

Yapay Zekâ ile Yaratıcılık ve Yenilikçilik Becerisini Kazandırmanın Fen Eğitimi Üzerindeki Etkileri

Alperen Geldi¹

Ahmet Turan Orhan²

Özet

Fen eğitiminin, dününe ve bugününe bakıldığında tek başına ele alınamayacak kadar büyük ve diğer disiplinlerle bir arada bulunma zaruriyetini içinde barındıracak kadar da hacimli bir ders olarak varlığını korumaktadır. Bundan sonra da aynı şekilde güncel ayak uydurma konusunda başı çekecek derslerden birisidir. İçerik kapalılığı kabul etmeyen fen eğitimi, akademik gelişmeleri takip etmekle kalmayıp aynı zamanda yeni buluşların ortaya çıkmasına öncülük etmeye devam etmektedir. Günümüzde gelişmekte olan yapay zekâ ve diğer teknolojilerin birçok alanda etkileyici konumda olduğu veya olabileceği gözlemlenmektedir. Dijital dönüşüm çağında teknolojinin hızlı gelişimi, yapay zekâ uygulamalarının eğitim, sağlık ve sosyal alanlarda vazgeçilmez hâle gelmesine yol açarak, eğitim reformunu ve yapay zekâ destekli eğitim sistemlerinin kullanımını zorunlu kılmıştır (Huang, 2024). Yapay zekânın etki altına alması beklenen alanlardan birisi de fen eğitimidir. Bu durumu önceden gözlemleyerek reaksiyon alabilmek, alanın gelişiminde ve daha ileriye taşınmasında önemlidir. Aynı zamanda ortaya çıkabilecek olumsuz etkilerin de önceden alınacak önlemler ile azaltılması mümkündür. Fen eğitiminde güncelliğin korunarak üretkenliğin sağlanması için yaratıcılık ve yenilikçilik kavramları üzerinde durulmalıdır. Yaratıcılık ve yenilikçilik, yirmi birinci yüzyıl becerileri içerisinde de önemli bir yer tutmaktadır. Bu bölümde fen eğitiminde önemi vurgulanan yaratıcılık ve yenilikçilikle yapay zekânın ne kadar bağlantılı olduğu ve bunun fen eğitimine katkıları, avantajları ya da dezavantajlarının olup olmadığı incelenmiştir. Ayrıca bu bölümde; fen

- 1 Sınıf Eğitimi Yüksek Lisans Öğrencisi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, 20249441008@cumhuriyet.edu.tr, 0009-0005-7215-9752
- 2 Prof. Dr, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, aturanorhan@cumhuriyet.edu.tr, 0000-0001-9613-3761

eğitimi, yapay zekâ, yaratıcılık ve yenilikçilik ekseninde “Yapay zekâ neden var olmuştur? Yaratıcılık ve yenilikçilik nedir? Fen eğitimi olumsuz etkilenebilir mi?” gibi çeşitli sorgulamalar yapılmıştır.

1. Giriş

“Öğretmen çocuklara fazla sayıda ve çeşitte malzeme sunabilir ve çocuklardan var olan malzemelerin içinden seçerek ve kullanarak problemlerine çözüm üretmelerini bekleyebilir. Belki bir çocuk paraşüt yerine, nesneyi yapacağı kâğıttan bir uçağın üzerine koyup serbest düşüşe bırakmayı deneyecek veya daha önce hiç kullanılmamış malzemeleri kullanarak bir paraşüt oluşturacaktır.” (Çetin & Demircan, 2020).

Yaratıcılık, insanlık tarihinin başlangıcından bu yana var olan ve bireylerin doğuştan sahip oldukları bilişsel bir kapasite ve süreç olarak tanımlanmaktadır (Habib vd., 2024). Yeni değer, anlam veya kullanım potansiyeline sahip fikirlerin birleşimi olarak görülen yaratıcılık, bilgi toplumlarında yenilik ve ilerlemenin temel dinamiğini oluşturmaktadır (Collard & Looney, 2014). Bu bağlamda araştırmacılar, yaratıcı düşünme becerisini üretkenlik (çok sayıda özgün ve standart dışı fikir üretme), esneklik (problemleri çözmek için farklı stratejiler kullanma), orijinallik (alışılmadık ve yenilikçi çözümler geliştirme), geliştirme (fikirleri ayrıntılandırarak zenginleştirme), kapanmaya direnç (mevcut kalıpları sorgulama ve yeni fikirlere açık olma) ve soyutlama (problemin özünü kavrama) gibi temel bileşenler üzerinden açıklamaktadır (Liu vd., 2023).

Teknolojik ilerlemeler ile eğitim, çağın gereksinimlerine uygun ve sürdürülebilir öğrenme modelleri tasarlamakta yenilik yapma gerekliliğiyle karşı karşıya kalmakta; bu bağlamda yapay zekâ, daha etkileşimli, uyarlanabilir ve yenilikçi öğrenme modelleri geliştirmek için önemli fırsatlar sunmaktadır (Suroiya vd., 2025).

Yapay zekâ, eğitim içeriğini öğrencilerin bireysel ihtiyaçlarına ve güçlü yönlerine göre uyarlayarak daha derin katılım, yenilikçilik ve yaratıcı problem çözme becerilerini teşvik eden kişiselleştirilmiş ve sürükleyici öğrenme deneyimleri sunmak suretiyle eğitimi köklü biçimde dönüştürme potansiyeline sahiptir (Hasibuan & Azizah, 2023). ChatGPT gibi yapay zekâ uygulamaları, öğretmen adayları ve tasarım öğrencilerinin beyin fırtınası, hikaye anlatımı, problem çözme ve görselleştirme araçları aracılığıyla yaratıcı kapasitelerini geliştirmelerine yardımcı olur (Liu vd., 2023).

Yapay zekâ, eğitimin özelleştirilmesini kolaylaştırarak her öğrencinin bireysel gereksinimlerine ve yeteneklerine uygun öğretim teknikleri ile eğitim kaynaklarının uyarlanmasına olanak tanırken, bireylerin ilgi ve

becerilerini belirleyip kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimleri oluşturmak suretiyle yaratıcılığı desteklemekte ve ortak ilgi alanlarına sahip öğrenciler arasında yenilikçi iş birliğini teşvik etmektedir (Hasibuan & Azizah, 2023). Yapay zekâ gibi ileri teknolojiler, eğitsel yeniliği katalize eden, yaratıcılığı teşvik eden ve yenilikçi ile etkileşimli pedagojik yaklaşımların geliştirilmesini destekleyen önemli araçlar olarak ortaya çıkmakta; bu teknolojilerin eğitime entegrasyonu ise öğrenciler arasında yaratıcı ifade biçimlerinin ve yaratıcı becerilerin gelişimi için yeni fırsatlar sunmaktadır (Liu vd., 2023). Gelecek araştırmalara yönelik öneriler, eğitimde yapay zekâ teknolojisini etkili bir şekilde kullanabilmek için teknolojiye erişimin artırılmasına ve öğretmen eğitiminin geliştirilmesine daha fazla odaklanmayı içermektedir (Solihat vd., 2024).

