

BİDGE Yayınları

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitiminde İnovatif Öğretim
Yaklaşımları

Editör: Doç. Dr. Erkan YANARATEŞ

ISBN: 978-625-372-348-4

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 25.12.2024

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



İçindekiler

Otantik Problem Tasarımına Yönelik Uzman Temelli Eğitim Yaklaşımı	4
Lütfi İNCİKABI	4
Eğitim Alanında Yapay Zekâ Uygulamalarının Etik Boyutu	24
Murat PEKTAŞ	24
Fen Eğitiminde Öğrenme Mühendisliği ve Yapay Zekâ	45
Adem YILMAZ	45
Eğitimde Model Kullanımı	68
Bilge ÖZTÜRK	68
Betül KÜÇÜK DEMİR	68
Fen Bilgisi Eğitiminde Öğrenci Yetkinliğini Arttıran Yeni Paradigmalar	88
Erkan YANARATEŞ	88

BÖLÜM I

Otantik Problem Tasarımına Yönelik Uzman Temelli Eğitim Yaklaşımı

Lütfi İNCİKABI¹

Giriş

Birçok ülkedeki müfredat unsurları okul matematiğini gerçek hayatla ilişkilendirmenin faydalarını açıkça desteklemektedir (örn. Brenner & Moschkovich 2002; Verschaffel, Greer & De Corte, 2000). Ulusal Matematik Öğretmenleri Konseyi (2000, 2009), müfredat ve değerlendirme için süreç standartlarından ve yol gösterici ilkelerden biri olarak, konuları öğrencilerin günlük yaşamlarıyla ilişkilendirmenin önemini vurgulamaktadır. Ayrıca, eğitim süreçlerinde günlük yaşama odaklanma, PISA gibi uluslararası öğrenci sınavlarının değerlendirme çerçevelerine de yansımaktadır.

Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı (PISA) kapsamında matematik okuryazarlığı "bir bireyin çeşitli bağlamlarda

¹ Prof. Dr., Kastamonu Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Kastamonu/Türkiye, Orcid: 0000-0002-7912-780X, lutfiincikabi@gmail.com

matematiği formüle etme, kullanma ve yorumlama kapasitesi; matematiksel olarak akıl yürütmeyi ve olayları tanımlamak, açıklamak ve tahmin etmek için matematiksel kavramları, prosedürleri, gerçekleri ve araçları kullanmayı içermektedir" (OECD, 2023, s. 22). Bu tanım, PISA'nın daha çok matematiksel bilginin çeşitli bağlamlardaki gerçek dünya uygulamalarını değerlendirmeye yönelik olduğunu ve değerlendirme bakımından açık matematiksel problemlere yer verme olasılığının düşük olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, PISA, belirli matematiksel kavramların değerlendirilmesine öncelik vermemekte, bunun yerine öğrencilerin matematiksel bilgiyi bağlama sahip gerçek yaşam durumlarında uygulama becerilerini değerlendirmektedir. Bu yapıya sahip gerçek yaşam durumları genellikle öğrencilerin örgün eğitim ve öğretimleri boyunca geliştirdikleri matematiksel akıl yürütme becerilerini sergilemelerini gerektirir (Novita & Putra, 2016; OECD, 2018).

Değerlendirmede kullanılan özgün problemler, geleneksel saf matematik alanının dışında ortaya çıkan matematiksel konulara odaklanır ve öğrencilerin bilgilerini gerçek dünya problemlerine uygulama ihtiyacını yansıtır (Reinke, 2020).

Stepich & Ertmer (2009), öğretim programlarının genellikle öğrencilere kavramsal bilgi sağladığını, ancak bu bilgiyi gerçekçi problem çözümlerine uygulayamadıklarını, ders kitaplarının genellikle geleneksel sözel problemleri ve alıştırma varyasyonlarından ibaret olduğu belirtmektedir.

Eğer okul matematiğinde problem çözmeye odaklanma konusunda bir gereklilik olursa öğretmenlerin öğrencilere çeşitli türlerde ve daha zengin problem kaynakları sağlamalarındaki yeterliklerini zorunlu kılmaktadır (Borasi, 1986). Ancak bu yeterliğe ilişkin bazı sınırlılıklar mevcuttur. Wessman-Enzinger & Tobias (2020), öğretmen adaylarının kurdukları problemlerde gerçekçi yönü matematiksel boyutla uyumlu tutma konusunda başarılı olamadıklarını belirtmiştir.

