

21. Yüzyılda Fen Eğitimi: Yapay Zekâ Destekli Öğrenme, Yenilikçi Öğretim Teknolojileri, Uzaktan Eğitim ve Örtük Öğretmenlik Kuramları

Ayşegül Tongal¹

Özet

Bu kitap bölümü 21. yüzyılda fen eğitiminin dijitalleşme, pedagojik dönüşüm ve etik boyutlar çerçevesinde nasıl yeniden yapılandığını incelemektedir. Dijital çağın gerekleri doğrultusunda bireylerin eleştirel düşünme, yaratıcılık, iletişim, iş birliği ve dijital okuryazarlık gibi çok boyutlu becerilerle donatılması gerekmektedir. Bu bağlamda yapay zekâ (YZ), artırılmış gerçeklik (AR), sanal gerçeklik (VR), robotik uygulamalar, metaverse ve uzaktan eğitim sistemleri fen öğretimini dönüştüren temel teknolojiler arasında yer almaktadır. Sanal ve artırılmış gerçeklik, soyut kavramların somutlaştırılmasını sağlarken; robotik uygulamalar disiplinler arası düşünmeyi, problem çözme ve öğrencilerin motivasyonunu desteklemektedir. Uzaktan eğitimde yapay zekâ destekli sistemler bireyselleştirilmiş öğrenme yolları sunmakta öğrencilerin öğrenme süreçlerini anlık verilerle izleyerek öğretmenlere etkili müdahale fırsatları tanımaktadır. Pedagojik boyutta ise öğretmenlerin örtük teorileri (özellikle sabit ve gelişim zihniyeti) öğrencilerin akademik başarıları ve öğrenme deneyimleri üzerinde önemli etkilere sahiptir. Bu nedenle öğretmenlerin pedagojik refleksiyon ve etik duyarlılıkla donatılması gerekmektedir. Sonuç olarak geleceğin fen eğitimi teknolojik araçlarla zenginleştirilmiş, pedagojik olarak dönüştürülmüş ve etik değerlere dayalı bir yapıdadır. Bu dönüşümün sürdürülebilirliği için öğretmen eğitiminin güçlendirilmesi, dijital altyapının iyileştirilmesi ve yapay zekâ okuryazarlığının artırılması büyük önem taşımaktadır.

1 Dr, Akdeniz Üniversitesi, tongalaysegul@gmail.com, 0000-0002-4340-8423

1.1. 21. Yüzyıl Eğitim Paradigması ve Fen Eğitiminin Dönüşümü

Bilgi çağının belirleyici niteliği olan dijitalleşme ve küreselleşme, bireylerden bilgiyi analiz etme, yorumlama, yaratıcı biçimde kullanma ve yaşam boyu öğrenme gibi çok boyutlu yetkinlikler geliştirmelerini zorunlu kılmıştır. Bu doğrultuda 21. yüzyıl becerileri genel anlamıyla bireylerin bilgi toplumunda etkin, üretken ve uyumlu bireyler olabilmeleri için edinmeleri ve sürekli geliştirmeleri gereken bilişsel, sosyal-duygusal ve dijital yetkinlikleri içeren bir beceri seti olarak tanımlanmaktadır (Schwab, 2024).

21. yüzyıl becerileriyle ilgili ulusal ve uluslararası düzeyde birçok kurum ve kuruluş sistematik çalışmalar yürütmüş farklı beceri modelleri ve sınıflandırmalar ortaya koymuştur. Bu alandaki öncü girişimlerden biri 2002 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde kurulan P21 – Partnership for 21st Century Learning oluşumudur. Eğitim liderleri özel sektör temsilcileri ve politika yapıcılarını bir araya getiren bu platform bireyleri 21. yüzyılın gerekliliklerine uygun biçimde yetiştirmeye yönelik kapsamlı bir beceri çerçevesi sunmuştur. P21 çerçevesi özellikle “4C” olarak bilinen eleştirel düşünme (critical thinking), yaratıcılık (creativity), iletişim (communication) ve iş birliği (collaboration) becerilerini merkeze alarak bu yetkinliklerin dijital okuryazarlık, yaşam ve kariyer becerileriyle desteklenmesi gerektiğini savunmaktadır. Bu kurum ve kuruluşlar tarafından geliştirilen beceri setleri ülkelerin eğitim politikalarına yön vermekte öğretim programlarının yeniden yapılandırılmasında belirleyici olmaktadır. Bu dönüşümde yenilikçi öğretim teknolojileri, sanal ve artırılmış gerçeklik, veri tabanlı değerlendirme araçları ve yapay zekâ destekli öğrenme ortamları öne çıkmaktadır. Bu teknolojiler aracılığıyla fen dersleri daha etkileşimli, kişiselleştirilmiş ve yaşamla bağlantılı hâle gelmektedir. Aynı zamanda öğretmen rolleri de dönüşüme uğramakta öğretmenler bilgi aktarıcısından çok öğrencilerin öğrenme süreçlerini rehberlik eden eleştirel düşünmeyi teşvik eden ve dijital pedagojiyi yöneten liderler olarak yeniden konumlandırılmaktadır (Voogt vd., 2013).

