

Ülke Düzeyinde STEM Eğitimi Göstergeleri ile Yapay Zekâ Farkındalığı Arasındaki İlişki: OECD ve Eurostat Verileriyle KNIME Tabanlı Bir Analiz

İlhan BAŞAK

Tezli Yüksek Lisans Öğrencisi, Aksaray Üniversitesi,

STEM Eğitimi Anabilim Dalı

ORCID ID: 0009-0006-3074-4504

Dr. Öğr. Üyesi Esra SİPAHİ DÖNGÜL

Aksaray Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sosyal Hizmet Bölümü, Türkiye,

ORCID ID: 0000-0002-6495-4378

Öz

Bu çalışma, ülkelerin STEM (Bilim, Teknoloji, Mühendislik, Matematik) eğitimi göstergeleri ile toplumun yapay zekâyâ (YZ) ilişkin farkındalık ve kullanım düzeyi arasındaki ilişkiyi incelemektedir. İlişkisel tarama modelindeki araştırmada, Türkiye'nin de yer aldığı 35 Avrupa ülkesine ait açık veriler kullanılmıştır. STEM eğitimi; Eurostat'ın 20–29 yaş nüfusu başına STEM yükseköğretim mezunu oranı (2023) ve OECD PISA 2022 matematik ve fen ortalamaları ile ölçülmüştür. YZ farkındalığı ise Eurostat 2025 verilerindeki bireylerin üretken YZ araçlarını kullanma oranı (genel, eğitim ve iş amaçlı) ile işletmelerin YZ kullanım oranı üzerinden ele alınmıştır. Veriler KNIME Analytics Platform'da hazırlanmış; Spearman korelasyonu, kişi başına GSYH kontrollü kısmi korelasyon, çoklu doğrusal regresyon ve k-ortalamalar kümelemesi uygulanmıştır. Bulgular, STEM endeksi ile YZ endeksi arasında orta düzeyde pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir ($\rho = 0,46$; $p < 0,01$). En güçlü ilişki PISA matematik puanı ile işletmelerde YZ kullanımı arasındadır ($\rho = 0,66$; $p < 0,001$). Ancak ekonomik gelişmişlik kontrol edildiğinde bireysel YZ kullanımına ilişkin ilişkiler anlamlılığını yitirmiş, yalnızca PISA puanları ile işletme düzeyinde YZ kullanımı arasındaki ilişki anlamlı kalmıştır (kısmi $r = 0,45$; $p = 0,016$). Kümeleme analizi üç ülke profili ortaya koymuştur. Türkiye, orta düzey STEM ve düşük YZ kullanımı kümesinde yer almakta ve üretken YZ kullanımında (%17,2) örneklemin son sırasındadır. Sonuçlar, STEM eğitimindeki niteliğin YZ'nin toplumsal ve kurumsal benimsenmesiyle ilişkili olduğuna, ancak bu ilişkinin büyük ölçüde ekonomik kapasite üzerinden işlediğine işaret etmektedir.

Anahtar kelimeler: STEM eğitimi, yapay zekâ farkındalığı, yapay zekâ okuryazarlığı, PISA, KNIME, veri madenciliği

The Relationship Between Country-Level STEM Education Indicators and AI Awareness: A KNIME-Based Analysis with OECD and Eurostat Data

İlhan BAŞAK

Master's Student with Thesis, Aksaray University,

Department of STEM Education

ORCID ID: 0009-0006-3074-4504

Assist. Prof. Dr. Esra SİPAHİ DÖNGÜL

Aksaray University, Faculty of Health Sciences, Department of Social Work, Turkey,

ORCID ID: 0000-0002-6495-4378

Abstract

This study examines the relationship between countries' STEM education indicators and societal awareness and use of artificial intelligence (AI). Open data for 35 European countries, including Türkiye, were analysed using a correlational survey design. STEM education was measured by STEM tertiary graduates per 1,000 people aged 20–29 (Eurostat, 2023) and OECD PISA 2022 mathematics and science means. AI awareness was measured by the share of individuals using generative AI tools (overall, for education and for work) and the share of enterprises using AI (Eurostat, 2025). Data were processed in KNIME Analytics Platform using Spearman correlation, partial correlation controlling for GDP per capita, multiple linear regression and k-means clustering. The STEM index was moderately and positively related to the AI index ($\rho = .46$, $p < .01$), and the strongest link was between PISA mathematics and enterprise AI use ($\rho = .66$, $p < .001$). After controlling for GDP per capita, associations with individual AI use became non-significant, whereas the link between PISA scores and enterprise AI use remained (partial $r = .45$, $p = .016$). Cluster analysis identified three country profiles. Türkiye falls into the medium-STEM, low-AI cluster and ranks last in individual generative AI use (17.2%). The findings suggest that the quality of STEM education is associated with the societal and institutional adoption of AI, largely through economic capacity.

