ÜRETKEN YAPAY ZEKÂ İLE EĞİTİM EKOSİSTEMİNİN DEĞİŞİMİ

Zuhal İNCE[1], Prof. Dr. Yasemin DEMİRASLAN ÇEVİK[2]
Türkiye Cumhuriyeti, Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, BÖTE
e-mail: zuhalince27@gmail.com ORCID ID: 0000-0002-9873-252X,
Türkiye Cumhuriyeti, Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, BÖTE
e-mail: yasemind@hacettepe.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-5160-4766

Özet. *Üretken yapay zekanın eğitim süreçlerine hızlı girişi ve yaygınlaşması, eğitimde kullanılan araçların çeşitlenmesiyle birlikte öğretme-öğrenme süreçlerinin, öğretmen ve öğrenci rollerinin, ölçme-değerlendirme yaklaşımlarının ve eğitim kurumlarının yönetimi dahil pek çok konunun yeniden yapılandırılmasını gerekli kılmıştır. Eğitim süreçlerinin amaç, yapı ve işleyişinin üretken yapay zeka aracılığıyla yeniden tasarlanması eğitim sisteminde değişim gündeme getirmiştir. Bu çalışmada üretken yapay zekâ araçlarının kullanımı ve yaygınlaşmasıyla birlikte eğitim ekosistemdeki değişimin betimlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada eğitimin üretken yapay zekâyla birlikte değişimini ortaya koymak amacıyla nitel araştırma yöntemlerinden* ***doküman analizi*** *kullanılmıştır. Çalışma kapsamında, üretken yapay zekânın eğitim ve öğretim süreçlerinde kullanımına ilişkin* ***2019 yılından bu yana*** *yayımlanan akademik çalışmalar taranmıştır. Eğitim-öğretim bağlamında YZ kullanımını doğrudan ele alan ve araştırma bulgusu sunan çalışmalar incelenmiştir. Elde edilen veriler* ***betimsel ve tematik olarak*** *çözümlenmiştir. Üretken yapay zekâ eğitim öğretim uygulamalarının değişimini hızlandırarak eğitim kurumlarını ve mevcut pedagojik uygulamalarını yeniden değerlendirmeye zorlamıştır. Üretken yapay zekâ ile eğitim ekosisteminin değişimi; veri temelli karar verme, uyarlanabilir öğrenme ortamlarının oluşturulması ve eğitim paydaşlarının rollerinin yeniden tanımlanmasını içeren bir değişim olarak değerlendirilmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Eğitim ekosistemi, üretken yapay zekâ, öğretmen, öğrenci, öğrenme, etik.*

1. Giriş

Dijital dönüşümün son yıllardaki en önemli bileşenlerinden biri üretken yapay zekâdır. Üretken yapay zekâ (YZ) eğitim alanında karşılıklı ilişki içinde olan ve eğitim ekosistemini oluşturan birçok alt boyutun yönünü değiştirmeye başlamıştır. Öğrenme deneyimlerini, öğrencilerin bireysel ihtiyaçlarına göre uyarlanmasını destekleyerek öğrencilerin nasıl, nerede ve ne öğrendiklerinin yeniden tanımlaması durumunu ortaya çıkarmaktadır. YZ uygulamaları; öğrenme analitikleri, kişiselleştirilmiş öğrenme, otomatik değerlendirme, akıllı öğretim sistemleri, öğretmen destek sistemleri ve eğitim yönetimi gibi birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır Eğitimde YZ kullanımı, verimliliğin artması, küresel öğrenme, özelleştirilme, daha akıllı içerik ve eğitim yönetiminde etkinliğin artması gibi önemli etkiler yaratmıştır (Chen vd., 2020; Chiu vd., 2023). Bu çalışma ile YZ araçlarının kullanımı ve yaygınlaşması ile birlikte bu durumun paydaş rollerine etkileri ve eğitim ekosistemindeki değişimin betimlenmesi amaçlanmaktadır.

