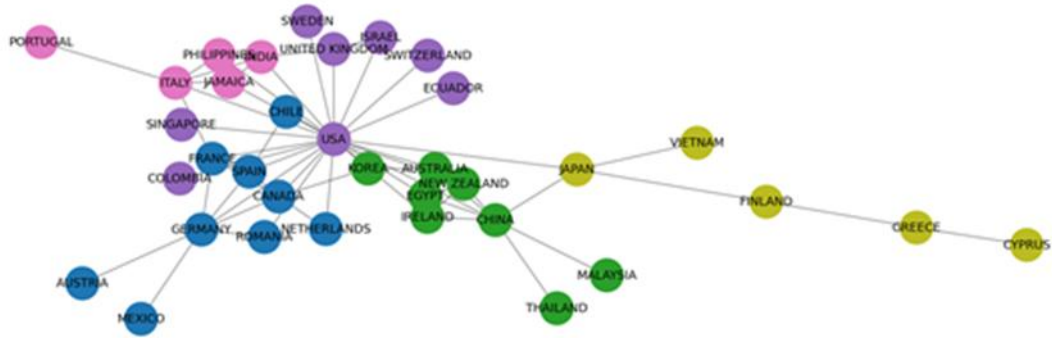
Ayrıca, Azevedo ve Gasevic'in öz-düzenleme süreçlerine odaklanan çalışması ile Belland ve arkadaşlarının STEM bağlamındaki bilgisayar destekli öğrenme üzerine yaptığı meta-analiz de yüksek atıf değerleri ile dikkat çekmektedir. Bu bulgular, literatürde öne çıkan çalışmaların çoğunlukla yapay zekâ destekli öğrenme sistemleri ve öğrenme süreçlerinin analizi üzerine yoğunlaştığını göstermektedir.

Kurumsal düzeyde yapılan analizler, STEM ve yapay zekâ alanındaki bilimsel üretimin belirli üniversitelerde yoğunlaştığını göstermektedir. Analiz sonuçlarına göre North Carolina State University en yüksek yayın sayısına sahip kurum olarak öne çıkmaktadır. Bunu Carnegie Mellon University, Arizona State University ve University of Memphis gibi araştırma üniversiteleri takip etmektedir.

Ayrıca Çin ve Hong Kong merkezli üniversitelerin katkılarında artış gözlemlenmesi, alanın küresel ölçekte genişlediğine işaret etmektedir. Bu bulgular, bilimsel üretimin belirli merkezlerde yoğunlaşmakla birlikte uluslararası düzeyde yayılım gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Araştırma Sorusu 3: İş Birliği Ağları

Bu bölümde, STEM ve yapay zekâ literatüründe ülkeler arası akademik iş birliği yapıları incelenmiştir. Şekil 6'da sunulan ağ, 2006–2025 yılları arasında yayımlanan çalışmalar temel alınarak oluşturulmuştur.



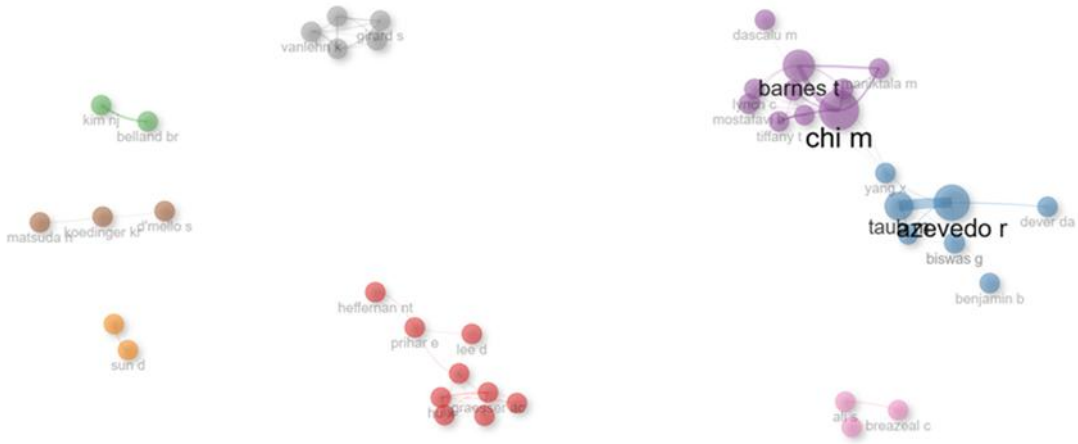
Şekil 6. 2006–2025 Arasında STEM ve YZ Literatüründe Ülkeler Arası Akademik İşbirliği Ağı

Şekil 6 incelendiğinde, ABD'nin ağda merkezi bir konumda yer aldığı ve çok sayıda ülke ile iş birliği yaptığı görülmektedir. ABD'nin Kanada, Çin, Birleşik Krallık, Almanya, Güney Kore ve Fransa ile yoğun iş birliği içinde olduğu dikkat çekmektedir.