1.2. Dijitalleşmenin Öğretim Pratiklerine Etkisi

Dijitalleşme; bilgiye erişim, öğretim stratejileri, öğrenci-öğretmen etkileşimi ve değerlendirme süreçlerinde köklü değişiklikleri beraberinde getirerek öğretmen ve öğrenci rollerini yeniden tanımlamaktadır (Redecker vd., 2011). Dijital araçlar sayesinde öğrenme ortamları artık fiziksel mekânla sınırlı olmayıp sanal sınıflar, çevrim içi öğrenme platformları ve artırılmış gerçeklik uygulamaları aracılığıyla zamandan ve mekândan bağımsız öğrenme mümkün hâle gelmiştir (Means vd., 2013). Geleneksel öğretmen rolü olan “bilgi aktarımı” yerini giderek rehberlik öğrenme süreçlerini

kolaylaştırma ve dijital içerik tasarımı gibi rollere bırakmaktadır (Mishra ve Kochler, 2006). Bu bağlamda öğretmenlerin dijital pedagojik yetkinliklerini geliştirmeleri kaçınılmazdır (Kochler ve Mishra 2009). Özellikle ters-yüz sınıf (flipped classroom), harmanlanmış öğrenme (blended learning) ve oyunlaştırma gibi yöntemler dijital ortamlarla bütünleşerek öğrenmeyi daha etkin ve kalıcı hâle getirmektedir (Bergmann ve Sams, 2012). Öğrenciler ise dijital çağda bilgiye pasif alıcı olmaktan çıkarak dijital kaynakları etkili kullanabilen bilgi üretebilen ve iş birliğine dayalı öğrenme süreçlerine aktif katılım sağlayan bireyler hâline gelmiştir (Voogt ve Roblin, 2012). Ayrıca dijitalleşme, değerlendirme biçimlerini de dönüştürmüştür. E-portfolyolar, çevrim içi sınav sistemleri, anlık geribildirim araçları ve öğrenme analitikleri; öğrencilerin öğrenme süreçlerinin hem süreçsel hem de sonuç odaklı olarak değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır (OECD, 2020).

2.1. Yenilikçi Öğretim Teknolojileri

Teknoloji, en genel tanımıyla insanların yaşamlarını kolaylaştırmak üretkenliğini artırmak ve karşılaştıkları problemleri çözmek amacıyla geliştirdikleri araç, yöntem ve sistemlerin bütünüdür. Bu bağlamda ortaya çıkan eğitim teknolojisi kavramı öğrenme ve öğretme süreçlerinde teknolojik araçların, dijital ortamların ve yenilikçi yöntemlerin etkin biçimde kullanılması olarak tanımlanmaktadır. Öğretmen ve öğrenciler arasındaki etkileşimin niteliğini artırmak, bireysel öğrenme ihtiyaçlarına cevap verebilmek ve öğrenmeyi daha esnek, erişilebilir ve etkileşimli hâle getirmek açısından büyük önem taşımaktadır (Roblyer ve Doering, 2014). (Mishra ve Kochler, 2006). Bu bağlamda eğitim ortamları bir takım teknolojiler entegre edilmiştir. Bu entegre edilen teknolojilerin bazıları sanal gerçeklik (VR), artırılmış gerçeklik (AR), avatar tabanlı etkileşimli sanal dünyalar, bulut bilişim, konum algılayan giyilebilir cihazlar ve mobil görüntüleme sistemleri gibi çok çeşitli uygulamalardır (Huang 2019). Bu teknolojiler öğrencilerin aktif katılımını teşvik etmekte, motivasyonlarını artırmakta ve öğrenmenin kalıcılığını desteklemektedir (Akçayır ve Akçayır, 2017).

Sanal ve artırılmış gerçeklik teknolojileri ile öğrenciler soyut kavramları üç boyutlu görselleştirme imkânına sahip olmakta deneyimsel öğrenme süreçleri daha etkili şekilde kurgulanabilmektedir. Dijital çağın gelişen teknolojileri, öğrenme ortamlarını dönüştürürken eğitimin doğasını da yeniden şekillendirmektedir. Bu dönüşümün merkezinde yer alan teknolojilerden biri de sanal gerçeklik (VR) sistemleridir. Sanal gerçeklik bilgisayar destekli sanal dünyalarda kullanıcıların başa takılabilir bir cihaz veya ekran aracılığıyla etkileşim kurabildiği sanki fiziksel olarak o ortamdaymış gibi hissettiren ve görsel, işitsel hatta dokunsal geri bildirimlerle desteklenen üç boyutlu

bir öğrenme deneyimi sunmaktadır. Sanal gerçeklik deneyimlerinin gücü kullanıcının sanal dünyaya ne ölçüde daldığı (immersiyon düzeyi) ve o ortamda fiziksel olarak bulunduğunu hissetme derecesiyle doğru orantılıdır.

Literatürde sanal gerçeklik deneyimleri genel olarak üç farklı türde sınıflandırılmaktadır (Mandal, 2013):

1. *Tamamen çevreleyen sanal gerçeklik*; kullanıcının gerçek dünyadan tamamen ayrılarak başa takılabilir cihazlarla sanal ortama dâhil olduğu yüksek immersiyon düzeyine sahip sistemlerdir.
2. *Yarı çevreleyen sanal gerçeklik*; görsel derinlik ve paralaks etkisiyle kısmi immersiyon sağlarken diğer duyarlarla sınırlı etkileşim sunmaktadır.
3. *Çevrelemeyen sanal gerçeklik (masaüstü VR)*; bilgisayar ekranları aracılığıyla deneyimlenen en temel düzeydeki VR türüdür ve kullanıcıyı sınırlı ölçüde sanal ortama dâhil edilmektedir.