Keywords: STEM education, AI awareness, AI literacy, PISA, KNIME, data mining

1. Giriş

Yapay zekâ (YZ), üretken YZ araçlarının giderek yaygın hale gelmesiyle günlük hayatın, eğitimin ve iş dünyasının bir parçası olmuştur. Eurostat verilerine göre 2025 yılında Avrupa Birliği'nde 16-74 yaş arasında olan bireylerin %32,7'si üretken YZ araçlarını kullanmış, işletmelerin ise yaklaşık %20'si en az bir YZ teknolojisinden yararlanmıştır (Eurostat, 2025a, 2025b). Bu yayılımın hızlı olması, bireylerin YZ'yi tanıma, anlama, eleştirel olarak değerlendirme ve kullanma yeteneklerini içine alan *YZ okuryazarlığı* kavramını eğitim politikalarının gündemine almıştır (Long ve Magerko, 2020; Miao ve Shiohira, 2024; Ng vd., 2021).

YZ sistemleri matematik, istatistik, bilgisayar bilimi ve mühendislik bilgisi üzerine kurulu olduğundan STEM eğitimi, YZ'yi anlamanın doğal bir önkoşulu olarak görülmektedir (Touretzky vd., 2019; Xu ve Ouyang, 2022). Bireysel düzeyde yapılan araştırmalar, öğrencilerin öğrenim alanının ve aldıkları eğitimin YZ'ye yönelik bilgi, tutum ve hazırbulunuşlukla ilgili olduğunu ortaya koymaktadır (Dai vd., 2020; Kong vd., 2021). Ancak bu ilişkinin ülke düzeyinde de geçerli olup olmadığı, başka bir deyişle güçlü STEM eğitim sistemine sahip ülkelerde YZ farkındalığının ve kullanımının da yüksek olup olmadığı yeterince araştırılmamıştır.

Türkiye açısından konu ayrıca önem arz etmekle birlikte Millî Eğitim Bakanlığı'nın STEM eğitimini öncelikli alan olarak belirlemesi (MEB, 2016) ve Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi 2021–2025'in YZ alanında insan kaynağı yetiştirmeyi hedeflemesi (CBDDO ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2021), iki alan arasındaki bağın kanıta dayalı olarak incelenmesini gerektirmektedir.

Bu çalışmanın amacı, OECD ve Eurostat'ın açık verilerini kullanarak Avrupa ülkelerinde STEM eğitimi göstergeleri ile YZ farkındalığı ve kullanımı arasındaki ilişkiyi KNIME Analytics Platform ile incelemektir. Bu bağlamda şu sorulara yanıt aranmıştır:

1. Ülkelerin STEM eğitimi göstergeleri (STEM mezun oranı, PISA matematik ve fen puanları) ile YZ farkındalığı ve kullanımı göstergeleri arasında anlamlı bir ilişki var mıdır?
2. Bu ilişki, ülkelerin ekonomik gelişmişlik düzeyi (kişi başına GSYH) kontrol edildiğinde sürmekte midir?
3. STEM eğitimi ve YZ farkındalığı boyutlarına göre ülkeler hangi gruplarda toplanmaktadır ve Türkiye bu gruplar içinde nerede yer almaktadır?

2. Kuramsal Çerçeve

2.1. Yapay zekâ farkındalığı ve okuryazarlığı

Long ve Magerko (2020) YZ okuryazarlığını, bireylerin YZ teknolojilerini eleştirel olarak değerlendirmesini, YZ ile etkili biçimde iletişim kurup işbirliği yapmasını ve YZ'yi çevrim içi, evde ve işyerinde bir araç olarak kullanmasını sağlayan yeterlikler bütünü olarak tanımlar. Ng vd. (2021) bu yeterlikleri dört boyutta toplamıştır: YZ'yi bilme ve anlama, kullanma ve uygulama, değerlendirme ve oluşturma, etik.

2.2. STEM eğitimi ile YZ farkındalığı arasındaki bağ

Teknoloji Kabul Modeli bağlamında bir teknolojinin özümsemesi, algılanan yarara ve kullanıcı dostu olup olmadığına bağlıdır (Davis, 1989). Yeniliklerin Yayılımı Kuramı'na göre ise yenilikleri benimseyenler daha yüksek eğitim seviyesine ve teknik beceriye sahip olma eğilimindedir (Rogers, 2003). 2011–2021 dönemini içine alan bir sistematik derleme, YZ teknolojilerinin STEM eğitiminde gitgide artan farklılıkta kullanıldığını ve iki alanın birbirini desteklediğini ortaya koymuştur (Xu ve Ouyang, 2022). Bu kapsamda, güçlü STEM eğitimi göstergelerine sahip ülkelerde YZ farkındalığının ve kullanımının da yüksek olması beklenmektedir.

3. Yöntem

3.1. Araştırmanın deseni ve örneklem

Araştırma, ikincil veriye dayalı ilişkisel tarama modelinde tasarlanmıştır. Analiz birimi ülkedir. Örneklem, Eurostat'ın 2025 yılı bireylerde üretken YZ kullanımı verisini yayımladığı 35 ülkeden oluşmaktadır: 27 AB üyesi ülke, Norveç, İsviçre, Türkiye, Arnavutluk, Bosna-Hersek, Kuzey Makedonya, Sırbistan ve Kosova. Eksik veriler analiz bazında (pairwise) dışlanmıştır. Bu yüzden analizlere giren ülke sayısı 30 ile 35 arasında değişmektedir.