Bunun yanı sıra Avustralya, Çin ve Almanya gibi ülkelerin kendi çevrelerinde bölgesel iş birliği kümeleri oluşturduğu görülmektedir. Bu bulgu, STEM ve yapay zekâ alanındaki araştırmaların uluslararası iş birlikleri aracılığıyla geliştiğine işaret etmektedir.

Görselleştirme, Louvain algoritmasına dayalı modülerlik temelli kümeleme yaklaşımıyla gerçekleştirilmiştir. Louvain algoritması, büyük ölçekli ağlarda topluluk yapısını ortaya çıkarmak amacıyla modülerlik değerini maksimize eden ve düğümleri yoğun bağlantılarına göre kümelendiren yaygın bir ağ analiz yöntemidir. Bu sayede, sık iş birliği yapan ülkeler aynı renkli kümelerde toplanarak tematik yakınlıkları ve bilimsel etkileşim yoğunlukları ortaya konmuştur. Yazarlar arası ortak yazarlık (co-authorship) ağı Şekil 7’de sunulmaktadır. Bu ağda düğümler yazarları, bağlantılar ise birlikte yayımlanan çalışmaları temsil etmektedir.

Şekil 7, araştırma alanındaki ortak yazarlık ağının yapısını ortaya koymaktadır.



Şekil 7. STEM ve YZ Literatüründe Yazarlar Arası Ortak Yazarlık Ağı (Co-Authorship)

Şekil 7 incelendiğinde, Barnes ve Chi’nin yoğun bağlantı yapılarıyla ağın merkezinde yer aldığı görülmektedir. Bu durum, söz konusu yazarların literatürde yüksek iş birliği düzeyine sahip olduğunu göstermektedir.

Bununla birlikte, merkeziyet ölçümleri incelendiğinde Heffernan’ın yüksek aradalık (betweenness) değeri ile farklı yazar grupları arasında köprü rolü üstlendiği görülmektedir. Bu durum, görsel merkezilik ile yapısal merkeziliğin farklı kavramlar olduğunu ortaya koymaktadır. Benzer şekilde Azevedo’nun farklı kümelerle bağlantı kurduğu ve literatürde tematik çeşitliliği temsil eden bir konumda yer aldığı görülmektedir.

Araştırma Sorusu 4: Anahtar Kelimeler ve Tematik Yapı

Bu bölümde, STEM ve yapay zekâ literatüründe en sık kullanılan anahtar kelimeler ve bu kavramların son yirmi yıldaki tematik dönüşümü incelenmiştir. Kelime bulutu (Şekil 8) ve kavramsal eğilim grafikleri (Şekil 9), “intelligent tutoring systems” ve “computational thinking” gibi kavramların literatürde öne çıkan temalar arasında yer aldığını göstermektedir.

Tablo 4, STEM ve yapay zekâ alanındaki yayınlarda en sık kullanılan anahtar kelimeleri üç farklı bibliyometrik alan (yazar anahtar kelimeleri, Keywords Plus ve özetler) üzerinden karşılaştırmalı olarak sunmaktadır.

Tablo 4. STEM ve YZ Alanındaki Yayınlarda En Sık Kullanılan Anahtar Kelimelerin Karşılaştırmalı Görünümü

Yazar Tarafından Belirlenen Anahtar Kelimeler					
Kelimeler	f	Keywords Plus	f	Özetler	F
stem education	76	Students	35	learning	1015
artificial intelligence	66	Science	26	students	809
Education	33	Knowledge	24	education	495
intelligent tutoring systems	33	Model	17	ai	426
machine learning	32	Design	16	stem	382
Learning	29	Framework	15	data	356
Stem	27	Education	14	research	285
deep learning	14	İmpact	14	study	281
Technology	14	intelligent tutoring systems	14	science	273
Chatgpt	11	Technology	14	student	249

Yazar anahtar kelimeleri incelendiğinde “STEM education” (f=76) ve “artificial intelligence” (f=66) terimlerinin ön plana çıktığı görülmektedir. Bunun yanı sıra “intelligent tutoring systems”, “machine learning” ve “learning” gibi kavramların da sıklıkla tercih edildiği dikkat çekmektedir. Keywords Plus alanında ise “students” (f=35), “science” (f=26) ve “knowledge” (f=24) gibi daha genel ve içerikten türetilmiş kavramların öne çıktığı görülmektedir. Özellikle “intelligent tutoring systems” teriminin her iki kategoride de yer alması, bu kavramın alan açısından önemli bir odak noktası olduğunu göstermektedir.