Eğitim bağlamında sanal gerçeklik teknolojisinin kullanımı özellikle karmaşık veya soyut kavramların öğretiminde maliyetli ya da erişilemez deneyimlerin simülasyonunda önemli fırsatlar sunmaktadır. Araştırmalar sanal gerçeklik uygulamalarının öğrencilerin dikkatini çektiğini, öğrenme motivasyonunu artırdığını ve bilişsel etkinliği güçlendirdiğini ortaya koymaktadır (Kaleci, Tepe ve Tüzün, 2017). Ayrıca VR destekli öğrenme, öğrencilerin karar verme becerilerini geliştirmekte görsel, işitsel ve dokunsal etkileşimlerle öğrenme kalıcılığını artırmaktadır (Elmqaddem, 2019). Gerçek hayatta ulaşılamayacak veya yüksek maliyetli deneyimlerin eğitim ortamında uygulanabilir hâle gelmesi de öğretim etkinliğini artıran bir diğer avantajdır (Gedik, 2020). Bu teknolojik gelişmeler **eğitimde sürdürülebilirliğe katkı sunan bir araç** olarak da değerlendirilmektedir. Eğitim içeriklerinin dijital ortamlara aktarılması fiziksel kaynak kullanımını azaltmakta erişimi kolaylaştırmakta ve çevresel etkileri en aza indirerek **ekolojik farkındalığa** katkı sunmaktadır. Özellikle elektronik kitaplar, dijital ders materyalleri ve çevrim içi veri tabanları aracılığıyla bilgiye ulaşımın artması, hem bireysel öğrenmeyi desteklemekte hem de çevresel sürdürülebilirliğe hizmet etmektedir (Çaydere, 2022).

Artırılmış gerçeklik (AR) teknolojisinin öğretim sürecinde etkinliğine odaklanan çalışmalar da dikkat çekmektedir. Pujiastuti ve Haryadi (2024) ortaokul düzeyindeki öğrencilerle yürüttükleri çalışmada artırılmış gerçeklik uygulamalarının geometri öğreniminde öğrencileri daha aktif hale getirdiğini, öğrenmeye yönelik motivasyonu artırdığını ve öğrenme sürecini somutlaştırdığını belirtmişlerdir. Rahmat vd., (2023) mobil artırılmış

gerçeklik uygulamalarının fizik öğrenme başarısını artırdığını ve soyut kavramların daha anlaşılır hale gelmesini sağladığını ortaya koymuştur. Bu çalışmalar AR teknolojilerinin fen eğitimindeki soyut yapılar için görselleştirme ve etkileşimli öğrenme fırsatları sunduğunu göstermektedir.

Robotik ve programlama tabanlı uygulamalar 21. yüzyılın dijital dönüşüm çağında eğitim sistemlerinin yeniden yapılandırılmasında öncü teknolojiler arasında yer almaktadır. Bu teknolojilerin eğitime entegrasyonu problem çözme, yaratıcı düşünme, iş birliği ve dijital okuryazarlık gibi 21. yüzyıl becerilerinin gelişimini de desteklemektedir. STEM (Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) temelli öğrenme ortamlarında robotik uygulamalara yer verilmesi öğrencilerin özellikle disiplinler arası düşünebilme yetilerini güçlendirmekte ve öğrenmeye karşı daha istekli hale gelmelerine katkı sağlamaktadır. Ortaokul düzeyindeki öğrencilerin matematik dersinde eğitsel robot kullanımına dayalı STEM etkinliklerine katılmaları akademik başarılarını ve problem çözme becerilerini anlamlı düzeyde artırmıştır (Küçük ve Sönmez, 2023). Robotik sistemlerin öğretim materyali olarak kullanılmasının farklı öğrenen gruplar üzerindeki etkileri de oldukça dikkat çekicidir. Duyuşsal kazanımlar açısından da robotik uygulamaların güçlü etkileri olduğu görülmektedir (Hsiao ve Chen, 2016). Kim ve Lee (2016) öğretmen adaylarının robotlara yönelik tutumlarında olumlu yönde gelişme kaydettiklerini belirlemiştir. Ramazanoğlu (2021) ise ortaokul öğrencilerine yönelik yürüttüğü çalışmada robotik kodlama uygulamalarının öğrencilerin bilgisayara yönelik kaygı düzeylerini azalttığını ve bilgi işlemsel düşünme becerilerine yönelik öz yeterlik inançlarını güçlendirdiğini saptamıştır. Böylece robotik uygulamaların öğrenme süreçlerinde bilişsel, duyuşsal ve sosyal gelişimi eş zamanlı olarak destekleyebilecek bütüncül bir öğrenme ortamı sunduğu anlaşılmaktadır. Robotik ve programlama uygulamaları günümüz eğitiminde hem öğrenci hem de öğretmen boyutunda çok boyutlu kazanımlar sağlayan yenilikçi öğretim teknolojileri arasında yer almaktadır. Bu uygulamalar aracılığıyla geliştirilen öğrenme ortamları, bireylerin akademik başarılarını artırmakla kalmamakta aynı zamanda motivasyon, öz yeterlik, teknolojiye yönelik tutum ve bilgi işlemsel düşünme gibi 21. yüzyılın kritik becerilerine de doğrudan katkı sağlamaktadır. Bu nedenle eğitim politikalarının ve öğretim programlarının teknoloji destekli öğrenme anlayışını merkeze alarak robotik uygulamalara daha fazla yer vermesi geleceğin eğitim sistemleri açısından stratejik bir öneme sahiptir.

Bir başka dijital gelişim olan Metaverse teknolojisi, eğitim ortamlarına sanal gerçeklik temelli sınıflar, laboratuvarlar ve deneyim alanları kazandırarak öğrencilerin mekândan bağımsız, etkileşimli ve sürükleyici öğrenme ortamlarına dâhil olmasını mümkün kılmaktadır. Keskin ve Bayram (2023)

Metaverse'in dijitalleşme sürecinde eğitime sunduğu katkılar arasında sanal materyal çeşitliliği ve uygulamalı eğitime olanak sağlaması gibi avantajlara dikkat çekmişlerdir. Bununla birlikte Metaverse kullanımında karşılaşılan zorluklar arasında fiziksel sağlık sorunları, dikkat dağınıklığı, kimlik güvenliği gibi dijital riskler de yer almaktadır. Metaverse teknolojilerinin yükseköğretim bağlamındaki potansiyelleri öğretim elemanlarının bakış açısıyla değerlendirilmiş ve özellikle dezavantajlı bireyler için fırsat eşitliği sağlaması, uygulamalı derslerde etkileşimli deneyimler sunması gibi olanaklar ön plana çıkarılmıştır (Çalışkan ve Maya 2024).