2. Yaratıcılık ve Yenilikçilik

Yenilikçilik kavramının kökenine baktığımızda tarihte 1548 yılında “yenilenmek veya değiştirmek” anlamlarıyla ortaya çıktığı görülmektedir (Terzi & Yenice, 2024). Yeniliğin olmadığı bir yerde yaratıcılık, yaratıcılığın olmadığı bir yerde yenilikçilik düşünülemez. Bu yüzden yaratıcılık ve yenilikçilik bir bütün olarak ele alınmalıdır. Yaratıcılık, insanlığın neredeyse her alanında var olan eleştirel düşünüşle hayal gücünün birleştiği bir nokta olarak değerlendirilebilmektedir. Durumdan memnun olmayış ve bu memnuniyetsizliğe çözüm aramadaki yolların süzgeçten geçirildiği zihinsel faaliyete yaratıcı süreçte temel dinamikleri konumlandırma olarak adlandırılabilir (Çetinkaya & Taşkaya, 2024). Sternberg ve Lubart (1999), yaratıcılığın hem yeni hem de uygun bir iş üretme yetisi olarak düşünülmesi gerekliliğini vurgulamışlardır (akt., Aguilar & Pifarre Turmo, 2019). Günümüz insanı yirmi birinci yüzyıl insanı olarak sınıflandırılmaktadır. Bu nesildeki insanların hayatta kalabilmesi için yaşadığı çağın becerilerini kazanma konusunda tam olarak yetişmiş olması gerekmektedir. Çağın gereksinimlerine ayak uyduran bireyler, teknolojik ve bilimsel gereksinimleri takip etme konusunda sorun yaşamazlar.

Dilekçi ve Karatay’ın (2023) aktardığına göre, yirmi birinci yüzyıl becerileri kavramı ilk olarak OECD tarafından 2006 yılında yeni yüzyılda yaşayan insanların çağın gereksinimlerini karşılaması yönündeki becerilerini sınıflandırmıştır. Bu sınıflama içerisinde yaratıcılık ve yenilikçilik becerisi mevcuttur. Aynı zamanda MEB (2018) Öğretim Programı’nda Temel Yeterlilikler Çerçevesinde öğrencinin kazanmasını beklediği yeterliliklerden birisi de yaratıcılık ve yenilikçilik becerisi alt hedef olarak belirtilmiştir.

Yaratıcı düşünme becerileri, 21. yüzyıl eğitimi için hayati öneme sahiptir (Bakri vd., 2023). Yaratıcı düşünme becerisi, uyarılma ve yeniden yapılandırmaya yönelik davranışları güçlendirmede farklı durumlarda esnek bakış açısıyla sorunla başa çıkma konusunda uyum kolaylığı sağlayan araçlardan birisidir (Adeoye & Jimoh, 2023). Yaratıcı ve yenilikçi olmak bir alan çerçevesinde özgünlüğünü koruyarak yeni bakış açısıyla güncel bir dönüt ve düzeltmelerin barındırılmasıdır. Aytaç (2005) yaratıcı düşünmede bilimsel süreçlerin oluşma aşamalarından bahsetmiştir. Bunlar Şekil 1’de aktarılmıştır:



Şekil 1 Yaratıcı Düşünmede Bilimsel Süreçlerin Oluşma Aşamaları

Hazırlık aşamasıyla, sorun hissedilir ve belirlenir. Veri toplama aşamasında, sorunla ilgili olabilecek bütün veriler toplanır. Kuluçka aşamasında, konu ve sorunun ne olduğuna bağlı olarak veriler üzerinde düşünülmeye başlanır. Aydınlanma aşamasında, soruna yönelik akılda uyanabilecek herhangi ışık çözüm yolunu belirler. Doğrulama aşamasında ise kişi aklında canlanan ışığın izinden çözüme yönelik çözüm yollarını bilimsel deneylerle ya da mantıksal çıkarımlarla sonuca ulaşmaya çalışarak süreci tamamlar.

Yaratıcı ve yenilikçi olma konusunda eğitime büyük görevler düşmektedir. Bunları sağlarken eğitimin dijital bağlantılarını güçlendirerek günceli takip etme ve eğitimde yaratıcılık becerisinde teknolojilerden faydalanma konusunda hız kazanması önemlidir. Rayna ve Striukova (2021) yılında yaptığı çalışmada eğitime teknolojinin entegrasyonu konusunda yalnızca idari işlerin kapsadığı, öğretim yöntem ve teknikleri konusunda halen sınırlılığını koruduğunu savunmaktadır.

2.1. Okullarda Fen Eğitiminde Yaratıcılık ve Yenilikçilik Becerisinin Kazandırılmasına Yönelik Yapılan Çalışmalar

Yaratıcılığın hem bireysel refahın artırılması hem de toplumsal ve ekonomik yenilik ile kalkınmanın sağlanması açısından kritik bir rol oynadığı genel kabul görmekte olup, eğitim alanındaki araştırmalar bu yeteneğin erken yaşlardan itibaren desteklenmesi gerektiğini vurgulamaktadır (Collard & Looney, 2014). Eğitimcilerin bilişsel stillerinin araştırılması, öğretim stratejilerinin uyarlanması ve öğrenme süreçlerinin kişiselleştirilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir; zira farklı düşünme biçimleri, öğretim

etkinliğini doğrudan etkileyerek pedagojik yaklaşımların bireysel ihtiyaçlara göre şekillendirilmesini kolaylaştırmaktadır. Öğretme eyleminin özünde yaratıcı bir süreç olduğu unutulmamalıdır; çünkü bu süreç, her biri kendine özgü kişilik özellikleri ve gelişim yollarına sahip bireylerden oluşan bir gruba yönelik bütüncül bir pedagojik yaklaşımı gerektirir. Bu doğrultuda, eğitimcilerin yenilikçi düşünme biçimlerini benimseyerek özgünlüğü destekleyen öğrenme ortamları oluşturmaları ve öğrencilerin yaratıcı becerilerini geliştirmelerine aktif biçimde katkı sunmaları büyük önem taşımaktadır (Liu vd., 2023).