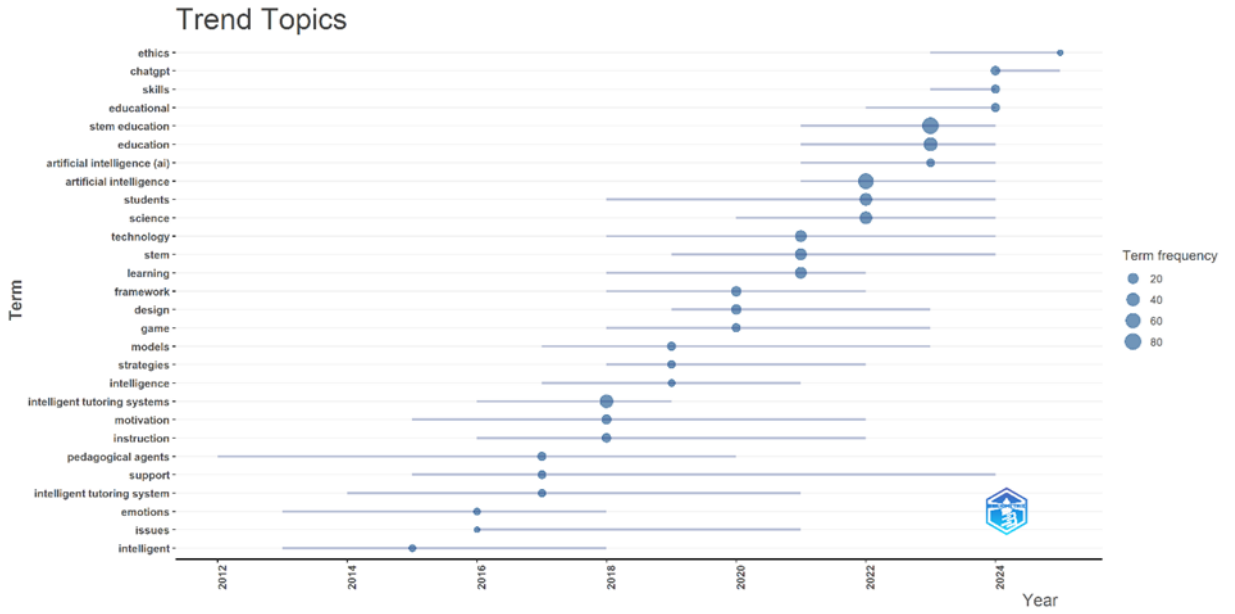
Özetlerde en sık karşılaşılan terimler arasında “learning” (f=1015) ve “students” (f=809) yer almakta olup, “education” (f=495), “ai” (f=426) ve “stem” (f=382) gibi kavramlar da çalışmalarda öne çıkan tematik yönelimlere işaret etmektedir. Ayrıca “ChatGPT” gibi yeni nesil yapay zekâ araçlarının (f=11) yazar anahtar kelimeleri arasında yer alması, bu kavramların literatürde giderek yer bulmaya başladığını göstermektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde, farklı veri kaynakları üzerinden elde edilen anahtar kelimelerin büyük ölçüde benzer tematik odaklara işaret ettiği görülmektedir.

Şekil 8, en sık kullanılan anahtar kelimelere dayalı olarak oluşturulan kelime bulutunu göstermektedir.

**Şekil 8. STEM ve YZ Alanında En Sık Kullanılan Anahtar Kelimelerden Oluşturulan Kelime Bulutu**

Şekil 8’de sunulan kelime bulutu, STEM ve yapay zekâ alanında en sık kullanılan anahtar kelimelerin frekans dağılımını görselleştirmektedir. Görselde daha büyük ve belirgin şekilde yer alan terimler, literatürde daha yüksek sıklıkta kullanılan kavramları temsil etmektedir. Kelime bulutu incelendiğinde “STEM education”, “artificial intelligence” ve “intelligent tutoring systems” gibi kavramların öne çıktığı görülmektedir. Bu durum, söz konusu kavramların literatürde sıklıkla birlikte ele alındığını göstermektedir.

Şekil 9 yazar anahtar kelimelerine dayalı olarak hangi terimlerin ortaya çıktığını göstermekte, terimlerin popülerliğini vurgulayarak, konunun evrimine genel bir bakış sağlamaktadır.