3.1. Uzaktan Eğitim Bağlamında Fen Öğretimi

3.1.1. Uzaktan Eğitim Süreçlerinde Yapay Zekâ Tabanlı Öğrenme Ortamları

Uzaktan eğitim teknolojik araçlar aracılığıyla öğrenen ile öğretici arasındaki fiziksel mesafeyi ortadan kaldıran, zaman ve mekândan bağımsız olarak yürütülen sistemli bir öğretim biçimidir. Bu sistemin temelinde bireylere kendi öğrenme süreçlerini yönetme fırsatı sunan, esnek ve erişilebilir bir eğitim anlayışı yatmaktadır. Kaya (2002) göre uzaktan eğitim, bireysel ve toplumsal ihtiyaçlara cevap veren, hayat boyu öğrenmeye olanak tanıyan, teknoloji destekli ve bireyin kendi kendine öğrenmesini teşvik eden disiplinler arası bir eğitim biçimidir. Uzaktan eğitimde öğrenen ile öğretici arasındaki etkileşimi sağlayan iletişim teknolojileri bir köprü işlevi görürken çağdaş yaklaşımlar bu teknolojilerin giderek web tabanlı sistemlere evrildiğini ortaya koymaktadır (Anderson ve Moore, 2003).

Uzaktan eğitimde etkileşim türleri senkron (eş zamanlı) ve asenkron (eş zamansız) olmak üzere iki temel başlık altında incelenmektedir. Yorgancı (2015) senkron eğitimi, öğrenci ve öğretim elemanının farklı ortamlarda fakat aynı zamanda etkileşimde bulunduğu çift taraflı iletişimi içeren öğretim ortamları olarak tanımlamaktadır. Buna karşılık asenkron eğitim, öğrenenin zamandan ve mekândan bağımsız olarak önceden hazırlanmış ders içeriklerine erişim sağladığı iletişimin eş zamanlı gerçekleşmediği bir öğretim türüdür. Senkron sistemlerde anlık geri bildirim etkileşimli tartışmalar ve dijital sınıf ortamları öne çıkarken asenkron sistemler daha çok öğrencinin kendi hızında ilerleyebildiği esnek öğrenme deneyimlerine olanak tanımaktadır. Uzaktan eğitimin yaygınlaşmasıyla birlikte hem öğretici hem de öğrenci tarafında farklı deneyimlerin ve tutumların ortaya çıktığı gözlemlenmektedir ve öğrenciler açısından değerlendirildiğinde uzaktan eğitime dair tutum, memnuniyet ve erişim olanakları gibi değişkenler ön plana çıkmaktadır (Özyürek vd., 2016).

Yapay zekâ (YZ) teknolojilerinin eğitim ortamlarına entegrasyonu uzaktan fen öğretiminin izlenmesi ve değerlendirilmesinde köklü dönüşümler yaratmıştır. Geleneksel değerlendirme yaklaşımlarının ötesine geçen yapay zekâ destekli sistemler öğrenme sürecini daha dinamik, kişiselleştirilmiş ve veri temelli bir biçimde izleme olanağı sunmaktadır (Chen vd., 2020; Holmes vd., 2019). Bu sistemler özellikle öğrenci-öğretmen etkileşiminin sınırlı olduğu uzaktan eğitim ortamlarında öğrenme sürecinin kalitesini ve sürdürülebilirliğini artırmak amacıyla tercih edilmektedir.

Fen eğitimi özelinde kavramsal öğrenmenin takibi süreç değerlendirmeleri ve öğrencinin bilişsel gelişimine ilişkin detaylı analizler yapay zekâ uygulamaları ile çok daha etkin biçimde gerçekleştirilebilmektedir. Özellikle makine öğrenmesi, doğal dil işleme (NLP) ve öğrenme analitikleri temelli sistemler, öğrencinin dijital platformlardaki etkileşimlerini (örneğin video izleme süresi, sınavlara katılım düzeyi, geri bildirim sıklığı) analiz ederek öğretim sürecine ilişkin anlık veriler sağlayabilmektedir (Xie vd., 2019).

3.1.2. Uzaktan Fen Eğitiminde Yapay Zekâ Destekli Değerlendirme

Yapay Zeka (YZ) destekli değerlendirme araçları çoktan seçmeli testlerin otomatik puanlanmasıyla sınırlı kalmamakta açık uçlu soruların anlam analizi, öğrencinin metin üretim süreçlerinin değerlendirilmesi gibi karmaşık becerilere ilişkin analizleri de gerçekleştirebilmektedir (Xu vd., 2024). Uyarlanabilir öğrenme sistemleri (adaptive learning systems) ve akıllı öğretim sistemleri (intelligent tutoring systems) gibi araçlar, öğrencilerin bireysel öğrenme yollarını takip ederek onların eksik öğrenmelerine özgü içerikler ve öneriler sunmaktadır (Roll ve Wylie, 2016). Ayrıca öğrencilerin mikro düzeydeki dijital etkileşim verileri yapay zekâ tabanlı analizlerle işlenerek öğrencinin öğrenme düzeyi tahmin edilmekte ve erken uyarı sistemleriyle düşük başarı riski taşıyan bireyler önceden belirlenebilmektedir (Ifenthaler ve Yau, 2020).