Anggoro ve arkadaşlarının (2017) aktardığına göre fen bilimleri derslerinde öğretim aşamasında yapılan etkinlikler ve gerçek hayat deneyleri yapmak hem öğrenci hem de öğretmen açısından eğlencelidir. Model ve modelleme, bilim insanlarının temel bilimlerde yani kimya, fizik, biyoloji gibi alanlarda temel yasaları öğrencilerin anlayabileceği düzeye indirip basitleştirerek modellemelerle anlatılması son yıllarda ilgi görmektedir (Demirhan & Şahin, 2021). Öğretmenlerin bilimsel becerilerini ve fen eğitimi becerilerinin gelişmesi süreci içinde modelleme kullanmaları önemlidir (Justi & Van Driel, 2005).

Yenilikçi ve dolaylı yoldan da yaratıcı fen eğitimi yaklaşımlarına bakıldığında, birey süreçte aktif ve bilimsel olarak sorgulamaya dayalı teknoloji destekli pedagojik eğitim, STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) eğitimi Ters-Yüz Sınıflar vb. çalışmalar ortaya çıkmıştır (Terzi & Yenice, 2024). Belirtilen ve bunlara benzer çalışmalar sayesinde okullarda öğrencilerin yaratıcılık ve yenilikçilik becerilerinin kazandırılması hem öğretim programlarınca desteklenmekte hem de yirmi birinci yüzyıl becerilerine uyumlu bir şekilde yürütülmektedir.

3. Yapay Zekâ ve Eğitim

ChatGPT tarafından yaygınlaşan Üretken Yapay Zekâ (GenAI), günümüzün en etkili teknolojilerinden biridir (Lim vd., 2023). Yapay zekâ, özellikle koronavirüs (COVID-19) zamanında okulların kapatılmasından bu zamana kadar belli seviyede önemli hale gelmiştir (Al Darayseh, 2023). Üretken Yapay Zekâ (GenAI), mevcut verileri yeniden veri örnekleriyle tasarlayarak bir makine öğrenimi algoritmasını kapsamaktadır (Chan & Hu, 2023). Giam ve arkadaşlarına (2022) göre Yapay Zekâ Robotu, insan konuşmalarını işleyebilen akıllı bir konuşma sistemidir. Baskara'nın (2023) belirttiği üzere Chatbot'lar sayesinde konu hakkında bilgileri, öğrencilerin öğrenme çıktılarını, çalışma yaptığı konular hakkında bilgileri öğrencilerin sorularını yanıtlayarak geri bildirim sağlamaktadır. ChatGPT, insanlar gibi

metin üretebilen; soruları yanıtlayabilen ve görselleştirme yapabilen bir yapay zekâ sistemidir (OpenAI, 2023). Algodoo benzeri programlar fizik dersinde simüle yapan araçların fen dersleri öğretiminde önemli rol oynadığı alanyazında belirtilmiştir (Sontay & Karamustafaoğlu, 2023). Bu sayede öğrenciler GenAI kullanımıyla çeşitli yönden desteklenerek avantajlı konuma gelmektedirler (Jose vd., 2024).

Yapay zekâ, bireysel ihtiyaçlar ve yeteneklere yönelik olarak öğrencinin öğrenme çıktılarını geliştirmesine katkı sağlar (Şimşek, 2025). Yapay zekâ öğrencilerin yalnızca bilgiyi edinmede derinlemesine öğrenilmesinin ötesinde bilgiyi oluşturmada aktif rol almalarının desteklenmesi konusunda teşvik sağlamaktadır (Olatunde-Aiyedun, 2024). ChatGPT insan dilini anlamakta, şiir öykü veya romanları insan üretimine eşdeğer düzeyde yaratıcı yazma yeteneğine sahiptir (Shidiq, 2023). Eğitimde bireyselleştirilmiş öğreti ve öğrenme süreçleri için yapay zekâ kullanımı kıymetli bir çözüm ortaya koymaktadır. Bütün öğrencilere kendi öğrenme hızları ve öğrenme stillerine yönelik farklı ve özel programlar tasarlayıp öğrenme sürecinin gerçekleşmesi sağlanabilmektedir (Çiftçi vd., 2024).

Ayrıca, öğrencilerin performanslarına yönelik dönüt sağlanması ve rehberlik gereksinimlerinin karşılanması süreçlerinde, boylamsal ve büyük ölçekli verilerin analizini etkin biçimde gerçekleştirebilen yapay zekâ uygulamalarından yararlanılabilmektedir (Martin vd., 2023). Günümüzde yapay zekâ ve teknolojileri açısından önemli gelişmeler yaşanmaktadır. Bu gelişmelerle birlikte güncel ayak uydurmak bir hayli önemlidir. Bu yüzden fen bilimleri derslerinde 2018 ve maarif modeli öğretim programları yenilikçi ve teknolojiyle uyumlu halde hazırlanmıştır (MEB, 2018; MEB, 2024b).

Web alanlarında yaşanan gelişmelerle güncel bilgiye kolay ve hızlı bir şekilde ulaşmak ve kullanmak mümkündür (Orhan & Men, 2018). Bu gelişmeler günlük yaşamımızda, eğitim ve iş alanlarında birçok değişikliği de beraberinde getirmiştir. STEM alanlarının bu alanlarda güçlü bir ilerleme sağlayıcısıdır. Yapay zekâ ve STEM eğitimi karşılıklı etkileşimde ve girişimciliği, yaratıcılığı önemli oranda artırıcı potansiyeli içinde barındırmaktadır. Yapay zekâ, gerçek dünyada var olan senaryoların simüle edilmesi konusunda önemlidir. Yeni fikirlerin geliştirilip bunları test edebilme olanağı elde edilmiş olur (Kangiwa vd., 2024). Kendini sürekli yenileyen eğitim sisteminde yapay zekâ uygulamaları kullanmak önemli yer tutmaktadır. Ülkemiz, Millî Eğitim Bakanlığı'nın 2023 hedefleri çerçevesinde eğitimde iyileştirmeler için yapay zekâdan destek almayı amaçlamaktadır (İşler & Kılıç, 2021). Değişimlere ayak uydurmak, makul olanı uygulamaya geçirebilecek bilgi ve beceriye sahip

olmak bütün kademeler için önemlidir. Geleceğe bir adım önde başlamanın yollarından birisi de teknolojik devinimlere önceden hazır olmakla başlar.