2. Yöntem

Çalışmada YZ ile birlikte eğitimde meydana gelen değişimi ortaya koymak amacıyla nitel araştırma yöntemlerinden **doküman analizi** kullanılmıştır. Çalışma kapsamında, üretken yapay

zekânın eğitim ve öğretim süreçlerinde kullanımına ilişkin **2019 yılından bu yana** yayımlanan akademik çalışmalar taranmıştır. Eğitim-öğretim bağlamında YZ kullanımını doğrudan ele alan ve araştırma bulgusu sunan çalışmalar incelenmiştir. Seçilen çalışmalar yayın yılı, eğitimle ilgili amacı, YZ’nin öğretim/öğrenme sürecindeki kullanım biçimine yönelik temel bulgulara ilişkin bilgiler çıkarılmıştır. Elde edilen veriler **betimsel ve tematik olarak** çözümlenmiştir. Çalışmalar; ÜYZ kullanım alanları, öğretim ve öğrenme süreçlerindeki değişimler, öğretmen ve öğrenci rollerindeki değişimler, etik, güvenlik ve ortaya çıkan fırsatlar/ sınırlılıklar olmak üzere temalar altında sınıflandırılmıştır.

3. Literatür

Eğitimde dijital dönüşümün başlarda bilgisayar, internet, öğrenme yönetim sistemleri ve çevrim içi eğitim platformlarının kullanımı ile ön plana çıkmıştır. Bu dönemde geleneksel eğitim süreçlerinin dijital ortama taşınmış ve eğitim kaynaklarına erişimin kolaylaştırılması sağlanmaya çalışılmıştır. OECD (2023), dijital teknolojilerin yalnızca mevcut uygulamaları desteklemek amacıyla kullanılmasının gerçek anlamda dijital dönüşüm için yeterli olmadığını; teknolojinin öğrenme ve öğretme süreçlerinin yeniden düşünülmesini sağlayacak biçimde bütünleştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu yönüyle eğitimde dijital dönüşüm, eğitim sistemlerine/öğrenme ortamlarına erişim, esneklik, kişiselleştirme, etkileşim, veri kullanımı ve sürekli geri bildirim gibi durumları kuvvetlendirmektedir.

Öğrenme süreçlerinden elde edilen verilerin analiz edilmesi, öğrencilerin bireysel ihtiyaçlarının belirlenmesine, öğrenme eksikliklerinin tespitine ve öğretimin ihtiyaçlara göre yeniden düzenlenmesine imkân sağlamaktadır. Böylelikle geleneksel eğitim anlayışının "her öğrenciye aynı program ve etkinlikler verilmesi" anlayışından daha esnek bir şekilde öğrenci merkezli bir eğitim yaklaşımına yönelmektedir. YZ bu dönüşümü daha da genişleterek öğrencilere özel kişiselleştirilmiş görevler sunma ve insan bilgisayar etkileşimini ön plana çıkarmaktadır (Zawacki-Richter vd., 2019; Chen vd., 2020). Chiu ve arkadaşları (2023) tarafından gerçekleştirilen çalışmada; yapay zekânın öğrenme, öğretim, değerlendirme ve eğitim yönetimi olmak üzere dört temel eğitim alanında çeşitli roller üstlendiği ortaya konulmuştur. Araştırmacılar, yapay zekânın kişiselleştirilmiş görevler sunma, insan-makine etkileşimini destekleme, öğrenci çalışmalarını analiz ederek geri bildirim sağlama ve dijital öğrenme ortamlarının uyarlanabilirliğini artırma gibi işlevler üstlenebildiğini belirtmektedirler.