3.2. Veri kaynakları ve değişkenler

Tüm veriler açık erişimli resmî kaynaklardan 25 Eylül 2026 tarihinde derlenmiştir. Eurostat verileri kurumun veri dağıtım API'si üzerinden alınmıştır. Kullanılan değişkenler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Araştırmanın değişkenleri

Boyut	Değişken	Tanım	Kaynak (kod)	Yıl	n
STEM eğitimi	STEM mezun oranı	Fen, matematik, bilişim, mühendislik, imalat ve inşaat alanlarında yükseköğretim mezunu (20–29 yaş nüfusunun binde kaçı)	Eurostat (educ_uoe_grad 04)	2023	33
STEM eğitimi	PISA matematik	15 yaş öğrencilerinin matematik okuryazarlığı ortalama puanı	OECD PISA	2022	33
STEM eğitimi	PISA fen	15 yaş öğrencilerinin fen okuryazarlığı ortalama puanı	OECD PISA	2022	33
YZ farkındalığı	Üretken YZ kullanımı	Son 3 ayda üretken YZ aracı kullanan 16–74 yaş bireylerin oranı (%)	Eurostat (isoc_ai_iaiu)	2025	35
YZ farkındalığı	Eğitim amaçlı YZ	Üretken YZ'yi örgün eğitim amacıyla kullananların oranı (%)	Eurostat (isoc ai iaiu)	2025	35
YZ farkındalığı	İş amaçlı YZ	Üretken YZ'yi iş amacıyla kullananların oranı (%)	Eurostat (isoc ai iaiu)	2025	35
YZ farkındalığı	İşletmelerde YZ	En az bir YZ teknolojisi kullanan işletmelerin oranı (10+ çalışan, %)	Eurostat (isoc eb ai)	2025	32
Kontrol	Kişi başına GSYH	Satın alma gücü standardına göre kişi başına GSYH (AB-27 = 100)	Eurostat (tec00114)	2024	34

PISA 2022 puanları OECD (2023) raporundan alınmıştır. PISA 2022'ye katılmayan Bosna-Hersek ve Lüksemburg bu değişkenlerde eksik kabul edilmiştir. Kosova'nın STEM mezun verisi ve İsviçre, Kuzey Makedonya ile Kosova'nın işletme düzeyinde YZ verisi bulunmamaktadır.

3.3. Bileşik endeksler

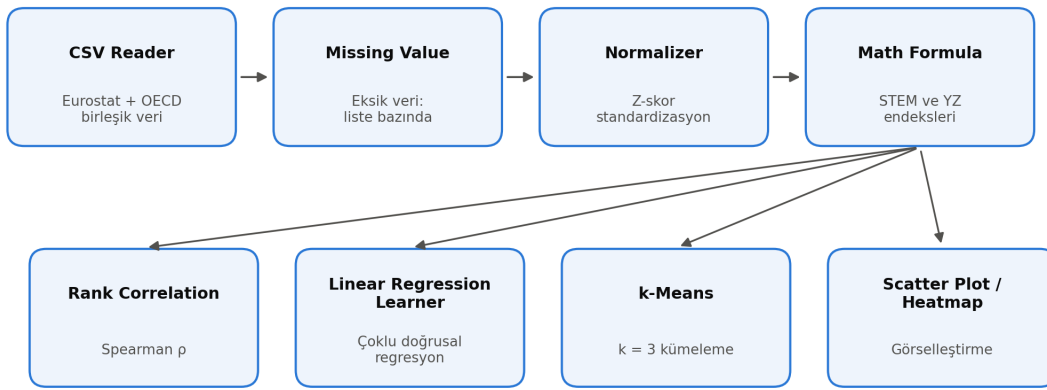
Farklı ölçekteki göstergeleri birleştirmek için her değişken z-puanına dönüştürülmüş ve iki bileşik endeks oluşturulmuştur. STEM eğitimi endeksi, STEM mezun oranı, PISA matematik ve PISA fen z-puanlarının ortalamasıdır. YZ farkındalık/kullanım endeksi, üretken YZ kullanımı, eğitim amaçlı YZ kullanımı ve işletmelerde YZ kullanımı z-puanlarının ortalamasıdır. Endeksler, en az iki bileşeni bulunan ülkeler için hesaplanmıştır.

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j}, \quad \text{Endeks}_i = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k z_{ij}$$

Endekslerin iç tutarlılığı yeterlidir: STEM endeksi için Cronbach $\alpha = 0,84$, YZ endeksi için $\alpha = 0,86$.

3.4. Verilerin analizi ve KNIME iş akışı

Analizler açık kaynaklı KNIME Analytics Platform'da görsel bir iş akışı olarak kurgulanmıştır (Berthold vd., 2008). İş akışı Şekil 1'de gösterilmiş, düğüm ayarları Ek'te ayrıntılı olarak verilmiştir.