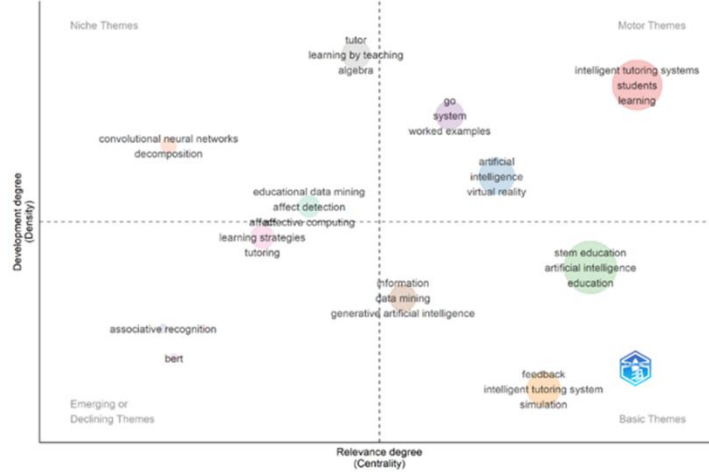
Şekil 9. Yazar Anahtar Kelimelerine Göre 2006–2025 Arasında Kavramsal Eğilimler

Şekil 9, 2006–2025 yılları arasında STEM ve yapay zekâ temalı çalışmalarda yazar anahtar kelimelerinin zaman içerisindeki değişimini göstermektedir. Grafik, belirli kavramların hangi dönemlerde öne çıktığını ve literatürdeki araştırma eğilimlerinin nasıl değiştiğini ortaya koymaktadır. 2006–2014 döneminde “intelligent tutoring systems”, “machine learning”, “computer-based learning” ve “learning analytics” gibi kavramların literatürde yer almaya başladığı görülmektedir. Bu kavramlar, eğitimde teknoloji kullanımına yönelik erken dönem çalışmaları yansıtmaktadır.

2015–2019 döneminde “STEM education”, “artificial intelligence in education”, “educational technology” ve “robotics” gibi kavramların daha belirgin hale geldiği dikkat çekmektedir. Bu durum, yapay zekâ uygulamalarının eğitim ortamlarına entegrasyonunun arttığını göstermektedir. 2020–2025 döneminde ise “online learning”, “personalized learning”, “adaptive learning systems”, “augmented reality” ve “chatbot” gibi daha kullanıcı odaklı kavramların literatürde yer aldığı görülmektedir. Ayrıca “AI ethics” ve “equity” gibi kavramların da bu dönemde öne çıkması, teknolojik gelişmelerle birlikte etik ve toplumsal boyutların da araştırma gündemine dâhil edildiğini göstermektedir. Bu bulgular kavramsal eğilimlerin zaman içerisinde teknik odaklı yaklaşımlardan daha kullanıcı ve öğrenen merkezli yaklaşımlara doğru bir değişim gösterdiği söylenebilir.

Şekil 10’da sunulan tematik harita, anahtar kelimelerin merkezilik (centrality) ve yoğunluk (density) değerlerine göre dört farklı bölgede sınıflandırıldığı bir yapıyı göstermektedir. Bu harita,

literatürde öne çıkan tematik kümelerin konumlarını ve gelişmişlik düzeylerini ortaya koymaktadır.

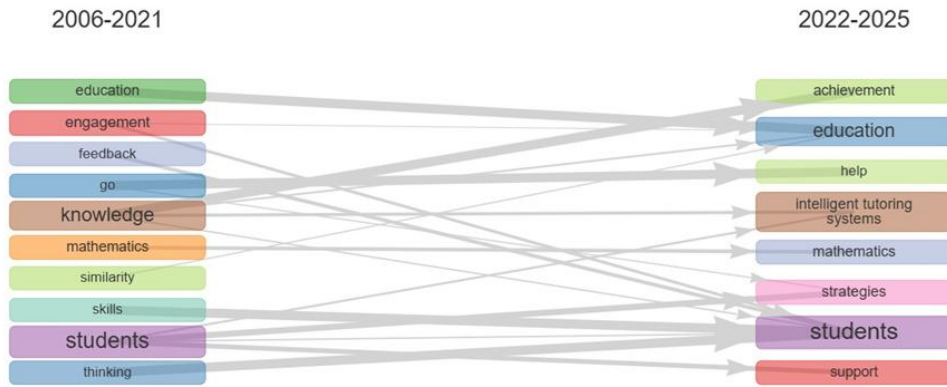


Şekil 10. Anahtar Kelime Temelli Tematik Yoğunluk ve Merkezilik Haritası

Şekil 10 incelendiğinde, anahtar kelimelere dayalı olarak oluşan tematik kümelerin farklı araştırma odaklarını temsil ettiği görülmektedir. Bu kümeler, STEM eğitimi, yapay zekâ uygulamaları, öğrenme analitiği ve kullanıcı odaklı yaklaşımlar gibi temel araştırma alanları etrafında yoğunlaşmaktadır.