3.1. Yapay Zekânın Öğrenme Süreçleri ve Öğrenci Rolüne Etkisi

Yapay zekânın eğitimdeki en önemli dönüşüm alanlarından biri öğrenme süreçleri üzerine olmuştur. Geleneksel öğretim ortamlarında öğrencilerin bireysel farklılıklarına göre öğretim faaliyetlerinin düzenlenmesi zaman ve sınıf mevcutları gibi nedenlerle sınırlı kalabilmektedir. Yapay zekâ araçları ile desteklenen eğitim planlamalarında ise öğrencilerin performansları analiz edilerek öğrenme hızına ve ihtiyaçlarına göre farklı içerik ve etkinlikler önermek daha mümkündür (Chen vd., 2020; Chiu vd., 2023). YZ, öğrencilerin öğrenme sürecindeki rolünün değişimini hızlandırmıştır. Geleneksel eğitim modelinde öğrenci çoğunlukla öğretmen tarafından sağlanan bilgiyi alan ve değerlendirme sonucunda öğrenme düzeyini gösteren bir durumdaydı. YZ destekli öğrenme ortamlarında ise öğrencinin bilgiye erişimi hızlanmış, geri bildirim alması kolaylaşmış ve öğrenme stratejilerinin değiştirilme olanakları artmıştır. Dolayısıyla öğrencilerinin öğrenme sürecindeki rolünün değişmesine neden olmuştur.

YZ’nin kullanılması, eğitim çevresinin niteliğini önemli ölçüde değiştirmiştir. İlk zamanlar YZ uygulamalarında temel olarak tahmin, sınıflandırma, öneri ve otomatik değerlendirme gibi işler öne plana çıkarken, son dönemlerde doğrudan yeni içerikler

oluşturabilmektedir. Metin, soru hazırlama, örnek uygulamalar, açıklama, özet ve öğretim materyali oluşturma kapasitesi, eğitimde bilgi üretimi ve içerik geliştirme süreçlerinin yeniden düzenlenmesini gerektirmiştir (Tlili vd., 2023; Yusuf vd., 2024). YZ, eğitimde dijital dönüşümün kapsamını ve hızını önemli ölçüde genişletmiş, dijital eğitim araçlarının öğretmen veya öğrencilerin işlerini kolaylaştırırken, yapay zekâ sistemleri veri analizi, içerik üretimi, öneride bulunma, sınıflandırma, tahmin ve geri bildirim sağlama gibi bilişsel işlemlerde de belirli ölçülerde katılabilmektedir (OECD, 2023).

YZ eğitimde yalnızca bir teknoloji değil, öğretim ve öğrenme süreçlerini yeniden şekillendirebilecek bir bileşen olarak desteklemektedir. Yusuf ve arkadaşlarının (2024) çalışmasında, üretken yapay zekâ araştırmalarının özellikle kullanım ve etkileri, etik riskleri, kullanıcı deneyimleri, kurumsal ve bireysel benimseme ile performans gibi konular çevresinde yoğunlaştığını ortaya koymuştur. Bu sonuç, YZ’nin yalnızca teknolojik bir yenilik olarak değil, pedagojik ve kurumsal değişim unsuru olarak ele alınması gerektiğini düşüncesini ortaya çıkarmaktadır. Ölçme ve değerlendirme süreçlerinde otomatik puanlama, öğrenci yanıtlarının analizi, biçimlendirici geri bildirim ve öğrenme analitikleri değerlendirmesi YZ’nin temel kullanımları arasında yer almaktadır (Chen et al., 2020; Chiu et al., 2023). Ölçme-değerlendirme anlayışının "öğrenci ne üretti?" sorusundan "öğrenci nasıl düşündü, nasıl karar verdi ve yapay zekâyı öğrenme sürecinde nasıl kullandı?" sorularına doğru genişlemesi gerekmektedir.