3.1. Yapay Zekâ, Eğitim ve Etik

Yapay zekânın dijital sahada yer almasından kaynaklı olarak bazı güvenlik ve bilgilerin sızdırılması konusunda endişeler mevcuttur. Au-Yong-Oliveria ve arkadaşlarının (2020) yaptığı çalışmada etik konularda da kaygılarının olduğunu dile getirmiştir. Wirtz vd. (2018) robotların da insanların emrinde değil insanların robotların emrine dönüşebileceği hakkında ifadeleri mevcuttur. Yapay zekânın eğitim üzerinde gözle görülür oranda etkileri olabilir. Eğitim açısından destekleri olsa da kesinlik açısından zaman kaybı, üşengeçlik ve güvenlik sorunları görmezden gelinmemelidir. Karar verme zamanında destekleyici, öğrenci ve öğretmenlerin farklı görevleri tamamlamasını desteklemektedir. Öğrenim sürecinde öğrencilerin yapay zekâyâ alışması yapay zekâ bağımlılığını artırmaktadır (Ahmad vd., 2023).

Etik çerçeveler konusunda sorumlu olarak kullanılması üzere net etik kuralları ve çerçevesi oluşturulması kötüye kullanımı ve risklerini azaltarak etik güvence altına alınabilir (Almasri, 2024).

3.2. Öğretmenlerin Gözünden Yapay Zekâyâ Bakış

ChatGPT, sınıfta öğretim ve öğretmenlerin rehberlik sürecinde öğretmenlere düşen iş yükünde azaltıcı etkiye sahiptir (Arduç, 2025). Yapay zekâ kullanılarak öğrencilerin performanslarını, öğrencilerin öğrenme üzerindeki kişiselleştirilmiş deneyimlerini sunmayı sağlamakta ve idare işleri gibi işlerde yardımcı rol oynamaktadır (Kaya & Köseoğlu, 2024). Yapay zekâ, öğrencilerin birbiri arasındaki iş birliği ve etkileşimlerinin artmasını sağlar. Sanal öğrenme ortamları, öğrencilerin çevrimiçi çalışmasını ve öğrencilerin tartışma grupları oluşturmalarını destekler (Seyrek vd., 2024).

Öğretmenler sınıfta temel etkidir ve sınıf içinde belirlenecek teknolojinin kullanılacağına kararını verme kısmında önemini korumaktadır. Öğretmen bu karar vermede teknoloji ya da yapay zekâyâ karşı bir direnç göstermesi halinde teknoloji kullanımı baltalanmış olacaktır (Lee & Zhai, 2024). Ayrıca Lee ve Zhai (2024) yaptığı çalışmada ChatGPT'nin bilgi edinme yöntemlerinde devrim yaratacağı yönünde bulguların yanında öğretmenlerde bu alanda bilgi eksikliklerinin mevcut olduğuna dikkat çekmişlerdir.

Yapay zekâ tarafından desteklenen yetkinlik geliştirme programlarının uygulanması, fen bilimleri öğretmenlerine fayda sağlayabilir (Gunawan vd., 2021). Öğretmen tarafından desteklenmiş yapay zekâ fen bilimleri etkinlikleri, öğrencilerin çalışmalarında iyi sonuçlar elde etmelerine katkı

sağlamıştır ve öğretmen desteği olmadan ise öğrenciler kendi yaratıcılık ve problem çözme becerileri sayesinde görevleri başarıyla tamamlamışlardır (Wu & Yang, 2022). Ek olarak fen bilimleri eğitiminde önemli bir yer tutan veri analitiği, öğrencilerin performanslarında gözlem yapılabilir bu veriler neticesinde öğrencinin güçlü zayıf yönleri hakkında öğretmene önerilerde bulunarak öğretmene destek sağlar (Güler, 2024).

Yapay zekânın öğretmenler açısından değerlendirmeye alınması, öğretmenlerin bu alanda yetkinliklerinin artırılıp eğitim öğretim faaliyetlerinde destekleyici role büründürülmesi çeşitlilik ve kalite konusunda artış yaşanmasını sağlar (Almasri, 2024).

3.3. Yapay Zekânın, Yaratıcılık ve Yenilikçilik Becerisine Etkisi

Yapay zekâ yaratıcı süreçlerde önemli rol oynayabilir fakat insan yaratıcılığıyla kıyasa sokulduğunda sınırlamalara sahip olduğu ortaya çıkmaktadır. İnsan yaratıcılığında daha çok duygu, bilinç gibi insana has özellikler ortaya çıkarken yapay zekâda algoritmik süreçlerde verilerin analiz edilerek özgünlük ve yenilik üretmesiyle oluşmaktadır (Mutlu, 2025). Çiftçi ve arkadaşları (2024) Cornell Üniversitesi Eğitim İnovasyonu Merkezi gibi kurumların yapay zekâyla birlikte öğrencilerin bilgilere hızlı erişim imkânı sağladığını, yaratıcılık ve merak duygularını destekleyerek eğitimde dönüşüm yapılabileceğini belirtmişlerdir. Yapay zekâ, yaratıcı düşünceleri desteklemekte ve yapıcı bir fikirle yönlendirilmediği zamanlarda sonuç benzerliğine yol açabilmektedir. Üretken araçlarla eğitim alanlarına daha fazla entegre edilmesi, öğrencilerin aktif ve yaratıcı olması yetenek ve düşüncelerle donatılması büyük önem arz etmektedir (Baltà-Salvador vd., 2025).

Kısacası insani özelliklere benzetilmek açısından yapay zekâ belirli noktalarda destekleyici role bürünebilmektedir. Yapay zekânın teknolojik yeniliklerde doruk noktası olması ve bilgisayarların insan benzeri hareketlerle görevi yerine getirme yetisi kazandığı ortadadır (Chen vd., 2020). Fakat tamamen özgün insani duyguları yansıtmaması mümkün değildir.

3.4. Yapay Zekânın Fen Eğitiminde Kullanım Alanları

Yapay zekâ sistemleri ve algoritmalarına olan ilgi eğitim alanında da her geçen yıla göre artış yaşamaktadır (Chen vd., 2020). Yapay zekâ alanındaki teknolojik gelişmeler, eğitimdeki sorunları aşmak için yeni fırsatlar sunmakta olup, büyük miktarda veriyi işleyebilme ve gerçek zamanlı geri bildirim sağlayabilme kapasitesi sayesinde geleneksel öğrenme yöntemlerini köklü biçimde dönüştürme potansiyeline sahiptir (Fong vd., 2024).