Uzaktan fen eğitiminde bu tür yapay zekâ uygulamaları öğrencilerin bilgi düzeylerinin yanı sıra bilimsel süreç becerileri, problem çözme stratejileri ve eleştirel düşünme yetkinlikleri gibi üst düzey bilişsel becerilerinin analizine de olanak sağlamaktadır (Holmes vd., 2019). Bununla birlikte bu sistemlerin etkili biçimde uygulanabilmesi için öğretmenlerin yapay zekâ okuryazarlığının geliştirilmesi, veri gizliliği, etik ilkeler ve şeffaflık gibi konuların da dikkatle ele alınması gerekmektedir (Zawacki-Richter vd., 2019). Özellikle fen eğitimi bağlamında teknolojik araçların kullanımı soyut kavramların görselleştirilmesine, deneysel etkinliklerin dijital olarak simüle

edilmesine ve öğrencilerin aktif öğrenme sürecine katılımının artırılmasına olanak tanımaktadır (Huang, 2019). Bu bağlamda öğretmenler teknolojinin öğretimi kolaylaştırıcı bir unsur olduğunu ifade ederken özellikle internet altyapısı ve donanım eksikliklerinin etkili kullanım önünde engel teşkil ettiğini belirtmişlerdir.

Son olarak yapay zekâ teknolojilerinin eğitime entegrasyonu, değerlendirme ve öğrenme analitiği boyutlarında da dönüşüm yaratmaktadır. Öğretmenlerin büyük çoğunluğu yapay zekânın öğretim programlarına entegre edilmesi gerektiğini savunurken bu entegrasyonun etkili olabilmesi için öğretmenlerin yapay zekânın ne olduğu, nasıl kullanılacağı ve eğitimde sağlayacağı pedagojik katkılar konusunda yeterli bilgi ve donanıma sahip olmalarının zorunlu olduğu düşünülmektedir (Lindner vd., 2019).

Sonuç olarak artırılmış gerçeklik, metaverse, etkileşimli tahta ve yapay zekâ teknolojileri fen eğitiminde öğretim ortamlarını zenginleştiren, öğrenci ilgisini artıran, bireyselleştirilmiş öğrenmeyi destekleyen ve öğretmenlerin öğretim sürecini daha verimli yürütmelerine olanak tanıyan araçlar olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte bu teknolojilerin etkili kullanımına yönelik öğretmen eğitimi, dijital altyapının güçlendirilmesi ve pedagojik rehberlik desteği gibi alanlarda yapılacak iyileştirmeler, söz konusu teknolojilerin eğitim sistemine entegrasyonunu daha sürdürülebilir hale getirecektir.

4.1. Örtük Öğretmenlik Kuramları ve Pedagojik Dönüşüm

Eğitim yalnızca ders kitaplarında yazarların veya resmi müfredatın öğretilmesiyle sınırlı değildir. Sınıfın dinamiklerini şekillendiren öğrencilerin karakter gelişimini etkileyen ve öğrenme süreçlerini yönlendiren unsurların büyük bir kısmı yazılı olmayan örtük niteliktedir. Bu bağlamda örtük öğretmen teorileri (implicit theories of teachers) bir öğretmenin mesleğine öğrencilere öğrenme sürecine ve hatta kendi yeterliliklerine dair bilinçli veya bilinçsiz olarak sahip olduğu inançlar, varsayımlar ve zihinsel şemalar bütünüdür. Bu teoriler öğretmenin bir sınıfı nasıl yönettiğinden bir öğrenciye nasıl geri bildirim verdiğine kadar her türlü pedagojik kararın altında yatan görünmez gücü oluşturur.

Örtük teoriler, psikolojide bireylerin dünyayı anlamlandırmak için geliştirdikleri çoğu zaman farkında olmadıkları kişisel felsefeler olarak tanımlanır (Pozo, 2008). Bir bireyin zeka hakkındaki inançları cinsiyet rolleri hakkındaki varsayımları veya bir ilişkinin nasıl yürütmesi gerektiğine dair düşünceleri bu kapsama girmektedir. Öğretmenler için bu teoriler üç ana alanda yoğunlaşmaktadır.

- *Öğrenme ve Öğretme Süreci Hakkındaki Teoriler:* Öğrenmenin bilgi aktarımı mı olduğu (davranışçı yaklaşım) yoksa bilginin yapılandırılması mı (yapılandırmacı yaklaşım) olduğuna dair inançlar (Pajares, 1992).
- *Öğrenci Hakkındaki Teoriler:* Öğrencilerin yeteneklerinin sabit mi yoksa geliştirilebilir mi olduğu (zihniyet teorisi) veya motivasyonlarının içsel mi dışsal mı olduğu gibi varsayımlar (Dweck, 2006).
- *Öğretmen Rolü ve Kendilik Algısı Hakkındaki Teoriler:* Öğretmenin görevinin sadece ders anlatmak mı olduğu yoksa rehberlik yapmak mı olduğu öğretmenin kendi yetkinliğine dair inançları (özyeterlik algısı) gibi konular (Bandura, 1997).