Şekil 1. Analizlerde kullanılan KNIME iş akışı

Shapiro-Wilk testine göre PISA puanları, üretken YZ kullanımı, işletmelerde YZ ve GSYH normal dağılım göstermemektedir ($p < 0,05$). PISA puanları Batı Balkan ülkeleri nedeniyle belirgin biçimde sola çarpıktır (çarpıklık = $-1,47$). Bu nedenle ilişkiler temel olarak Spearman sıra farkları korelasyon katsayısı (ρ) ile incelenmiş, Pearson katsayıları karşılaştırma için raporlanmıştır. Ekonomik gelişmişliğin etkisini ayırmak için kişi başına GSYH kontrol edilerek kısmi korelasyonlar hesaplanmıştır. Çoklu doğrusal regresyon analizinde STEM mezun oranı, PISA matematik puanı ve GSYH yordayıcı olarak kullanılmış, çoklu bağlantı VIF değerleriyle denetlenmiştir. Ülkeler, standartlaştırılmış STEM ve YZ endeksleri üzerinden k-ortalamalar algoritmasıyla kümelenebilir. Anlamlılık düzeyi 0,05 olarak alınmıştır. Sonuçlar ayrıca Python (pandas, SciPy, scikit-learn) ile çapraz kontrol edilmiştir.

4. Bulgular

4.1. Betimsel istatistikler

Ülkeler hem STEM hem YZ göstergelerinde geniş bir dağılım göstermektedir (Tablo 2). Üretken YZ kullanımı Türkiye'de %17,2 iken Norveç'te %56,3'e ulaşmaktadır. İşletmelerde YZ kullanımı ise Romanya'da %5,2, Danimarka'da %42,0'dır.

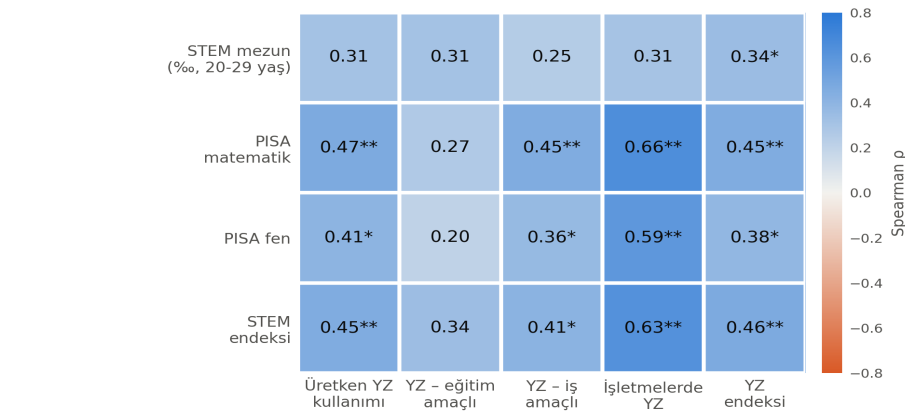
Tablo 2. Değişkenlere ilişkin betimsel istatistikler ve Türkiye'nin konumu

Değişken	n	Ort.	Ss	Min.	Maks.	Türkiye	Türkiye sırası
STEM mezun oranı (%)	33	19,42	6,49	6,10	39,70	12,70	29 / 33
PISA matematik	33	462,12	37,44	355	510	453	25 / 33
PISA fen	33	470,12	40,81	357	526	476	23 / 33
Üretken YZ kullanımı (%)	35	35,58	10,58	17,19	56,32	17,19	35 / 35
Eğitim amaçlı YZ (%)	35	10,86	4,81	3,37	20,69	5,41	29 / 35
İş amaçlı YZ (%)	35	17,57	8,20	5,24	35,44	5,81	34 / 35
İşletmelerde YZ (%)	32	19,56	10,29	5,21	42,03	7,41	31 / 32
Kişi başına GSYH (AB-27 = 100)	34	99,09	45,05	37	244	69	27 / 34

Not. Sıra, en yüksek değer 1 olacak şekilde verilmiştir.

4.2. STEM eğitimi ile YZ farkındalığı arasındaki ilişkiler

STEM eğitimi göstergeleri ile YZ göstergeleri arasındaki tüm ilişkiler pozitif yönlüdür (Şekil 2). STEM endeksi ile YZ endeksi arasında orta düzeyde, anlamlı bir ilişki vardır ($\rho = 0,46$; $p = 0,007$; $n = 33$). En güçlü ilişkiler işletmelerde YZ kullanımı ile PISA matematik ($\rho = 0,66$; $p < 0,001$) ve PISA fen ($\rho = 0,59$; $p < 0,001$) puanları arasında görülmektedir. PISA matematik puanı bireysel üretken YZ kullanımıyla da ilişkilidir ($\rho = 0,47$; $p = 0,006$). Buna karşın STEM mezun oranının YZ göstergeleriyle ilişkileri zayıftır ($\rho = 0,25-0,34$) ve yalnızca YZ endeksiyle sınırda anlamlıdır ($\rho = 0,34$; $p = 0,050$). Eğitim amaçlı YZ kullanımı, hiçbir STEM göstergesiyle anlamlı bir ilişki göstermemektedir.