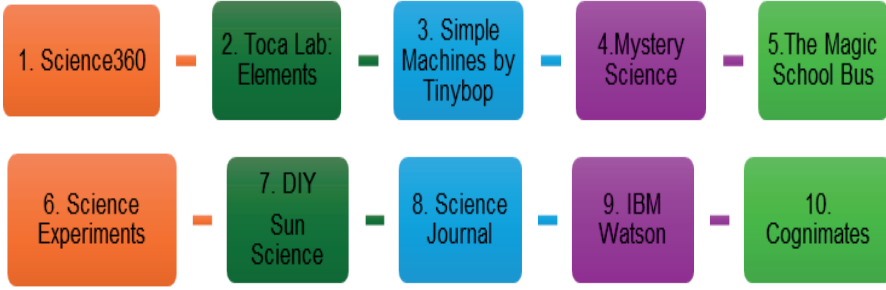
Hızla gelişerek büyüyen yapay zekâ, bilim öğretim sürecinde öğrenme ve değerlendirme uygulamalarında üst düzey fırsatlar sunmaktadır (Lee ve Zhai, 2024). Bunlar dersi planlamada yenilikler, öğrencilere yönelik kişiselleştirilmiş geri bildirimler ve değerlendirmeyi otomatikleştirmek olarak sıralanabilir. Hesaplama aracı olma görevi yüklenmiş olan yapay zekâ, kendini denetleyebilen oluşumu sayesinde karar verici, çıkarım yapıcı, geçmiş verileri analiz ederek yaratıcılıkta her alana katkı sağlamaktadır (Bulut vd., 2024).

Öğretmenlerin çoğu, yapay zekâ kullanımını tüm derslerin değerlendirme kısmında kullanmak isterken bazı öğretmenler Fen Bilimleri dersinde deneyler ve sunular hazırlamak, Hayat Bilgisi ve Sosyal Bilimler dersinde tanınmış insanların anlatımlarına yer vermek için kullanmayı düşünmektedirler (Çolak Yazıcı & Erkoç, 2024).

Fen eğitiminde yapay zekânın kullanılıyor olması öğrencilere daha somut deneyimler kazandırarak öğrencilerin öğrendikleri bilgileri somut yaşantıya dökme ihtimalini artırmaktadır (Arduç, 2025). Öğrenci bilgilerini geliştirmek, merak uyandırmak, günümüz ihtiyaçlarına ve STEM kariyerinde başarı sağlamaları için hazırlanmak önemlidir. Yapay zekânın desteklemesiyle öğrencinin deneyim yaşayarak öğrenmesi ilgi çekici, ulaşımı kolay ve alakalı halde tasarlanması mümkündür (Almasri, 2024; Mustofa vd., 2025).

3.5. Yapay Zekâ Destekli Fen Eğitimi Öğretim Araçları

ChatGPT Fen Bilimleri dersinde öğrenciyi çok yönlü geliştiren bir araç olarak kullanılabilen ve derslerin görselleştirme, problem çözme gibi işlevlerle öğrencilerin sürekli, devamlı öğrenme potansiyeli oluşturma konusunda öğrenciye bireysel destek sağlamaktadır (Torun & Karamustafaoğlu, 2025). Yapay zekâ araçları fen bilimleri ders eğitim kısmında ve öğretimi destekleme konusunda önemli bir rolü vardır (Al Darayseh, 2023; Çolak Yazıcı & Erkoç, 2023). Akıllı öğretim sistemleri neyi, nasıl ve kime öğreteceğini bilen, yapay zekâ teknolojilerinden yararlanan bilgisayar programları olarak tanımlanabilir (Meço & Coştı, 2022). Eğitimde kullanılan yapay zekâ araçları akıllı sistemler olarak sınıflandırılmaktadır. Bu sistemler neyi nasıl öğreteceği konusunda yardımcı olan bilgisayar programlarıdır (Aktay vd., 2023). Fen bilimleri eğitiminde kullanılan yapay zekâ araçlarından bazıları Şekil 2'de aktarılmıştır (MEB, 2024a).



Şekil 2 Fen Eğitiminde Kullanılan Yapay Zekâ Teknoloji Araç Örnekleri

1. **Science360:** Bilimsel alanları ve mühendislik konularında araştırma ve keşif yapmak için 3 boyutlu interaktif simülasyon, video programıdır.
2. **Toca Lab: Elements:** Elementleri keşif ile elementler arasındaki etkileşimleri dene-yap öğrenme tekniğinin kullanıldığı bir programdır.
3. **Simple Machines by Tinybop:** Öğrencilere basit makineler üzerinde çalışma yöntemlerini öğrenmelerini destekleyen bir programdır.
4. **Mystery Science:** Fen konuları üzerinde öğrencilerin öğrenmeye yönelik keşif yapmalarına yardımcı olan bir platformdur. Sorular üzerinden ilerler.
5. **The Magic School Bus:** Öğrencilere okyanus keşfi yapmalarını ve bu konu üzerinden deneyim yaşamalarını sağlayan bir uygulamadır.
6. **Science Experiments:** Öğrencilerin basit deneyler yapmalarını sağlayan, fen bilimleri konularında keşifler yapmalarını sağlayan bir uygulamadır.
7. **DIY Sun Science:** Güneş ışığında ve güneş enerjilerinin nasıl çalıştığını öğrenmeleri üzerine deneyler yapmayı sağlayan bir uygulamadır.
8. **Science Journal:** Öğrencilerin fen deneyleri yapmalarını ve verileri toplama konusunda yardım etmektedir. Öğrenciler, sensörlerle fiziksel ölçüm yapmaktadırlar.
9. **IBM Watson:** Öğrencilerin yapay zekâ üzerinde farkındalıklar kazanması konusunda çeşitli eğitim materyalleri kazandırmaktadır.

10. Cognimates: Yapay zekâ ve kodlama konularında öğrencilerin temel yapay zekâ kavramlarını öğrenmelerine odaklanmaktadır.

Fen bilimleri dersleri için kullanılabilecek bu yapay zekâ araçları öğrencileri öğretim esnasında destekleyici bir etkiye bulunabilir. Yapay zekâ programları yazılan bu programlarla sınırlı tutulmamalıdır ve liste daha da artırılabilir.