Yeşil küme, STEM eğitimi ile yapay zekâ uygulamalarının bütünleştiği güncel çalışmaları temsil etmektedir. Kırmızı küme, akıllı öğretim sistemleri ve bilişsel modelleme gibi daha kuramsal temelleri içeren çalışmalardan oluşmaktadır. Turuncu küme, öğrenme analitiği ve veri temelli yaklaşımları kapsarken; mavi küme, insan-bilgisayar etkileşimi ve kullanıcı odaklı tasarım yaklaşımlarını içermektedir. Ayrıca daha küçük ölçekli kümelerin artırılmış gerçeklik, etik, metaverse ve bilgisayarla görme gibi daha özgün ve gelişmekte olan araştırma alanlarını temsil ettiği görülmektedir. Bunun yanında tematik harita STEM ve yapay zekâ literatürünün hem kuramsal hem de uygulamaya dönük alanları kapsayan çok boyutlu bir yapı sergilediğini göstermektedir.

Şekil 11’de 2006–2021 ve 2022–2025 dönemlerine ait tematik evrim haritası sunulmaktadır.



Şekil 11. 2006–2021 ve 2022–2025 Dönemlerine Ait Tematik Evrim Haritası

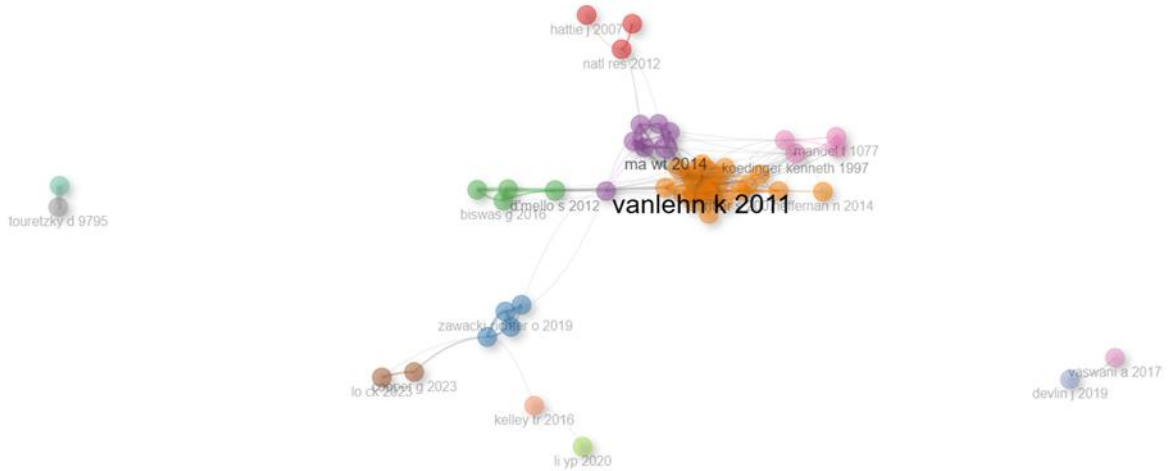
göstermektedir. Kümeleme analizi uygulanmamış olmakla birlikte, bağlantı yoğunluklarına dayalı görsel inceleme, literatürde STEM eğitimi, disiplinler bileşenler, öğrenme süreçleri ve yapay zekâ temelli yaklaşımlar olmak üzere farklı tematik odakların bulunduğunu düşündürmektedir.

Araştırma Sorusu 5: Kuramsal Yapı ve Ortak Atıf Analizi

VanLehn (2011) tarafından ortaya konulan akıllı öğretim sistemlerinin etkililiğine ilişkin bulgular ile Koedinger ve arkadaşlarının (1997) geliştirdiği bilişsel modelleme yaklaşımları, literatürde merkezi bir “köprü” işlevi görmektedir. Bilişsel modelleme, öğrencilerin problem çözme süreçlerini ve hata örüntülerini analiz ederek öğrenme sürecine ilişkin ayrıntılı bir temsil sunmaktadır. Bu temsil, akıllı öğretim sistemlerinin öğrenme ortamını bireyselleştirmesine olanak tanımaktadır. Bu bağlamda, bilişsel modelleme yaklaşımları bilişsel yük kuramı ile doğrudan eşdeğer olmayıp, öğrenme sürecinde ortaya çıkan bilişsel yükün düzenlenmesine katkı sağlayan bir araç olarak değerlendirilebilir. Nitekim akıllı öğretim sistemleri, öğrencinin mevcut bilişsel durumuna uygun geri bildirim ve yönlendirmeler sunarak gereksiz bilişsel yükü azaltmayı hedeflemektedir (Sweller, 1988). Ayrıca bu sistemler, öğrencinin aktif katılımını ve bilgi inşasını destekleyen yapılarıyla yapılandırmacı öğrenme ilkeleriyle de örtüşmektedir. Bu yönüyle yapay zekâ destekli STEM uygulamaları, yalnızca teknik araçlar değil, bilişsel süreçleri yöneten ve öğrenmeyi destekleyen pedagojik yapılar olarak değerlendirilebilir.