Şekil 2. STEM eğitimi ve YZ göstergeleri arasındaki Spearman korelasyonları (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$)

Pearson katsayıları genel olarak daha düşüktür. Örneğin iki endeks arasındaki Pearson katsayısı $r = 0,30$ 'dur ($p = 0,086$). Bu fark, düşük PISA puanına karşın yüksek üretken YZ kullanımı gösteren Kosova ve Kıbrıs gibi uç değerlerden kaynaklanmaktadır. Sıralamaya dayalı Spearman katsayısı bu uç değerlerden daha az etkilenir.

4.3. Ekonomik gelişmişlik kontrol edildiğinde ilişkiler

Kişi başına GSYH kontrol edildiğinde ilişkilerin çoğu belirgin biçimde zayıflamaktadır (Tablo 3). Bireysel ve eğitim amaçlı üretken YZ kullanımı ile STEM göstergeleri arasındaki kısmi

korelasyonlar anlamlı değildir. PISA matematik (kısmi $r = 0,45$; $p = 0,016$) ve PISA fen (kısmi $r = 0,42$; $p = 0,023$) puanları ile işletmelerde YZ kullanımı arasındaki ilişki ise anlamlı kalmaktadır.

Tablo 3. Kişi başına GSYH kontrol edildiğinde kısmi korelasyon katsayıları (Pearson)

STEM göstergesi	Üretken YZ kullanımı	Eğitim amaçlı YZ	İşletmelerde YZ	YZ endeksi
STEM mezun oranı	0,17 ($p = 0,358$)	0,13 ($p = 0,474$)	0,12 ($p = 0,526$)	0,18 ($p = 0,326$)
PISA matematik	0,17 ($p = 0,355$)	0,18 ($p = 0,344$)	0,45 ($p = 0,016$)	0,32 ($p = 0,076$)
PISA fen	0,15 ($p = 0,408$)	0,12 ($p = 0,506$)	0,42 ($p = 0,023$)	0,28 ($p = 0,127$)
STEM endeksi	0,10 ($p = 0,594$)	0,09 ($p = 0,629$)	0,37 ($p = 0,051$)	0,23 ($p = 0,221$)

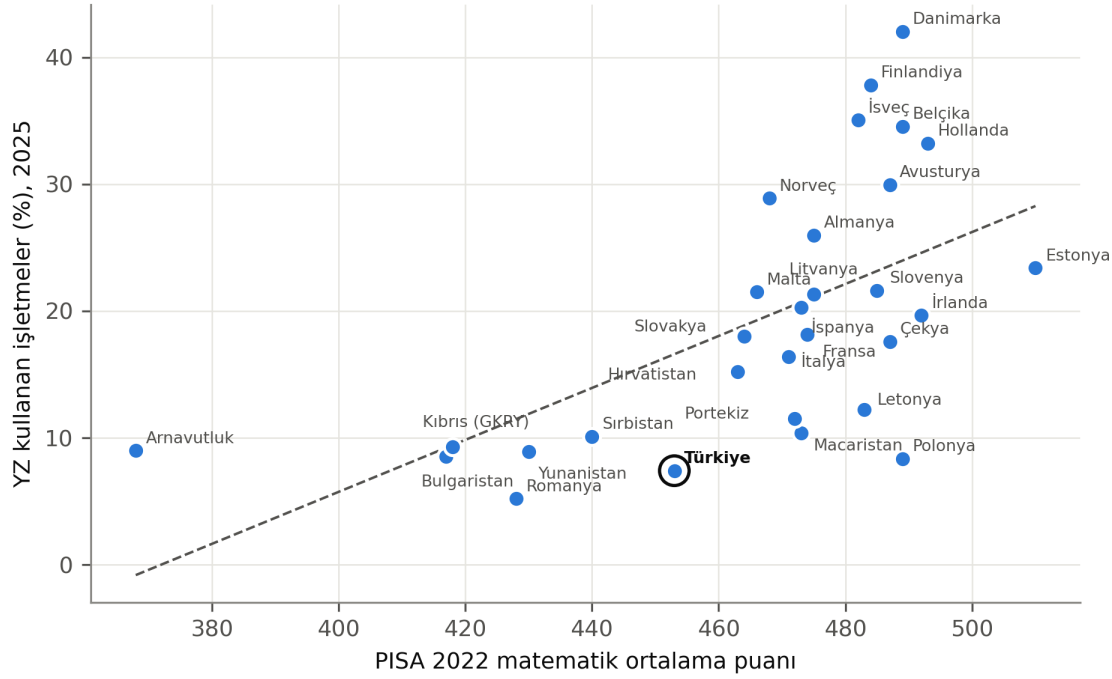
4.4. Regresyon analizi

Regresyon sonuçları kısmi korelasyonları doğrulamaktadır (Tablo 4). Yalnızca STEM değişkenlerinin yer aldığı modelde PISA matematik puanı, üretken YZ kullanımını anlamlı biçimde yordamaktadır ($\beta = 0,40$; $p = 0,033$). Model varyansın %25'ini açıklamaktadır ($F(2, 29) = 4,94$; $p = 0,014$). Modele GSYH eklendiğinde açıklanan varyans %45'e çıkmakta, ancak PISA'nın etkisi anlamlılığını yitirmektedir ($\beta = 0,17$; $p = 0,325$). İşletmelerde YZ kullanımını yordayan modelde ise PISA matematik puanı, GSYH'den bağımsız olarak anlamlı kalmaktadır ($\beta = 0,42$; $p = 0,018$). Tüm modellerde VIF değerleri 2'nin altındadır. Bu nedenle çoklu bağlantı sorunu yoktur.