3.6. Yapay Zekânın Öğrenciler ve Eğitim Üzerindeki Olumsuz Etkileri

Yapay zekâ, yaratıcı düşünmeyi önemli ölçüde destekleme potansiyeline sahip olmakla birlikte, yaratıcılık ve yaratıcı öz güven üzerinde olumsuz etkiler de oluşturabilmektedir; bu doğrultuda, bazı araştırmalar yapay zekânın düşünme süreçlerini teşvik edebileceğini ancak uygun şekilde yönlendirilmediğinde yaratıcı özgüveni zayıflatabileceğini veya kullanıcıların yapay zekâ tarafından üretilen içeriğe bağımlı hale gelebileceğini ortaya koymuştur. Eğitimciler başlangıçta yapay zekânın sınıf ortamında kullanımına temkinli yaklaşırlar da ayrışan düşünme becerilerini geliştiren egzersizlerle öğrencilerin bu teknolojiyi nasıl deneyimlediklerini inceleyen çalışmalar, öğretmenlerin yapay zekâdan tamamen kaçınmak yerine insan yaratıcılığını destekleyen ve teknolojinin potansiyelinden yararlanan dengeli bir yaklaşımı benimsemeleri gerektiğini vurgulamaktadır (Habib vd., 2024)

Öğrenciler kendi yaratıcılıklarının kaybolabileceği yönündeki korkuları göz önüne alınırsa, öğretmenler, insanların doğumda bu yana gelen eleştirel düşünce, yaratıcılık ile yenilikçilik yetilerini korumak amacıyla özgür düşünce ve sabit fikir üretme yöntemlerinin önemi vurgulanmış, yapay zekâ desteği olmadan yaratıcı süreçlerin gerçekleştirilmesi ve potansiyellerini genişletmeye devam etmeleri önemlidir. Öğrenciler, yaratıcı ve özgür düşünme yetenekleri olmadan, düşünce üretme zamanlarında teknoloji araçlarını düzenli bir biçimde kullanmaları mümkün değildir (Baltà-Salvador, 2025). Grassini (2023) yaptığı çalışmada kullanıcıların bilgileri yapay zekâdan edinirken tamamen nesnel bilgi olarak alınması sorunları daha da derinleştirmektedir.

Yapay zekâ kullanımı giderek yaygınlaşmakta olup, yazılı eserlerin oluşturulması, sentezlenmesi ve analizinde kullanılabilen yazılımların ortaya çıkışıyla bu teknolojinin yükselişi kaçınılmaz bir olgu haline gelmiştir; her ne kadar birçok kesim yapay zekânın insanlara yardımcı olma potansiyelini desteklese de bu durum aynı zamanda akademik dürüstlük ve öğrenme etiği gibi ihlal edilebilecek alanlara ilişkin önemli endişeleri de beraberinde getirmektedir (Trisnawati vd., 2023).

4. Sonuç

Bu bölümde yapay zekâ, yaratıcılık ve yenilikçilik becerilerinin fen bilimleri ile ilişkisi, yapay zekânın eğitime kattıkları, yapay zekânın öğrenciler ve eğitim üzerindeki olumsuz etkileri, fen bilimleri derslerinde kullanılmakta olan yapay zekâ uygulamaları şeklinde çeşitli başlıklar altında incelenmiştir. Yirmi birinci yüzyıl becerilerinden olan yaratıcılık ve yenilikçilik becerisinin yapay zekâ katkısıyla güncelliği ve yeni bilgiler üretme konusunda etkileri ortaya konulmuştur. Yapay zekânın kullanım alanları, eğitime katkısı ve fen eğitimindeki kapsamı konusunda önemli noktalara değinilmiştir. Bu noktalar ışığında yapay zekâ, yaratıcılık ve yenilikçilik ve fen bilimleri dersleri arasında bir sac ayağı kurulmaya çalışılarak ortak bir bağlam metni hazırlanmaya çalışılmıştır.

Bulgular ışığında yorumlandığında yaratıcılık ve yenilikçilik becerisinin fen eğitimi ve yirmi birinci yüzyıl insanlığı için vazgeçilmez olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yapay zekânın yaratıcılık becerisini desteklediği fakat tamamen yerini alamayacağı, insani duyguların ortaya konmasında insanların tam olarak yerini tutamayacağı, yapay zekânın fen bilimleri derslerinde destekleyici role büründüğü bulgusuna ulaşılmıştır. Fen eğitimi derslerinde öğrencilerin modellemeler yaparak konuyu daha iyi kavrayacağı yaratıcılık becerilerini bu şekilde geliştirerek yeni bilgilerin üretimi noktasında da öğrencilerin destek bulabileceği sonuçları aktarılmıştır. Ayrıca öğretmenlerin yapay zekâyı destekleyici bir materyal olarak kullanması öğretim aşamasında faydalı bulunacağı yapılan araştırmalarla birlikte ortaya konmuştur. Etik ihlaller konusunda öğrencilerin bilgilerinin ya da yapay zekâyı yüklenecek bilgilerin güvenliği konusunda halen tereddütler varlığını korumaktadır. Bu güvenlik politikalarının daha sağlam sözleşmelerle garanti altına alınması gerekliliği sonucuna ulaşılmıştır. Yapay zekâ tarafından yapılacak araştırmalar kolay gibi görünse de yapılacak araştırmanın tam doğru sonucu verdiğini kontrol etme süreci uzun bir süreçtir. Yapay zekâ tarafından ortaya atılan bulgular kişilerin saf bilgi olarak öğreniyor oluşu olumsuz bir yan olarak alan yazında yapılmış çalışmalarda belirtilmiştir. Ek olarak fen eğitiminde kullanılmakta olan yapay zekâ teknolojilerinin listesi bu uygulamaların çalışma prensibi noktasında kısa bilgiler aktarılmıştır. Bu uygulamaların sınırlı olmadığı aktarılmıştır.

Bölümde aktarılan bilgiler ışığında kapsam alanı artırılarak detaylandırması konusunda önerilerde bulunulabilir. Bundan sonraki yapılacak çalışmaların yapay zekâ- fen bilimleri ilişkisi yapay zekâ- yaratıcılık- yenilikçilik ilişkisi bakımından uygulamalı saha çalışması olarak yapılmış çalışmalarla desteklenmesi ve detaylandırılması sağlanabilir. Öğrencilerin yaratıcılık ve

yenilikçilik becerisi konusunda gelişimlerini sağlamak disiplinler arası bir yaklaşımla sağlanması mümkün olacaktır.