Bunun yanında YZ kullanımının öğrenme üzerindeki etkileri tek yönlü değildir. Öğrencinin YZ tarafından sunulan bilgi ve çözümleri eleştirmeden kabul etmesi, bilişsel çabanın azalmasına ve öğrenme sürecinin yüzeysel bir şekilde oluşması gibi sorunları artırmaktadır. Bu nedenle YZ’nin öğrenme sürecinde öğrencinin düşünme ve problem çözme kapasitesinin yerini alması değil, öğrenme sürecini desteklemesi önemlidir. Yani eğitimde kişiselleştirmenin otomatik olarak öğrencinin yapay zekâya aşırı bağımlı hâle gelmesi durumunda daha nitelikli öğrenme anlamına gelmeyeceği de dikkate alınmalıdır. Bu nedenle öğrencilerinin bilişsel çaba ve problem çözme sürecindeki etkinliğinin zayıflaması veya yapay zekâ tarafından üretilen bilgilerin eleştirilmeden kabul edilmesi gibi riskler, YZ destekli öğrenmenin pedagojik olarak dikkatli biçimde tasarlanmasını gerektirmektedir (Kasneci vd., 2023; UNESCO, 2023). Nihayetinde YZ kullanımına ilişkin deneysel araştırmaları inceleyen yakın tarihli bir araştırmada, YZ’nın kullanımının akademik performans ve bazı bilişsel/duyuşsal göstergeler üzerinde olumlu etkiler gösterebildiğini, fakat etkilerin kullanım biçimine göre değişebildiğini ortaya koymuştur (Deng et al., 2024).

3.2. Üretken Yapay Zekânın Öğretmen Rolüne Etkisi

Eğitimde yaşanan dijital dönem ve eğitim de YZ kullanımıyla birlikte; öğretmenin temel görevinin bilgi aktarmak, öğrencinin bilgiye ulaşmayı sağlamak veya öğrencilere beceri edindirmek gibi sürecin uygulama kapasitesinin artmasıyla birlikte yeniden değerlendirilmektedir. YZ, öğretmenlerin ders planı hazırlama, içerik hazırlama, materyal geliştirme, değerlendirme sürecini zenginleştirme ve öğrenci çalışmalarına ilişkin geri bildirim hazırlama gibi görevleri destekleyebilmektedir (Kasneci vd., 2023).

YZ destekli kişiselleştirilmiş öğrenme sistemleri, öğrencilerin performanslarına ve öğrenme ihtiyaçlarına ilişkin verilerden faydalanılarak farklı içerik, etkinlik veya geri bildirimler sunabilmekte ve böylece öğrencilerin bireysel farklılıklarına daha duyarlı öğrenme ortamları hazırlanmasına katkı sunabilmektedir (OECD, 2023). Tüm bunlar YZ’nın öğretmenin yerini alması yerine öğretmenin rolünün öğrenme tasarımcısı, rehber, kolaylaştırıcı ve pedagojik karar verici olarak yeniden şekillenmesinde YZ’nın destekleyici olduğu daha anlamlı bir yaklaşım

olarak görülmektedir (Miao & Cukurova, 2024). Öğretmenlerin YZ tarafından oluşturulan içerikleri değerlendirmesi, bilgi doğruluğunu kontrol etmesi, öğrencilerin etik kullanımını yönlendirmesi ve teknolojiyi öğrenme hedefleriyle ilişkilendirmesi giderek önem kazanmaktadır. OECD Uluslararası Öğretim ve Öğrenme Anketi (TALIS 2024) sonuçları da bu değişimleri görünür duruma geldiğini; OECD ülkelerinde öğretmenlerin yaklaşık üçte birinin işlerinde yapay zekâ kullandığını, öğretmenlerin yapay zekâyı özellikle konu araştırma/özetleme ve ders planı veya etkinlik oluşturma amacıyla kullanıldığını belirtmiştir (OECD, 2025). Bu durum YZ’nin öğretmenlik uygulamalarında geleceğe ilişkin bir alternatif olmaktan çıkıp giderek mevcut eğitim uygulamalarının bir parçası hâline geldiğini göstermektedir.