Tablo 4. YZ göstergelerini yordayan çoklu doğrusal regresyon modelleri (standartlaştırılmış β)

Yordayıcı	M1: Üretken YZ	M2: Üretken YZ	M3: YZ endeksi	M4: İşletmelerde YZ
STEM mezun oranı	0,18	-0,11	-0,10	-0,03
PISA matematik	0,40*	0,17	0,30	0,42*
Kişi başına GSYH	—	0,62**	0,56**	0,38
n	32	32	32	30
R^2 (düzeltilmiş R^2)	0,25 (0,20)	0,45 (0,39)	0,52 (0,47)	0,46 (0,39)
F	4,94*	7,62***	10,01***	7,24**
En yüksek VIF	1,24	1,98	1,98	1,74

Not. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$. M4'te GSYH katsayısı sınırdadır ($p = 0,058$).



Şekil 3. PISA 2022 matematik puanı ile işletmelerde YZ kullanımı arasındaki ilişki

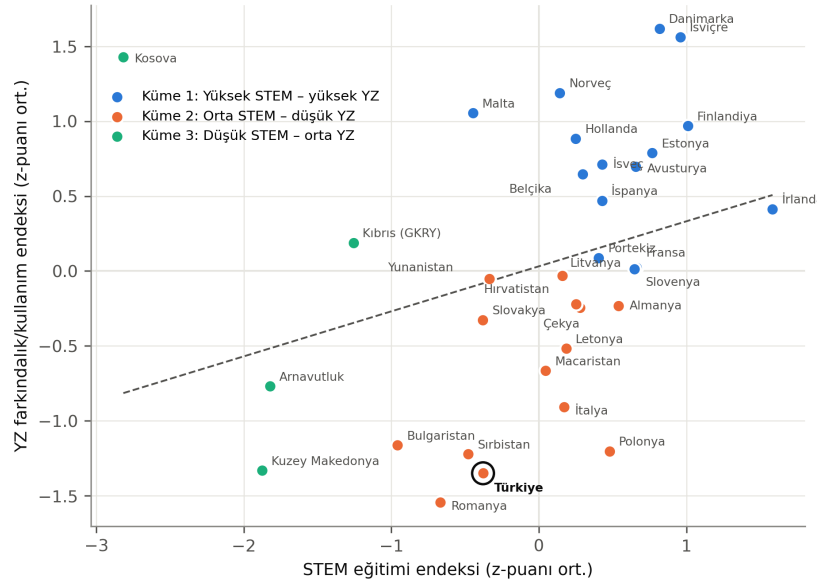
4.5. Kümeleme analizi

k-ortalamlar analizi, ülkeleri STEM ve YZ endekslerine göre üç kümeye ayırmıştır (Şekil 4, Tablo 5). Siluet katsayıları $k = 2-5$ için birbirine yakındır (0,40–0,41). Bu nedenle yorumlanabilirliği yüksek olan $k = 3$ çözümü tercih edilmiştir. Kümeler üretken YZ kullanımı açısından anlamlı biçimde farklılaşmaktadır (Kruskal-Wallis $H = 18,08$; $p < 0,001$).

Tablo 5. Kümelerin profili (ortalamlar)

Küme	n	STEM mezun (%)	PISA mat.	Üretken YZ (%)	Eğitim amaçlı YZ (%)	İşletmeler de YZ (%)	GSYH (AB = 100)	Ülkeler
1. Yüksek STEM – yüksek YZ	15	22,95	484,8	43,72	14,13	26,97	120,3	Avusturya, Belçika, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Hollanda, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, Malta, Norveç, Portekiz, Slovenya
2. Orta STEM – düşük YZ	14	18,10	460,6	27,75	7,38	13,26	78,6	Almanya, Bulgaristan, Çekya, Hırvatistan, İtalya, Letonya, Litvanya, Macaristan, Polonya, Romanya, Sırbistan, Slovakya, Türkiye , Yunanistan

Küme	n	STEM mezun (%)	PISA mat.	Üretken YZ (%)	Eğitim amaçlı YZ (%)	İşletmeler de YZ (%)	GSYH (AB = 100)	Ülkeler
3. Düşük STEM – orta YZ	4	12,37	382,5	34,59	11,88	9,13	61,0	Arnavutluk, Kıbrıs (GKRY), Kosova, Kuzey Makedonya



Şekil 4. Ülkelerin STEM eğitimi ve YZ farkındalık endekslerine göre kümelenmesi (kesikli çizgi: doğrusal eğilim)

4.6. Türkiye'nin konumu

Türkiye, STEM göstergelerinde örneklem alt-orta bölümünde, YZ göstergelerinde ise en alt sıralarda yer almaktadır. PISA fen puanı (476) örneklem ortalamasının (470) üzerindedir. Buna karşın üretken YZ kullanımı (%17,2) 35 ülke arasında en düşük, işletmelerde YZ kullanımı (%7,4) ise sondan ikincidir. Türkiye, benzer PISA puanına sahip Slovakya (%30,8) ve Hırvatistan (%27,5) ile karşılaştırıldığında da düşük bir YZ kullanımı göstermektedir. Şekil 4'te Türkiye, eğilim çizgisinin belirgin biçimde altında kalmaktadır. Bu durum, STEM eğitimi düzeyinin öngördüğünden daha düşük bir YZ farkındalığına işaret etmektedir.