Kaynaklar

- Adeoye, M. A., & Jimoh, H. A. (2023). Problem-solving skills among yüzst-century learners toward creativity and innovation ideas. *Thinking Skills and Creativity Journal*, 6(1), 52–58.
- Aguiar, D., & Pifarre Turmo, M. (2019). Promoting social creativity in science education with digital technology to overcome inequalities: A scoping review. *Frontiers in Psychology*, 10, 1474. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01474>
- Ahmad, S. F., Han, H., Alam, M. M., Rehmat, M., Irshad, M., Arraño-Muñoz, M., & Ariza-Montes, A. (2023). Impact of artificial intelligence on human loss in decision making, laziness and safety in education. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10(1), 1–14. <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01506-7>
- Aktay, S., Gök, S., & Uzunoğlu, D. (2023). ChatGPT in education. *Türk Akademik Yayınlar Dergisi (TAY Journal)*, 7(2), 378–406.
- Al Darayseh, A. (2023). Acceptance of artificial intelligence in teaching science: Science teachers' perspective. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, 100132. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100132>
- Almasri, F. (2024). Exploring the impact of artificial intelligence in teaching and learning of science: A systematic review of empirical research. *Research in Science Education*, 54(5), 977–997. <https://doi.org/10.1007/s11165-023-10101-2>
- Anggoro, S., Sopandi, W., & Sholehuddin, M. (2017, February). Influence of joyful learning on elementary school students' attitudes toward science. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 812, No. 1, p. 012001). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/812/1/012001>
- Arduç, M. A. (2025). Teknoloji odaklı fen öğretiminde yapay zekânın fene yönelik tutuma etkisi: Basit makineler örneği. *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 39, 1–19. <https://doi.org/10.54600/igdirsosbilder.1497243>
- Au-Yong-Oliveira, M., Lopes, C., Soares, F., Pinheiro, G., & Guimarães, P. (2020, June). What can we expect from the future? The impact of artificial intelligence on society. In *2020 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)* (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.23919/CISTI49556.2020.9140931>
- Aytaç, S. (2005). Yaratıcı kişilik ve yönetici. *Hürriyet Gazetesi*. <http://www.hurriyet.com.tr/gundem/yaratıcı-kisilik-ve-yonetici-104783>
- Bakri, F., Luthfiya, A.Q., Rahmawati, D., and Wati, L. (2023). The modern physics practicum: Students creatively and critically thinking in the 21st-Century competencies. In *Journal of Physics: Conference Series*, 2596(1), 012079.

- Baltà-Salvador, R., El-Madafri, I., Brasó-Vives, E., & Peña, M. (2025). Empowering engineering students through artificial intelligence (AI): Blended Human-AI creative ideation processes with ChatGPT. *Computer Applications in Engineering Education*, 33(1), e22817. <https://doi.org/10.1002/cae.22817>
- Baskara, F. R. (2023). Chatbots and flipped learning: Enhancing student engagement and learning outcomes through personalised support and collaboration. *IJORER: International Journal of Recent Educational Research*, 4(2), 223-238.
- Bulut, M. A., Davarcı, M., Bozdoğan, N. K., & Sarpkaya, Y. (2024). Yapay zekânın eğitim üzerindeki etkileri. *Ulusal Eğitim Dergisi*, 4(3), 976-986.* <https://www.uleder.com/index.php/uleder/article/view/498>
- Chan, C. K. Y., & Hu, W. (2023). Students' voices on generative AI: Perceptions, benefits, and challenges in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20(43). <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00411-8>
- 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>
- Collard, P., & Looney, J. (2014). Nurturing creativity in education. *European Journal of Education*, 49(3), 348-364. <https://doi.org/10.1111/ejed.12090>
- Çetin, M. & Demircan H.Ö. (2020). Erken çocukluk döneminde STEM eğitimi anlayışı. *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(1), 102-117. DOI: 10.17679/inuefd.437445
- Çetinkaya, E., & Taşkaya, M. (2024). Yapay zekâ ve yaratıcılık: Fırsatlar, zorluklar, beklentiler. In 5. *Uluslararası Medya Çalışmaları Sempozyumu (IMS 2024) Bildiri Özeti Kitabı* (s. 20). Akdeniz Üniversitesi Yayınları. <https://webis.akdeniz.edu.tr/uploads/1235/content/>
- Çiftçi, M., Çiftçi, A., Akca, H. A., & Kaçmaz, E. (2024). Yapay zekâ ile eğitimde inovasyon: Yenilikçi yaklaşımlar ve uygulamalar. *Socrates Journal of Interdisciplinary Social Researches*, 10(48), 242-251.
- 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>
- Demirhan, E., & Şahin, F. (2021). The effects of different kinds of hands-on modeling activities on the academic achievement, problem-solving skills, and scientific creativity of prospective science teachers. *Research in Science Education*, 51(Suppl 2), 1015-1033. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-09892-2>

- Dilekçi, A., & Karatay, H. (2023). The effects of the 21st century skills curriculum on the development of students' creative thinking skills. *Thinking Skills and Creativity*, 47, 101229. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101229>
- Fong, A., Lin, J., Ryan, L., and Chang, M. (2024). Leveraging the power of generative AI: a case study on feedback analysis of student evaluation in an undergraduate physiology practical course. *Physiology*, 39(S1), 2081.
- Giam, N. M., Nam, N. T. H., & Giang, N. T. H. (2022). Situation and proposals for implementing artificial intelligence-based instructional technology in Vietnamese secondary schools. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 17(18). <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i18.31503>
- Grassini, S. (2023). Shaping the future of education: Exploring the potential and consequences of AI and ChatGPT in educational settings. *Education Sciences*, 13(7), 692. <https://doi.org/10.3390/educsci13070692>
- Gunawan, K. D. H., Kaniawati, I., & Setiawan, W. (2021, November). The responses to artificial intelligence in teacher integrated science learning training program. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2098, No. 1, p. 012034). IOP Publishing.
- Güler, T. (2024). Yapay zekâ ve fen eğitimi. In Y. S. Sönmez (Ed.), *Eğitim ve bilim: İlköğretim ve ortaöğretimde fen bilimleri eğitimi* (ss. 7–16). Efeakademi Yayınevi.
- Habib, S., Vogel, T., Anli, X., & Thorne, E. (2024). How does generative artificial intelligence impact student creativity?. *Journal of Creativity*, 34(1), 100072.
- Hasibuan, R., & Azizah, A. (2023). Analyzing the potential of artificial intelligence (AI) in personalizing learning to foster creativity in students. *Enigma in Education*, 1(1), 6-10.
- Huang, X. (2024). Application of artificial intelligence APP in quality evaluation of primary school science education. *Educational Studies*, 50(6), 1215-1235.
- İşler, B., & Kılıç, M. (2021). Eğitimde yapay zekâ kullanımı ve gelişimi. *Yeni Medya Elektronik Dergisi*, 5(1), 1–11.
- Jose, E. M. K., Prasanna, A., Kushwaha, B. P., & Das, M. (2024). Can generative AI motivate management students? The role of perceived value and information literacy. *The International Journal of Management Education*, 22(3), 101082. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2024.101082>
- Justi, R., & Van Driel, J. (2005). The development of science teachers' knowledge on models and modelling: Promoting, characterizing, and understanding the process. *International Journal of Science Education*, 27(5), 549–573. <https://doi.org/10.1080/0950069042000323773>
- Kangiwa, B. I., Oludare, O. E., Nassarawa, H. S., Abubakar, N. S., Efeoma, E. L., & Enefola, H. A. (2024). Leveraging artificial intelligen-