Eğitimdeki dijital değişim öğretmenin rolünü doğrudan etkilemiş YZ’nin bilgiye erişim ve içerik üretimi gibi bazı görevleri üstlenebilmesi, öğretmenin bilgi aktaran temel aktör olma konumunun yeniden değerlendirilmesini gerektirmiştir. Dolayısıyla dijital yeterlik kavramı, yapay zekâ okuryazarlığı ile birlikte ele alındığından öğretmenlerin yapay zekâ yeterliklerinin geliştirilmesi gerekmektedir. UNESCO'nun öğretmenler için geliştirdiği YZ yeterlik çerçevesinde öğretmenlik rolü; insan merkezli yaklaşım, yapay zekâ etiği, yapay zekânın temelleri ve uygulamaları, yapay zekâ pedagojisi ve mesleki gelişim olmak üzere beş temel boyutta ele alınmaktadır (UNESCO, 2023). Bu yaklaşım, öğretmenin yapay zekâ ile birlikte çalışan ve pedagojik kararların sorumluluğunu sürdüren esas aktör olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla öğretmenin rolü **öğrenme sürecinin tasarımcılığına, rehberliğe, eleştirel değerlendirmeye ve yapay zekâ çıktılarının pedagojik açıdan denetlenmesine** doğru genişlemektedir. Yapay zekâ tarafından üretilen bilgilerin doğruluğunun değerlendirilmesi, öğrencilerin yapay zekâ çıktılarının sınırlılıklarını fark etmelerinin sağlanması ve teknolojinin öğrenme hedefleriyle uyumlu biçimde kullanılması öğretmenin yeni sorumlulukları arasında değerlendirilebilir (Miao & Cukurova, 2024).

3.3. Üretken Yapay Zekâ Kullanımında Etik, Güvenlik ve Eşitlik Sorunları

Üretken yapay zekâ uygulamalarının, eğitimde içerik üretimi ve bilgiye erişim süreçlerinin gelişiminde ve hızında önemli değişiklikler meydana getirmiştir. Bu değişikliklerin sürdürülebilirliği, öğretmen ve öğrencilerin yalnızca teknolojik araçları kullanabilmesine değil, bu teknolojilerin sınırlarını ve etik boyutlarını anlayabilmesine de bağlıdır. Yapay zekânın eğitimde yaygınlaşması, teknolojik fırsatların yanında önemli etik ve yönetişim sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Veri gizliliği, algoritmik önyargı, eşitsiz teknoloji erişimi, yapay zekâ tarafından üretilen yanlış veya yanıltıcı bilgiler, akademik dürüstlük ve öğrencilerin kişisel verilerinin işlenmesi bu sorunların başlıcalarıdır (Mouta vd., 2024; OECD, 2023; UNESCO, 2023).

YZ sistemleri büyük miktarda öğrenci verisini işleyebildiğinden, veri gizliliği ve güvenliği eğitim kurumları açısından önemli bir yönetişim konusu hâline gelmiştir. Bunun yanında YZ sistemlerinin eğitimde kullanılması, teknolojiye erişim açısından avantajlı öğrenciler ile dezavantajlı öğrenciler arasındaki eşitsizlikleri artırma potansiyeline de sahiptir (OECD, 2023; UNESCO, 2023). K-12 düzeyinde yapay zekâ eğitimi üzerine gerçekleştirilen çalışmalar, YZ okuryazarlığının erken yaşlarda geliştirilmesinin önemini ortaya koymaktadır. Yapay zekâ eğitiminin öğrencilerin problem çözme becerilerini, yapay zekâya ilişkin bilgilerini, etik farkındalıklarını ve teknolojiye yönelik olumlu tutumlarını destekleyebildiği bildirilmektedir (Liu & Zhong, 2024; Ng vd., 2021). Yükseköğretim bağlamında üretken yapay zekâ üzerine yapılan bir çalışmada, yapay zekânın öğretim, öğrenme ve kurumsal uygulamaları dönüştürme potansiyeline sahip olduğu; bununla birlikte akademik dürüstlük, değerlendirme güvenilirliği ve

etik kullanım gibi sorunların önemli araştırma alanları oluşturduğu belirtilmektedir (Yusuf vd., 2024).