Atıf analizi, bilimsel belgeler, yazarlar veya yayınlar arasındaki entelektüel ilişkileri incelemek amacıyla kullanılan temel bibliyometrik yöntemlerden biridir (Small, 1973). Bu yöntem, bilimsel bilgi yapılarının haritalanmasına ve araştırma alanları arasındaki ilişkilerin ortaya konulmasına olanak tanımaktadır (Brahimi & Haneya, 2023).

Bu çalışmada kullanılan birlikte atıf (co-citation) analizi, farklı çalışmaların literatürde birlikte referans verilme sıklığına dayalı olarak aralarındaki kuramsal ilişkileri belirlemeyi amaçlamaktadır (Small, 1973). Analiz süreci, Bibliometrix R paketi (Aria & Cuccurullo, 2017) ve ilgili bibliyometrik yöntemler çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Bu yaklaşım, araştırma alanındaki entelektüel kümelenmeleri ve tematik yakınlıkları ortaya koymada etkili bir araç olarak görülmektedir.



Şekil 13. STEM ve YZ Alanında Yazarlar Arası Ortak Atıf Ağı Görselleştirmesi

kuramsal bir kabule zemin hazırlarken; asıl yayın patlamasının, bu teknolojik adaptasyonun ardından gelen yapay zekâ tabanlı kişiselleştirilmiş öğrenme araçlarındaki teknolojik sıçramayla (2022 sonu ve sonrası) ivme kazandığı görülmektedir. Bu dönemde fiziksel sınıfların yerini alan uzaktan eğitim modelleri, öğrenci performansının takibi ve öğrenme süreçlerinin desteklenmesi açısından dijital teknolojilere olan ihtiyacı artırmıştır. Bu kapsamda, özellikle veri analitiği ve makine öğrenmesi temelli sınırlı sayıdaki YZ uygulaması, eğitim süreçlerinde destekleyici araçlar olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ancak bu kullanım, henüz yaygın ve zorunlu bir dönüşümden ziyade, belirli bağlamlarda gelişen ve hız kazanan bir eğilim olarak değerlendirilmektedir. Dolayısıyla bu literatür artışı, yalnızca niceliksel bir birikimden öte, kriz dönemlerinde teknolojinin eğitime entegrasyonuna yönelik artan ilgi ve ihtiyacın bir yansıması olarak değerlendirilebilir.

Alan çok disiplinli ve çok merkezlidir. En üretken kurumlar arasında North Carolina State University, Carnegie Mellon University ve Arizona State University gibi yüksek profilli araştırma üniversiteleri öne çıkarken, ABD, Çin ve Almanya gibi ülkeler yayın üretiminde merkezî konumdadır. Anahtar kelime analizlerinde “STEM education”, “artificial intelligence”, “learning” ve “intelligent tutoring systems” gibi kavramlar öne çıkmaktadır. Bu terimler, araştırma sahasının pedagojik, teknolojik ve bireyselleştirilmiş öğrenme eksenlerinde şekillendiğini göstermektedir. Bibliyometrik ağ analizleri, literatürde güçlü entelektüel kümelenmeler olduğunu ortaya koymuştur. VanLehn (2011), D’Mello (2014), Graesser (2004) gibi yazarlar, bilgi akışı ve tematik yoğunluk açısından merkezi konumda yer almaktadır.

Tematik evrim analizi, son yıllarda “personalized learning”, “chatbot”, “AI ethics” ve “equity” gibi yeni kavramların literatürde önem kazandığını göstermektedir. Bu durum, teknolojik ilerlemelerle birlikte etik ve toplumsal sorumluluk boyutlarının da araştırma gündemine taşındığını göstermektedir. Bu sonuçlar, STEM ve YZ birleşiminin yalnızca teknik bir entegrasyon değil; pedagojik, etik ve sosyal boyutlarıyla da çok katmanlı bir gelişim süreci içinde olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmanın bulguları, STEM ve YZ kesişimindeki araştırmaların son yirmi yılda kazandığı ivmenin, salt bir yayın artışı olmadığını, eğitim teknolojileri literatüründeki araştırma odaklarının yapısal bir dönüşüm geçirdiğini göstermektedir. Özellikle son beş yılda bu alanın merkezi bir konuma yerleşmesi; Holmes (2019) ve Zawacki-Richter vd. (2019) gibi çalışmaların vurguladığı üzere, YZ’nin eğitimde yalnızca yardımcı bir araçtan ziyade sistematik bir dönüşümün katalizörü haline gelmesinden kaynaklanmaktadır. Yıllık yayın sayılarındaki %20.93’lük büyüme, pandeminin yarattığı dijital zorunluluğun ötesinde, büyük veri analitiği ve makine öğrenmesinin öğrenci performansını tahmin etme ve bireyselleştirilmiş öğrenme patikaları sunma noktasındaki başarısının bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Bu artış, literatürün artık ‘teknolojinin imkânlarını’ tartışmaktan ziyade, bu teknolojilerin ‘pedagojik etkinliğini ve etik sınırlarını’ tasarlamaya odaklanan bir olgunluk evresine geçtiğini göstermektedir.