- ce for enhancing entrepreneurship and creativity in STEM education. *Journal of Educational Research and Practice*. <https://doi.org/10.5590/JERAP.2024.14.1.01>
- Kaya, M., & Köseoglu, Z. (2024). Geleceğin eğitimini şekillendirmek: Öğretmen yardımcısı yapay zekâ. *Pearson Journal*, 8(29), 1555–1578. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13384238>
- Lee, G. G., & Zhai, X. (2024). Using ChatGPT for science learning: A study on pre-service teachers' lesson planning. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 17, 1643–1660. <https://doi.org/10.1109/TLT.2024.3387921>
- Lim, W. M., Gunasekara, A., Pallant, J. L., Pallant, J. I., & Pechenkina, E. (2023). Generative AI and the future of education: Ragnarök or reformation? A paradoxical perspective from management educators. *The International Journal of Management Education*, 21(2), 100790. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2023.100790>
- Liu, Z., Vobolevich, A., & Oparin, A. (2023). The influence of AI ChatGPT on improving teachers' creative thinking. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 22(12), 124–139.
- Martin, P. P., Kranz, D., Wulff, P., & Graulich, N. (2023). Exploring new depths: Applying machine learning to analyse student argumentation in chemistry. *Journal of Science Teaching Research*.
- MEB. (2018). *Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (İlkokul ve Ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. Millî Eğitim Bakanlığı, Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı. Ankara.
- MEB. (2024a). *Eğitimde kullanılan yapay zekâ araçları öğretmen el kitabı*. Millî Eğitim Bakanlığı, Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü. Ankara.
- MEB. (2024b). *Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (İlkokul ve Ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. Millî Eğitim Bakanlığı, Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı. Ankara. <https://tymm.meb.gov.tr/ogretim-programlari/fen-bilimleri-dersi>
- Meço, G., & Coştu, F. (2022). Eğitimde yapay zekânın kullanılması: Betimsel içerik analizi çalışması. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(23), 171–193.
- Mustofa, H. A., Kola, A. J., & Owusu-Darko, I. (2025). Integration of artificial intelligence (ChatGPT) into science teaching and learning. *International Journal of Ethnoscience and Technology in Education*, 2(1), 108–128.
- Mutlu, E. (2025). Yaratıcılığın sınırları: Yapay zekâ yaratıcılığına bir bakış. *Moment Dergi*, 11(2), 422–446. <https://doi.org/10.17572/mj2024.2.422-446>

- Olatunde-Aiyedun, T. G. (2024). Artificial intelligence (AI) in education: Integration of AI into science education curriculum in Nigerian universities. *International Journal of Artificial Intelligence for Digital*, 1(1), 1-14.
- Orhan, A. T., & Men, D. D. (2018). Web tabanlı öğretimin fen dersi başarısına ve fen dersine yönelik tutuma etkisi: Bir meta analiz çalışması. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(3), 245-284.
- Rayna, T., & Striukova, L. (2021). Fostering skills for the 21st century: The role of Fab labs and makerspaces. *Technological Forecasting and Social Change*, 164, 120391. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120391>
- Seyrek, M., Yıldız, S., Emeksiz, H., Şahin, A., & Türkmen, M. T. (2024). Öğretmenlerin eğitimde yapay zekâ kullanımına yönelik algıları. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 11(106), 845-856. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11113077>
- Shidiq, M. (2023, May). The use of artificial intelligence-based ChatGPT and its challenges for the world of education: From the viewpoint of the development of creative writing skills. In *Proceedings of the International Conference on Education, Society and Humanity* (Vol. 1, No. 1, pp. 353-357).
- Solihat, A. N., Dahlan, D., Kusenendi, K., Susetyo, B., & Al Obaidi, A. S. M. (2024). Artificial intelligence (AI)-based learning media: Definition, bibliometric, classification, and issues for enhancing creative thinking in education. *ASEAN Journal of Science and Engineering*, 4(3), 349-382.
- Sontay, G., & Karamustafaoğlu, O. (2023). Physics teachers' opinions on Algodoo training. *Journal of Science Learning*, 6(1), 117-124. <https://doi.org/10.17509/jsl.v6i1.47023>
- Suroiya, M., Sarmini, & Yani, M.T. (2025). AI-powered learning models to foster student creativity in social studies education. *Jurnal Socius*, 14(1), 106-113.
- Şimşek, N. (2025). Integration of ChatGPT in mathematical story-focused 5E lesson planning: Teachers and pre-service teachers' interactions with ChatGPT. *Education and Information Technologies*. 1-72.
- Terzi, Y. N., & Yenice, N. (2024). Fen eğitiminde yenilikçilik. *Uluslararası Eğitimde Mükemmellik Arayışı Dergisi*, 4(1), 54-66.
- Torun, B., & Karamustafaoğlu, O. (2025). Fen öğretiminde ChatGPT kullanımını hakkında öğrenci görüşleri. *Cumhuriyet Uluslararası Eğitim Dergisi*, 14(1), 240-249.
- Trisnawati, W., Putra, R. E., & Balti, L. (2023). The impact of artificial intelligent in education toward 21st century skills: A literature review. *PPSPD International Journal of Education*, 2(2), 501-513.
- Wirtz, J., Patterson, P. G., Kunz, W. H., Gruber, T., Lu, V. N., Paluch, S., & Martins, A. (2018). Brave new world: Service robots in the frontline.

Journal of Service Management, 29(5), 907–931. <https://doi.org/10.1108/JOSM-04-2018-0119>

Wu, S. Y., & Yang, K. K. (2022). The effectiveness of teacher support for students' learning of artificial intelligence popular science activities. *Frontiers in Psychology*, 13, 868623. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.868623>