Yapay zekâ etiğine ilişkin sistematik çalışmalar, mevcut literatürde etik konuların önemli ölçüde ele alınmasına rağmen, bazı etik boyutların yeterince araştırılmadığını göstermektedir (Mouta vd., 2024). YZ’nın müfredat geliştirme, öğretim, öğrenme ve araştırma süreçlerinde yaratıcı olanaklar sunduğunu; ancak bu olanakların veri gizliliği, eşitlik, güvenilirlik, yaş uygunluğu ve etik kullanım gibi konularla birlikte değerlendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. UNESCO (2023), üretken yapay zekânın eğitimde kullanımında insan merkezli, güvenli, adil ve anlamlı bir yaklaşımın benimsenmesini önermektedir. Benzer şekilde YZ’nın eğitimde sunduğu fırsatların eşitsizlik, veri gizliliği, kaynakların güvenilirliği ve öğretmen yeterlikleri gibi risklerle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini belirtmektedir. Eğitimde yapay zekâ uygulamalarının geliştirilmesinde yalnızca teknik performans değil; adalet, şeffaflık, hesap verebilirlik, insan denetimi ve mahremiyet gibi ilkeler de dikkate alınmalıdır.

Eğitimde değişim yalnızca sınıf ve öğretim süreçlerinde gerçekleşen bir değişim olmayıp; eğitim kurumlarının yönetimi, öğretmen eğitimi, altyapı, veri yönetimi ve politika geliştirme süreçleri de bu değişimin bir parçasıdır. YZ destekli öğrenme analitikleri, öğrenci başarısının izlenmesi, erken uyarı sistemleri, akademik danışmanlık ve kurumsal karar destek mekanizmaları eğitim kurumlarının veri temelli yönetim kapasitesini geliştirebilmektedir (Zawacki-Richter vd., 2019).

Bu doğrultuda eğitimde ekosistemindeki değişim birbirinden bağımsız teknolojik uygulamalardan oluşan bir süreç olarak değil, insan, pedagojik süreç, teknoloji, veri ve kurumsal yapı arasındaki etkileşimin yeniden düzenlenmesi olarak ele alınmalıdır. YZ, eğitim ekosisteminde merkezi bir konuma gelmekle birlikte, değişimler teknolojinin kendisinden çok eğitim politikaları, öğretmen yeterlikleri, kurumsal hazırlık ve pedagojik tasarımın niteliğine bağlı olarak geliştirilmelidir.

4. Sonuç

Başlangıçta bilgisayar ve bilgisayarla ilgili teknolojiler şeklinde ortaya çıkan YZ; web tabanlı ve çevrimiçi akıllı eğitim sistemleri ve gömülü bilgisayar sistemleriyle eğitmenlerin görev ve işlevlerini bağımsız olarak veya eğitmenlerle birlikte yerine getirmek üzere insansı robotların ve web tabanlı sohbet robotlarının kullanımına dönüşmüştür. Bu platformlar sayesinde, öğretmenler öğrencilerin ödevlerini daha etkili ve verimli bir şekilde inceleme ve notlandırma gibi çeşitli idari işlevleri yerine getirebilmekte ve öğretim faaliyetlerinde daha yüksek kalite elde edebilmektedirler.

YZ’nin ortaya çıkışı, eğitimde değişimi yeni bir aşamaya taşımış; öğretmenlik, öğrencilik, ölçme-değerlendirme, içerik geliştirme ve öğrenme tasarımı gibi alanların yeniden düzenlenmesini gerekli kılmaktadır. Bu öğretmenin rolünün ortadan kalkması yapay zekânın eğitimde bir "öğretmen alternatifi" anlamında değil, **pedagojik karar verici, öğrenme tasarımcısı, rehber ve yapay zekâ çıktılarının eleştirel değerlendiricisi** olarak yeniden tanımlanması şeklinde tanımlanabilir. Öğrenciler açısından ise yapay zekâ okuryazarlığı, eleştirel düşünme ve öz-düzenleme becerilerinin daha önemli hâle geldiği söylenebilir (Hochberg & Waitzman, 2026; Miao & Cukurova, 2024).