Anahtar kelime analizinde “artificial intelligence”, “learning”, “intelligent tutoring systems” ve “computational thinking” gibi kavramların öne çıkması, Ouyang vd. (2023) tarafından vurgulanan bireyselleştirilmiş öğrenme, otomatik geribildirim sistemleri ve algoritmik düşünme gibi pedagojik dönüşüm alanlarının STEM çerçevesinde yeniden şekillendiğini göstermektedir. 2020 sonrası dönemde “AI ethics”, “equity” ve “augmented reality” gibi sosyal, etik ve kapsayıcı yaklaşımların da literatürdeki yerini güçlendirmesi; alanın sadece teknik değil, aynı zamanda insani ve normatif yönleriyle de ele alındığını gözler önüne sermektedir.

Atıf ve ağ analizleri, STEM ve YZ entegrasyonuna ilişkin literatür birikiminin hâlâ belirli kuramsal merkezlerde yoğunlaştığını ortaya çıkarmaktadır. VanLehn (2011), D’Mello (2012, 2014) ve Azevedo (2007) gibi yazarların yüksek atıf değerleri ve merkezîyet katsayıları, bu

araştırmacıların çalışmalarının alanın temel kuramsal referansları haline geldiğini göstermektedir. Özellikle Graesser ve Koedinger gibi modern araştırmacıların, Vygotsky gibi klasik öğrenme kuramcılarıyla aynı ağ kümelerinde yer alması YZ tabanlı teknolojilerin 'etkileşimli' ve 'uyarlanabilir' doğasının temelini Vygotsky'nin 'Yakınsal Gelişim Alanı' (ZPD) gibi köklü psikolojik kavramlardan almasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Dolayısıyla bu alan, salt bir mühendislik başarısı olmaktan ziyade; eğitim felsefesi, psikoloji ve bilişsel bilimlerin sunduğu kuramsal çerçeve ile YZ'nin işlem gücünün bir sentezi olarak evrilmektedir. Bu multidisipliner yapı, alanın neden bilişsel modelleme ve sosyal yapılandırmacı temeller üzerinde yükseldiğini açıklamaktadır.

Son olarak, uluslararası iş birliği ağlarında ABD'nin lider pozisyonunu koruması ve Çin, Almanya, Birleşik Krallık gibi ülkelerle kurduğu güçlü ilişkiler, STEM ve YZ araştırmalarının küresel bilgi üretiminde asimetrik bir dağılım gösterdiğini de ortaya koymaktadır. Bu dağılım, yüksek kaynaklı ülkelerin araştırma çıktılarında baskın olduğunu ve gelişmekte olan ülkelerin katkılarının daha sınırlı kaldığını göstermektedir (Donthu vd., 2021).

Öneriler

Bu çalışmanın bulguları doğrultusunda, gelecekteki araştırmalara, eğitim politikalarına ve uygulamalara yönelik çeşitli öneriler sunulabilir. Öncelikle, “explainable AI”, “generative AI” ve “AI in teacher education” gibi yükselen temalar üzerine odaklanan niteliksel ve sistematik araştırmaların artırılması önem arz etmektedir. Bibliyometrik analizle belirlenen kuramsal kaynakların, yeni çalışmalarda hem referans çerçevesi hem de eleştirel tartışma zemini olarak değerlendirilmesi, alanın kuramsal derinliğini güçlendirecektir.

Son olarak, alanda uluslararası araştırma iş birliklerinin artırılması ve özellikle gelişmekte olan ülkelerin bilimsel üretime daha fazla katılımının sağlanması açısından önem arz etmektedir. Bibliyometrik analizlerin ortaya koyduğu bilgi merkezleri ile daha az temsil edilen bölgeler arasında köprüler kurulmalı; ayrıca çekirdek dergilerde yayın yapmayı hedefleyen, açık erişim ve çok dilli yaygınlaştırma stratejileri geliştirilmelidir. Bu bütüncül yaklaşım, STEM ve YZ odaklı eğitim araştırmalarının hem akademik hem de toplumsal etki düzeyini artırmaya katkı sağlayabilir.