5. Sonuç ve Öneriler

Avrupa'da STEM eğitimi göstergeleri güçlü olan ülkelerde YZ farkındalığı ve kullanımı da yüksektir. Ancak bu ilişkinin büyük bölümü ekonomik gelişmişlikle açıklanmaktadır. Ekonomik gelişmişlikten bağımsız olarak süren tek ilişki, temel matematik ve fen yeterlikleri (PISA) ile işletmelerin YZ'yi benimsemesi arasındadır. STEM mezunu sayısının artırılması tek başına yeterli görünmemektedir. Tüm öğrencilerin temel STEM yeterliklerinin güçlendirilmesi, YZ'nin toplumsal ve kurumsal düzeyde benimsenmesi için daha önemli bir zemin oluşturmaktadır. Türkiye, STEM göstergelerinin öngördüğünden daha düşük bir YZ kullanımı sergilemekte ve bu alanda belirgin bir gelişim potansiyeli taşımaktadır.

Uygulamaya yönelik;

-STEM öğretim programlarına, UNESCO'nun öğrenciler için YZ yeterlik çerçevesi (Miao ve Shiohira, 2024) temel alınarak YZ okuryazarlığı kazanımları eklenmelidir. Böylece matematik ve fen dersleri YZ'nin çalışma mantığını öğretmek için de kullanılabilir.

-Üretken YZ'nin eğitim amaçlı kullanımı Türkiye'de %5,4 düzeyindedir. Öğretmenlere yönelik YZ'nin sorumlu ve eleştirel kullanımına odaklanan hizmet içi eğitimler yaygınlaştırılmalıdır.

-İşletmelerde YZ kullanımının STEM yeterlikleriyle güçlü ilişkisi dikkate alınarak, mesleki ve teknik eğitimde uygulamalı YZ modülleri geliştirilmelidir.

Araştırmacılara yönelik;

-Ülke düzeyindeki bulgular, geçerli ve güvenilir ölçeklerle öğrenci ve öğretmen düzeyinde sınanmalıdır.

-Dijital ortamda öğrenme (Learning in the Digital World) alanını da ölçen PISA 2025 verileri yayımlandığında analiz yinelenmelidir.

-Eurostat'ın yeni yıllara ait verileriyle panel analizler yapılarak ilişkinin zaman içindeki değişimi incelenmelidir.

Kaynakça

Berthold, M. R., Cebron, N., Dill, F., Gabriel, T. R., Kötter, T., Meinl, T., Ohl, P., Sieb, C., Thiel, K. & Wiswedel, B. (2008). KNIME: The Konstanz Information Miner. C. Preisach, H. Burkhardt, L. Schmidt-Thieme ve R. Decker (Ed.), *Data analysis, machine learning and applications* içinde (s. 319–326). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-78246-9_38

Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi [CBDDO] ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2021). *Ulusal yapay zekâ stratejisi 2021–2025*. Ankara.

Dai, Y., Chai, C. S., Lin, P. Y., Jong, M. S. Y., Guo, Y. & Qin, J. (2020). Promoting students' well-being by developing their readiness for the artificial intelligence age. *Sustainability*, 12(16), 1-15. <https://doi.org/10.3390/su12166597>

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340. <https://doi.org/10.2307/249008>

Eurostat. (2025a). *32.7% of EU people used generative AI tools in 2025*. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20251216-3>

Eurostat. (2025b). *20% of EU enterprises use AI technologies*. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20251211-2>

Eurostat. (2026a). *Individuals – use of generative AI tools (isoc_ai_iaiu)* [Veri seti]. Erişim: 25 Eylül 2026. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_ai_iaiu/default/table

Eurostat. (2026b). *Artificial intelligence by size class of enterprise (isoc_eb_ai)* [Veri seti]. Erişim: 25 Eylül 2026. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_eb_ai/default/table

Eurostat. (2026c). *Graduates in tertiary education, in science, math., computing, engineering, manufacturing, construction, per 1000 of population aged 20–29 (educ_uoe_grad04)* [Veri seti]. Erişim: 25 Eylül 2026. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/educ_uoe_grad04/default/table

Eurostat. (2026d). *GDP per capita in PPS (tec00114)* [Veri seti]. Erişim: 25 Eylül 2026. <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tec00114/default/table>

Kong, S.-C., Cheung, W. M.-Y. & Zhang, G. (2021). Evaluation of an artificial intelligence literacy course for university students with diverse study backgrounds. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100026, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100026>

Long, D. & Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations. *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–16. ACM. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376727>

MEB. (2016). *STEM eğitimi raporu*. Millî Eğitim Bakanlığı Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü.