Örtük öğretmen teorileri kavramı, eğitim sosyolojisindeki “örtük program” (hidden curriculum) kavramıyla yakından ilişkilidir. Örtük program okullarda resmi müfredat dışında öğrenilen ancak sosyal ve kültürel normların aktarımında kritik rol oynayan tüm kurallar, değerler ve beklentilerdir (Jackson, 1968). Literatürde örtük program ve örtük öğretmen teorileri üzerine yapılan çalışmalar üç temel sosyolojik yaklaşımdan beslenmektedir. Bunlar;

- *Fonksiyonalist Yaklaşım:* Bu görüşe göre örtük program öğrencileri toplumun yetişkin rolleri için sosyalleştirmeye hizmet etmektedir (Dreeben, 1968).
- *Çatışmacı Yaklaşım:* Neo-Marksist kuramcılar egemen ideolojilerin ve sosyal eşitsizliklerin yeniden üretildiği bir mekanizma olarak görmektedir. Öğretmenlerin örtük teorileri, bilerek veya bilmeyerek, sınıfsal farklılıkları ve güç ilişkilerini pekiştirebilir.
- *Mikro-Sosyolojik ve Direnişçi Yaklaşım:* Makro teorilerin aksine sınıf içindeki gündelik etkileşimlere odaklanır. Öğrencilerin ve öğretmenlerin örtük programla nasıl müzakere ettiğini, ona nasıl direndiğini veya onu nasıl kabul ettiğini incelemektedir (Willis, 1977).

Örtük teorilerin en güçlü ve somut örneklerinden biri Carol Dweck’in zihniyet (mindset) teorisidir (Dweck, 2006). Bu teori yetenek ve zeka hakkındaki iki temel örtük inancı tanımlar;

- *Sabit Zihniyet (Fixed Mindset):* Bu inanca sahip olan öğretmenler, yeteneğin doğuştan geldiğine ve değiştirilemediğine inanır. Bu zihniyet öğretmenlerin öğrencileri “başarılı” ve “başarısız” olarak etiketlemesine hata yapan öğrencileri yeteneksiz olarak görmesine ve çabayı yetenekten daha az önemli bulmasına yol açabilir.

- *Gelişim Zihniyeti (Growth Mindset)*: Bu zihniyete sahip öğretmenler ise yeteneğin çaba, pratik ve stratejiyle geliştirilebileceğine inanır. Bu inanç öğretmenlerin öğrencilere zorlu görevler vermesini, hataları öğrenme fırsatı olarak görmesini ve öğrencileri sürekli gelişmeye teşvik etmesini sağlamaktadır (Claro vd., 2025).

Öğretmenler, eğitim sistemlerinin işleyişinde ve başarısında belirleyici rol oynayan temel aktörlerden biridir. Bu nedenle öğretmenlerin mesleki gelişimi eğitim sisteminin kalitesinin artırılması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından da kritik önemdedir (Suarez ve McGrath, 2022). Ancak öğretmenlerin sahip olduğu pedagojik bilgi ve beceriler etkili bir öğretim için tek başına yeterli değildir. Öğretim sürecine yön veren öğretmenlerin kişisel inançları, değerleri, tutumları, pedagojik yaklaşımları ve öğrenmeye ilişkin zihinsel temsilleri, eğitim-öğretim ortamlarının niteliğini doğrudan etkilemektedir (Yeager ve Dweck, 2012). Bu bağlamda öğretmenlerin zekâ, öğrenme, yetenek ve gelişim gibi temel kavramlara yönelik inançları, sınıf içi etkileşimleri, değerlendirme biçimleri ve öğrenci yönlendirmelerinde belirleyici olmaktadır. Özellikle öğretmenlerin bireysel farklılıklara yükledikleri anlamlar öğrencilerin akademik başarılarına ve öğrenme deneyimlerine doğrudan yansımaktadır.

5.1. Gelecekte Fen Eğitiminin Dijital, Pedagojik ve Etik Yönelimleri

1. Dijital Yönelim; Artırılmış ve Sanal Gerçeklik: Geleceğin fen eğitimi YZ destekli artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) teknolojileriyle zenginleşecektir. Öğrenciler AR gözlükleriyle insan vücudunun içinde gezinebilir, gezegenlerin yörüngelerini gözlemleyebilir veya kimyasal reaksiyonları üç boyutlu olarak deneyimleyebilirler. Bu teknolojiler soyut fen kavramlarını somut ve etkileşimli hale getirerek öğrenmeyi derinleştirecektir.

2. Pedagojik Yönelim; Öğretmenin Rolünün Değişimi: YZ'nin rutin görevleri üstlenmesiyle öğretmenin rolü bilgi aktarıcıdan kolaylaştırıcı ve rehber dönüşecektir. Öğretmen, öğrencilerin eleştirel düşünme, yaratıcılık, işbirliği ve problem çözme gibi 21. yüzyıl becerilerini geliştirmelerine odaklanacaktır. YZ, öğretmeni veri analizinden kurtararak ona öğrencileriyle birebir ilgilenme ve onları daha iyi tanıma fırsatı sunacaktır. Bu dönüşüm öğretmenlerin pedagojik uzmanlığını daha yaratıcı ve stratejik kullanmasını gerektirecektir.

3. Etik Yönelim; Şeffaflık, Adalet ve İnsan Odaklılık: YZ'nin eğitimde kullanımı etik sorumlulukları beraberinde getirir. Algoritmaların şeffaflığı yani YZ'nin kararlarını nasıl aldığına dair açıklanabilirlik temel bir

gerekliliktir. Ayrıca YZ sistemlerinin önyargısız ve adil olması sağlanmalıdır. Algoritmaların belirli demografik gruplara karşı önyargılı olmasını engellemek gelecekteki fen eğitiminde eşit fırsatları sağlamak için kritik öneme sahiptir.