Sınırlılıklar

Bu çalışmanın sonuçları, kullanılan veri tabanı ve arama stratejisi bağlamında bazı sınırlılıklara sahiptir. İlk olarak, analiz sadece Web of Science (WoS) Core Collection verileriyle sınırlıdır. WoS, yüksek etki faktörlü ve prestijli yayınları barındırması nedeniyle tercih edilse de, Scopus veya Google Scholar gibi diğer veri tabanlarında yer alan potansiyel yayınlar bu çalışmanın kapsamı dışında kalmıştır. İkinci olarak, araştırma anahtar kelime temelli bir tarama dizgisine dayanmaktadır. Seçilen terimlerin (STEM, Artificial Intelligence vb.) dışında kalan veya bu terimleri başlık/özet kısmında barındırmayan ilgili yayınların veri setine dahil edilememiş olması bir kısıtlılık olarak değerlendirilebilir. Ancak, tarama dizgisinin 'Topic' alanını kapsaması ve geniş bir zaman dilimini (2006-2025) hedeflemesi, alanın genel eğilimlerini yansıtmak açısından yeterli bir temsiliyet düzeyi sunmaktadır.

Kaynakça

- Akhmetova, A. I., Sovetkanova, D. M., Komekbayeva, L. K., Abdrakhmanov, A. E., Yessenuly, D., & Serikova, O. S. (2025). A systematic review of artificial intelligence in high school STEM education research. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(4), em2623.
- Avan, Ç., & Açıkgöz, S. (2026). STEM and Artificial Intelligence: A Bibliometric Analysis of Integrated Approaches in Education (2006–2025). *Online Journal of Mathematics, Science and Technology Education (OJOMSTE)*, 7(1), 42-67.

- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975.
- Barkoczi, N., Maier, M. L., & Horvat-Marc, A. (2024). The impact of artificial intelligence on personalized learning in STEM education. In *INTED2024 proceedings* (pp. 4980–4989). IATED.
- Brahimi, T., & Haneya, H. (2023, January). Mapping the scientific landscape of metaverse using VOSviewer and bibliometrix. In *2023 20th Learning and Technology Conference (L&T)* (pp. 8–13). IEEE.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.
- Chassignol, M., Khoroshavin, A., Klimova, A., & Bilyatdinova, A. (2018). Artificial intelligence trends in education: A narrative overview. *Procedia Computer Science*, 136, 16–24.
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access*, 8, 75264–75278.
- Dare, E. A., Keratithamkul, K., Hiwatig, B. M., & Li, F. (2021). Beyond content: The role of STEM disciplines, real-world problems, 21st century skills, and STEM careers within science teachers' conceptions of integrated STEM education. *Education Sciences*, 11(11), 737. <https://doi.org/10.3390/educsci11110737>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296.
- Hariyanto, Kristianingsih, F. X. D., & Maharani, R. (2025). Artificial intelligence in adaptive education: A systematic review of techniques for personalized learning. *Discover Education*, 4(1), 458. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00908-6>
- Holmes, W. (2020). Artificial intelligence in education. In *Encyclopedia of education and information technologies* (pp. 88–103). Springer International Publishing.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. A. (Eds.). (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press.
- Koedinger, K. R., Anderson, J. R., Hadley, W. H., & Mark, M. A. (1997). Intelligent tutoring goes to school in the big city. *International journal of artificial intelligence in education*, 8, 30-43.
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. Pearson.
- Mongeon, P., & Paul-Hus, A. (2016). The journal coverage of Web of Science and Scopus: A comparative analysis. *Scientometrics*, 106(1), 213–228.
- National Science Foundation. (2021). *Proposal and award policies and procedures guide NSF 22-1*. https://www.nsf.gov/pubs/policydocs/pappg22_1
- Ouyang, F., Dinh, T. A., & Xu, W. (2023). A systematic review of AI-driven educational assessment in STEM education. *Journal for STEM Education Research*, 6(3), 408–426.
- Roll, I., & Wylie, R. (2016). Evolution and revolution in artificial intelligence in education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26, 582–599.

- Small, H. (1973). Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents. *Journal of the American Society for Information Science*, 24(4), 265–269.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive science*, 12(2), 257-285.
- VanLehn, K. (2011). The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. *Educational psychologist*, 46(4), 197-221.
- Xu, Z., Frankwick, G. L., & Ramirez, E. (2016). Effects of big data analytics and traditional marketing analytics on new product success: A knowledge fusion perspective. *Journal of Business Research*, 69(5), 1562–1566.
- 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), 1–27.
- Zou, X., Li, J., & Wang, Y. (2025). Digital transformation in education: The role of artificial intelligence and emerging technologies. *Frontiers in Education*, 10, Article 1562391. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1562391>

ETİK ve BİLİMSEL İLKELER SORUMLULUK BEYANI

Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara ve bilimsel atıf gösterme ilkelerine riayet edildiğini yazar(lar) beyan eder. Aksi bir durumun tespiti halinde OJOMSTE'nin hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk makale yazarlarına aittir.

ARAŞTIRMACILARIN MAKALEYE KATKI ORANI BEYANI

1. yazar katkı oranı : % 50
2. yazar katkı oranı : % 50