Bununla birlikte yapay zekânın eğitimde başarılı biçimde kullanılabilmesi; teknolojik kapasitenin artırılmasının yanında ve ötesinde pedagojik uygunluk, dijital ve yapay zekâ kullanım yeterliği, insanın merkeze alınması, eşitlik ve etik ilkeler, veri güvenliği, veri ve kurum etkileşiminin birlikte ele alınmasını gerektirmektedir. Bu nedenle geleceğin eğitim sistemi,

teknolojinin insanın yerine geçtiği değil, insanın pedagojik kapasitesini destekleyen ve güçlendiren bir insan-yapay zekâ iş birliği üzerine düzenlenmelidir. Genel anlamda yapay zekâ ile eğitim ekosistemindeki değişim, **öğretmen merkezli öğretimden öğrenci merkezli, kişiselleştirilmiş ve sürdürülebilir öğrenme ortamlarına,** aktif ve öz-düzenleyici öğrenene**, statik içeriklerden uyarlanabilir içeriklere, dönemsel değerlendirmeden sürekli geri bildirime ve teknoloji kullanımından kurum-insan-yapay zekâ iş birliğine** doğru bir yönelimi beraberinde getirmektedir (Tang, 2026).

KAYNAKÇA

1. 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
2. Chiu, T. K. F., Xia, Q., Zhou, X., Chai, C. S., & Cheng, M. (2023). Systematic literature review on opportunities, challenges, and future research recommendations of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 4*, 100118. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100118
3. Deng, R., Jiang, M., Yu, X., Lu, Y., & Liu, S. (2024). Does ChatGPT enhance student learning? A systematic review and meta-analysis of experimental studies. *Computers & Education, 208*, 105224. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105224
4. Hochberg, N., & Waitzman, R. (2026). From information providers to learning designers: Heutagogical teaching practices in AI-enhanced education. *Frontiers in Education, 11*, 1905833. https://doi.org/10.3389/feduc.2026.1905833
5. Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günnemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeiffer, F., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., ... Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences, 103*, 102274. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274
6. Liu, X., & Zhong, B. (2024). A systematic review on how educators teach AI in K-12 education. *Educational Research Review, 45*, 100642. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2024.100642
7. Miao, F., & Cukurova, M. (2024). *AI competency framework for teachers*. UNESCO. https://doi.org/10.54675/ZJTE2084
8. Mouta, A., Pinto-Llorente, A. M., & Torrecilla-Sánchez, E. M. (2024). Uncovering blind spots in education ethics: Insights from a systematic literature review on artificial intelligence in education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 34*, 1166–1205. https://doi.org/10.1007/s40593-023-00384-9
9. 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. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100041
10. OECD (2023). *OECD digital education outlook 2023: Towards an effective digital education ecosystem*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/c74f03de-en
11. OECD (2025). *Teaching for today's world: Results from TALIS 2024*. OECD Publishing.
12. Tang, K. H. D. (2026). AI-augmented student-centered learning: Personalization and agency. *Acta Pedagogia Asiana, 5*(2), 129–154. https://doi.org/10.53623/apga.v5i2.1107

13. Tlili, A., Shehata, B., Adarkwah, M. A., Bozkurt, A., Hickey, D. T., Huang, R., & Agyemang, B. (2023). What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education. *Smart Learning Environments, 10*, 15. https://doi.org/10.1186/s40561-023-00237-x
14. UNESCO (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO.
15. Yusuf, A., Noor, N. M., et al. (2024). Generative AI in education and research: A systematic mapping review. *Review of Education, 12*(2), e3489. https://doi.org/10.1002/rev3.3489
16. 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*, 39. https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0