21. yüzyıl bilgiye erişimin dijitalleşme aracılığıyla demokratikleştiği bireylerin çok boyutlu becerilerle donatılmasının kaçınılmaz hâle geldiği öğrenme ortamlarının ise mekân ve zamandan bağımsız olarak yeniden şekillendiği bir çağdır. Bu bağlamda fen eğitimi yaratıcı düşünme, problem çözme, iş birliği, dijital okuryazarlık ve etik farkındalık gibi çok yönlü becerilerin bütüncül bir yaklaşımla kazandırılmasını hedefleyen dinamik bir yapıya evrilmektedir. Bu dönüşüm eğitim paradigmasının hem teknolojik hem pedagojik hem de sosyo-kültürel boyutlarda yeniden kurgulanmasını gerekli kılmaktadır.

Yenilikçi öğretim teknolojileri, artırılmış ve sanal gerçeklik, robotik uygulamalar, yapay zekâ destekli öğrenme platformları ve uzaktan eğitim sistemleri, fen öğretiminde etkileşimi, kişiselleştirmeyi ve öğrenme sürecinin izlenebilirliğini önemli ölçüde artırmaktadır. Bu araçlar sayesinde öğrenciler daha derinlemesine öğrenme deneyimleri yaşamakta soyut kavramları somutlaştırmakta ve öğrenme süreçlerine aktif olarak katılabilmektedirler. Bununla birlikte bu teknolojilerin etkili kullanılabilmesi için öğretmenlerin dijital pedagojik yeterliklerinin geliştirilmesi etik ilkeler çerçevesinde teknolojinin sınıf ortamına entegre edilmesi ve öğretim süreçlerinde rehberlik edecek stratejik yaklaşımların oluşturulması gerekmektedir.

Yapay zekâ, özellikle uzaktan fen öğretiminde öğrenci verilerinin analizine dayalı kişiselleştirilmiş öğrenme yolları sunmakta ve klasik değerlendirme araçlarının ötesine geçerek üst düzey bilişsel becerilerin ölçülmesine olanak sağlamaktadır. Uyarlanabilir öğrenme sistemleri, akıllı öğretim yazılımları ve öğrenme analitikleri aracılığıyla öğrenme süreci çok boyutlu olarak takip edilmekte bu da öğretmenlerin anlık müdahalelerde bulunmasını ve öğrenme eksikliklerini zamanında gidermesini mümkün kılmaktadır. Ancak bu süreç öğretmenlerin yapay zekâ okuryazarlığı düzeyinin yükseltilmesini, veri gizliliği ve algoritmik şeffaflık gibi etik boyutların dikkate alınmasını da zorunlu kılmaktadır. Bu teknolojik ve dijital dönüşüm süreci içinde öğretmen rolleri de köklü bir değişim geçirmektedir. Geleneksel bilgi aktarıcı rolünden sıyrılan öğretmen artık öğrenme süreçlerinin tasarımcısı, kolaylaştırıcısı ve etik rehberi konumundadır. Bu noktada öğretmenlerin sahip olduğu örtük teoriler yani öğrenmeye öğrencilik kavramına zeka ve yetenek gibi temel pedagojik değişkenlere dair bilinçdışı inanç sistemleri öğretim sürecinin görünmeyen ancak belirleyici yönünü oluşturmaktadır. Özellikle sabit ve

gelişim zihniyeti bağlamında değerdendirilen örtük öğretmen inançları, öğrencilerin akademik motivasyonu, başarısı ve öğrenme deneyimi üzerinde doğrudan etkilidir. Sabit zihniyet öğrencileri etiketleyen ve çabayı değersizleştiren bir yaklaşımı beraberinde getirirken gelişim zihniyeti öğrenmeyi gelişen bir süreç olarak görmekte ve öğrencilerin potansiyeline olan inancı teşvik etmektedir. Bu nedenle geleceğın öğretmeni pedagojik refleksiyon, etik duyarlılık ve dönüştürücü zihinsel yapılarla donanmış bir profesyonel olarak tanımlanmaktadır.

Kaynakça

- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational research review*, 20, 1-11.
- Anderson, W. G., & Moore, M. G. (Eds.). (2003). *Handbook of distance education*. Lawrence Erlbaum.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control* (Vol. 11). Freeman.
- Bergmann, J., & Sams, A. (2012). *Flip your classroom: Reach every student in every class every day*. International society for technology in education.
- Caydere, O. (2022). Sustainable graphic design in educational environments: sustainable graphic design. *International Journal of Curriculum and Instruction*, 14(1), 719-727.
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *Ieee Access*, 8, 75264-75278.
- Claro, S., Paredes, V., Cruz, G., & Cabezas, V. (2025). Do Students Improve Their Academic Achievement When Assigned to a Growth Mindset Teacher?. *Educational Researcher*, 0013189X251333775.
- Çalışkan, G., & Maya, İ. (2024). Opinions and expectations of instructors on metaverse applications in higher education. *Journal of Educational Technology and Online Learning*, 7(2), 273-285.
- Dreeben, R. (1968). *On What is Learned in School*, Reading MA: Addison Wesley.
- Dweck, C. S. (2006). *Mindset: The new psychology of success*. Random house.
- Dweck, C. S. (2006). *Mindset: The new psychology of success*. Random house.
- Elmqaddem, N. (2019). Augmented reality and virtual reality in education. Myth or reality?. *Int. J. Emerg. Technol. Learn.*, 14(3), 234-242.
- Gedik, R. (2020). Sanal gerçeklik teknolojisinin ortaokul sosyal bilgiler dersi iklimler konusunda kullanılması üzerine öğrenci görüşleri. *Journal of Innovative Research in Social Studies*, 3(1), 33-53.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Hsiao, H. S., & Chen, J. C. (2016). Using a gesture interactive game-based learning approach to improve preschool children's learning performance and motor skills. *Computers & Education*, 95, 151-162.
- Huang, R. (2019). *Educational technology a primer for the 21st century*. Springer Nature Singapore Pte Ltd..