Benzer şekilde, yüksek kalitede matematik öğretiminde gerçek yaşam bağlamlarının rolünü vurgulayan çalışmalar, öğretmenlerin ne yazık ki okul matematiğini gerçek yaşamla ilişkilendirmede tam olarak başarılı olamadıklarını göstermektedir (Chapman, 2006, 2013; Zeuli & Ben-Avie, 2003). Bu bağlantıyı kurmak için öğretmenlerin "Problemleri daha gerçekçi hale getirmek için ne yapabiliriz?" sorusu üzerine düşünmeleri gerekir. (Sevinç & Less, 2022). Chapman (2006) çalışmasına dayanarak, öğretmen adayları için öğrenme fırsatlarının sadece problemleri nasıl çözeceklerini değil, aynı zamanda problemlerini nasıl analiz edeceklerini de içermesi gerektiğini belirtmiştir. Bu çalışmada da gerçek yaşamla ilişkili problem kurmaya odaklanılarak problem kurmaya farklı bir boyut getirilmiştir. Sevinç & Less'in (2022) çalışmasında matematik öğretmen adaylarının gerçekçi problemin ne anlama geldiğini nasıl yorumladıkları ve bir dizi mesleki gelişim etkinliği sonucunda gerçekçi problem kavramsallaştırmalarının nasıl geliştiği sorularına cevap aranmıştır.

Çalışmada, mesleki gelişim çalıştaylarının veya öğretmen eğitimi programlarının, öğretmenlerin değerli bir matematik problemi anlayışındaki ve problem kurma yeterliklerindeki değişiklikleri keşfetmek için tasarlandığı belirtilmiştir. Bu tür eğitimlerin öğretmenlerin ya da öğretmen adaylarının gerçek yaşam problemleri bağlamında problemleri analiz etme ve dönüştürme becerileri üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Beceri geliştirici deneyimler sağlamak için kullanılabilecek öğretim tasarımı teorilerinden biri de Uzmanlık Temelli Eğitim Yaklaşımı'dır (UTEY) (Fadde, 2009). UTEY, katılımcıların belirli becerilerdeki performanslarını geliştirmeyi amaçlayan çeşitli öğretim faaliyetlerinin tamamlanmasını içerir. Bu becerilerden bazıları karar verme, problem çözme ve bağlamsal performanstır (van Merriënboer & Kester, 2008). Ayrıca, zengin ve özgün problemler yaratma becerisi kazanmak için eğitimciler ve kursiyerler tarafından önemli miktarda zaman ve çaba harcanması gerektiği belirtilmektedir (Hung, Jonassen & Liu, 2008). Bu çaba ve gerekli zaman UTEY sürecine dahildir.

Bu açıdan bakıldığında, UTEY sürecinin öğretmen adaylarının gerçekçi problemleri analiz etme ve problemleri gerçekçi problemlere dönüştürme becerileri üzerindeki etkisinin incelenmesinin önemli olduğu düşünülmektedir. Dolayısıyla bu bölümün amacı, matematik öğretmeni adaylarının verilen problem durumlarını gerçek yaşam problemlerinde olması gereken ölçütler bağlamında analiz etme becerileri üzerine odaklanan UTEY temelli bir lisans ders içeriği sunmaktır.

Matematik Eğitiminde Otantik Problemler

Matematik eğitiminde çok sayıda araştırmacı, gerçek yaşam problemlerini matematik öğretimine entegre etmenin önemini vurgulamıştır (örneğin, Bonotto, 2007; Marco & Palatnik, 2023; Reinke & Casto, 2020). Buna göre, gerçek dünya problemleri de küresel olarak matematik öğretim müfredatının önemli bir bileşenidir (örneğin, MEB, 2024; NCTM, 2000). Matematik eğitimi alan yazını bu odağı, gerçekçi problemler, modelleme problemleri, sözel problemler, bağlamsal problemler, gerçekçi problemleri veya otantik problemler gibi bu tür problemleri tanımlamak için çeşitli terimlerle yansıtmaktadır (Verschafel, Schukajlow, Star & Van Dooren, 2020). Bu bölümde, anlamlı gerçek yaşam bağlamlarının önemli matematiksel fikirlerle olan etkileşimini vurgulamak için "otantik matematik problemleri" terimi benimsenmiştir.