Miao, F. & Shiohira, K. (2024). *AI competency framework for students*. UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation. France.

Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, S. K. W. & Qiao, M. S. (2021). Conceptualizing AI literacy: An exploratory review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100041, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100041>

OECD. (2023). *PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>

Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5. baskı). Free Press.

Touretzky, D., Gardner-McCune, C., Martin, F. & Seehorn, D. (2019). Envisioning AI for K-12: What should every child know about AI? *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 33(01), 9795–9799. <https://doi.org/10.1609/aaai.v33i01.33019795>

Xu, W. & Ouyang, F. (2022). The application of AI technologies in STEM education: A systematic review from 2011 to 2021. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 59, 1-20. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00377-5>

Ek. KNIME İş Akışının Kurulumu

Aşağıdaki adımlar KNIME Analytics Platform 5.x sürümüne göre hazırlanmıştır. Girdi dosyası veri_birlesik.csv, 35 satır (ülke) ve 12 sütundan oluşur. Sütunlar şunlardır: geo, ulke, country_en, stem_grad, pisa_math_2022, pisa_sci_2022, genai_total, genai_private, genai_work, genai_edu, ent_ai_2025, gdp_pps_2024.

Adım	Düğüm	Ayarlar	Çıktı
1	CSV Reader	Dosya: veri_birlesik.csv; ayırıcı virgül; ilk satır başlık; geo, ulke, country_en String, diğerleri Number (double)	Ham veri tablosu
2	Statistics	Tüm sayısal sütunlar; median ve çarpıklık/basıklık açık	Tablo 2 (ort., ss, min., maks., çarpıklık)
3	Normalizer	Yöntem: Z-score normalization (Gaussian); sütunlar: stem_grad, pisa_math_2022, pisa_sci_2022, genai_total, genai_edu, ent_ai_2025. Ham değerleri korumak için önce Column Renamer ile kopyaları z_ önekiyle oluşturun	z-puanları
4	Column Aggregator (×2)	1. düğüm: z_stem_grad, z_pisa_math_2022, z_pisa_sci_2022 → Mean (ad: stem_endeks) + Missing value count (ad: stem_eksik). 2. düğüm: z_genai_total, z_genai_edu, z_ent_ai_2025 → Mean (yz_endeks) + Missing value count (yz_eksik)	Ham endeksler
5	Rule Engine	Kural: \$stem_eksik\$ < 2 => \$stem_endeks\$ (hiçbir kurala uymayan satır eksik kalır); aynısı yz_endeks için	En az iki bileşeni olan ülkelerin endeksleri
6	Rank Correlation	Sütunlar: 4 STEM + 5 YZ değişkeni; katsayı: Spearman's rho	Şekil 2'deki p matrisi
7	Math Formula	p değeri için t dönüşümü: $\rho * \sqrt{(n - 2) / (1 - \rho^2)}$; p değerini t dağılımından (sd = n - 2) alın	Anlamlılık düzeyleri
8	Linear Correlation	Pearson; Missing value handling: pairwise	Pearson r ve p değerleri
9	Linear Regression Learner + Regression Predictor	Kısmi korelasyon için X (ör. pisa_math_2022) ve Y (ör. ent_ai_2025) ayrı ayrı gdp_pps_2024 üzerine regresyonla tahmin edilir; Math Formula ile artık = gerçek - tahmin; iki artık Linear Correlation'a verilir (p için sd = n - 3)	Tablo 3
10	Missing Value → Normalizer → Linear Regression Learner	Liste bazında silme (Remove row); tüm değişkenler z-puanına çevrildiğinde katsayılar standartlaştırılmış β olur; hedef: genai_total / yz_endeks / ent_ai_2025; yordayıcılar: stem_grad, pisa_math_2022, gdp_pps_2024	Tablo 4 (β, SE, t, p, R ²)
11	Linear Regression Learner (VIF)	Her yordayıcı, diğer yordayıcılar üzerine regresyonla tahmin edilir; Math Formula: $1 / (1 - R^2)$	VIF değerleri
12	Row Filter → k-Means	stem_endeks ve yz_endeks eksik olmayan 33 ülke; k = 3; max. iterasyon 99; static random seed 42	Küme etiketleri (Tablo 5)
13	Silhouette Coefficient	Girdi: k-Means çıktısı; k = 2-5 için tekrarlanır (Parameter Optimization Loop kullanılabilir)	Siluet katsayıları
14	GroupBy	Grup: Cluster; ortalamalar: tüm göstergeler; Concatenate: ulke	Küme profilleri
15	Kruskal-Wallis Test	Grup sütunu: Cluster; test sütunu: genai_total	H ve p değeri
16	Scatter Plot / Heatmap	x: stem_endeks, y: yz_endeks, renk: Cluster; etiket: ulke	Şekil 3 ve Şekil 4

Not. k-ortalamalar algoritmasının sonucu başlangıç merkezlerine bağlıdır.