- Huang, R. (2019). *Educational technology a primer for the 21st century*. Springer Nature Singapore Pte Ltd..
- Ifenthaler, D., & Yau, J. Y. K. (2020). Utilising learning analytics to support study success in higher education: a systematic review. *Educational Technology Research and Development*, 68(4), 1961-1990.
- Jackson, P. W. (1968). *Life in classrooms* (Holt, Rinehart & Wilson). Inc., Nueva York.
- Kaleci, D., Tepe, T., & Tüzün, H. (2017). Üç boyutlu sanal gerçeklik ortamlarındaki deneyimlere ilişkin kullanıcı görüşleri. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 21(3), 669-689.
- Kaya, Z. (2002). *Uzaktan eğitim* (Vol. 1). Pegem A Yayıncılık.
- Keskin, U., & Bayram, A. (2023). Dijitalleşme sürecinde metaverse ve eğitim. *Dijital Teknolojiler ve Eğitim Dergisi*, 2(1), 1-15.
- Kim, S. W., & Lee, Y. (2016). The Effects of Robot Programming on the Attitudes toward Robot of Pre-service Teachers'. *The Journal of Korean association of computer education*, 19(6), 91-103.
- Koehler, M., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Contemporary issues in technology and teacher education*, 9(1), 60-70.
- Küçük, D. K., & Sönmez, I. (2023). Kodlama eğitiminde eğitsel robot kullanımının özel yetenekli öğrencilerin bilgi işlemsel düşünme becerilerine etkisi. *Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi*, 5(3), 1536-1555.
- Lindner, A., Romeike, R., Jasute, E., & Pozdniakov, S. (2019, November). Teachers' perspectives on artificial intelligence. In *12th International conference on informatics in schools, "Situation, evaluation and perspectives", ISSEP*.
- Mandal, S. (2013). Brief introduction of virtual reality & its challenges. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4(4), 304-309.
- Means, B., Toyama, Y., Murphy, R., & Baki, M. (2013). The effectiveness of online and blended learning: A meta-analysis of the empirical literature. *Teachers college record*, 115(3), 1-47.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*, 108(6), 1017-1054.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*, 108(6), 1017-1054.
- Ng, S. I., Xu, L., Siegert, I., Cummins, N., Benway, N. R., Liss, J., & Berisha, V. (2024). A Tutorial on Clinical Speech AI Development: From Data Collection to Model Validation. *arXiv preprint arXiv:2410.21640*.

- OECD. (2020). *Digital education outlook 2021: Pushing the frontiers with AI, blockchain and robots*. OECD Publishing.
- Özyürek, A., Begde, Z., Yavuz, N. F., & Özkan, İ. (2016). Uzaktan eğitim uygulamasının öğrenci bakış açısına göre değerlendirilmesi. *Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6(2), 595-605.
- Pajares, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of educational research*, 62(3), 307-332.
- Pozo, J. I. (2008). *Aprendices y maestros: la psicología cognitiva del aprendizaje*. Alianza editorial.
- Pujiastuti, H., & Haryadi, R. (2024). The effectiveness of using augmented reality on the geometry thinking ability of junior high school students. *Procedia Computer Science*, 234, 1738-1745.
- Rahmat, A. D., Kuswanto, H., Wilujeng, I., & Perdana, R. (2023). Implementation of Mobile Augmented Reality on Physics Learning in Junior High School Students. *Journal of Education and E-Learning Research*, 10(2), 132-140.
- Ramazanoğlu, M. (2021). Robotik kodlama uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin bilgisayara yönelik tutumlarına ve bilgi işlemsel düşünme becerisine yönelik öz yeterlilik algılarına etkisi. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 25(1), 163-174.
- Redecker, C., Ala-Mutka, K., Leis, M., Leendertse, M., Punic, Y., Gijsbers, G., Kirschner, P., Stoyanov, S. and Hoogveld, B. (2011). *The Future of Learning: Preparing for Change*. Luxembourg, Publications Office of the European Union. Retrieved from <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC66836.pdf>
- Roblyer, M. D., & Doering, A. H. (2014). *Integrating educational technology into teaching*. Harlow: Pearson.
- Roll, I., & Wylie, R. (2016). Evolution and revolution in artificial intelligence in education. *International journal of artificial intelligence in education*, 26, 582-599.
- Schwab, K. (2024). The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond1. In *Handbook of research on strategic leadership in the Fourth Industrial Revolution* (pp. 29-34). Edward Elgar Publishing.
- Suarez, V., & McGrath, J. (2022). Teacher professional identity: How to develop and support it in times of change. *OECD education working papers*, (267), 0_1-45.
- Voogt, J., & Roblin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of curriculum studies*, 44(3), 299-321.
- Voogt, J., Erstad, O., Dede, C., & Mishra, P. (2013). Challenges to learning and schooling in the digital networked world of the 21st century. *Journal of computer assisted learning*, 29(5), 403-413.

- Willis, P. (2017). *Learning to labour: How working class kids get working class jobs*. Routledge.
- Xie, H., Chu, H. C., Hwang, G. J., & Wang, C. C. (2019). Trends and development in technology-enhanced adaptive/personalized learning: A systematic review of journal publications from 2007 to 2017. *Computers & Education*, 140, 103599.
- Yeager, D. S., & Dweck, C. S. (2012). Mindsets that promote resilience: When students believe that personal characteristics can be developed. *Educational psychologist*, 47(4), 302-314.
- Yorgancı, S. (2015). Web tabanlı uzaktan eğitim yönteminin öğrencilerin matematik başarılarına etkileri. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 23(3), 1401-1420.
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education—where are the educators?. *International journal of educational technology in higher education*, 16(1), 1-27.