Problem geliştiriciler arasında otantik bir problemin temel bileşenleri konusunda fikir birliği bulunmamaktadır (Palm, 2006). Vos (2011) özgünlüğün, nesneler ve aktörler arasındaki dinamik etkileşim içinde yer alan sosyal bir yapı olarak kavramsal hal alabileceğini öne sürmüştür. Bu nesnelerin, kaynağı belirlenmiş, doğruluğu kanıtlanmış eserler olması ve ilgili uzmanların gerekli onayları verebilecek niteliklere sahip olması önerilmektedir. Bu kavramsallaştırma, otantik görevleri matematik bağlamı dışında otantik, önceden var olan bir uygulama içinde yer alanlar olarak tanımlayan Niss (1992) tarafından önerilenle uyumludur. Ayrıca, otantik görevler, yerel topluluk içindeki gerçek ve tanınabilir nesneler, fenomenler ve problemlerle etkileşimleri ile tanımlanır.

Vos (2011), doğruluk anlamına gelen "otantiklik" terimi (Niss, 1992) ile gerçek yaşam senaryolarını yansıtan simülasyonlar (Palm, 2008, 2009) arasındaki karışıklığın altını çizmiştir. Vos'a (2011) göre otantiklik, simülasyonun aksine doğruluğu ifade eder.

Palm (2008, 2009), özellikle gerçek yaşam koşullarını simüle eden okul görevlerinin oluşturulmasına odaklanarak, otantik görev durumlarına ilişkin bir teori geliştirmiştir. Palm'ın teorisi, sözel problemlerin *olay, soru, amaç, dil, bilgi/veri ve çözüm gereksinimleri* açısından gerçek yaşam senaryolarıyla uyumlu olması gerektiğini öne sürmektedir. Palm, bir okul görevinde tasvir edilen *olayın* gerçek yaşam senaryolarına dayanması ve *sorunun* gerçek dünyada karşılaşılanlara benzer şekilde yapılandırılması gerektiğini ileri sürmüştür. Bununla birlikte problem bağlamında kullanılan *bilgi/veri* özellikleri, gerçek hayatta karşılaşılanlarla uyumlu değerler ve özellikler içermelidir.

Eğitim görevlerinde kullanılan *dil*, günlük bağlamlarda kullanılan dile benzer olmalıdır. Öğrencilerin okul görevlerini çözme amacını kavramaları esastır. Sonuç olarak, bir okul görevinin *çözüm gereksinimleri*, otantik ortamlarda uygun görülen ölçütlere uyumlu olmalıdır (daha fazla ayrıntı ve örnek için bkz. Palm, 2008, 2009).

Problemlerin otantik doğası için önerilen bileşenlere ek olarak, duyuşsal faktörlerin de problem çözme ve ortaya koyma sürecinde önemli olduğu düşünülmektedir (Jonassen & Tessmer, 1996). Ancak, matematik genellikle rasyonel olarak algılanmakta ve matematik öğrenmek daha çok bilişsel olarak görülmektedir (Jonassen, 2000).

Bilinmeyi bulmanın ya da çözmenin sosyal, kültürel ya da entelektüel bir değeri olmalıdır. Yani, bilinmeyi bulmaya çabalamak bir değer barındırmalıdır. Eğer bilinmeyi bulmak bir ihtiyaç olarak algılanmıyorsa, algılanan bir sorun da yoktur (Jonassen, 2000). Bilişsel süreçlerin, özellikle karmaşık ve iyi yapılandırılmamış problemleri çözmek için gerekli ancak yetersiz olduğu açıktır.

Palm (2008) ve Tran & ark. (2020)'nın çalışmalarında da belirtildiği gibi, problemin amacı öğrenciler için gerçek yaşam durumlarında olduğu kadar net olmalıdır ve amacın netliği öğrencilerin problemi çözme ihtiyacı hissetmelerini sağlamak açısından önemlidir. Bu nedenle Palm (2008), Jonassen (2000) ve Tran & ark. (2020)'nin çalışmalarındaki duyuşsal özellikler dikkate alınarak gerçek yaşam probleminin sahip olması gereken bileşenlere duyuşsal amaç boyutu da eklenmiştir.

Sonuç olarak otantik bir problemin sahip olması gereken bileşenler Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Otantik problemlerin sahip olması gereken bileşenler

Uzmanlık Temelli Eğitim Yaklaşımı

Uzmanlık her meslek için bir hedeftir. Her alanda ilgili alan yazınından öğretim stratejileri çıkarılabilir ve UTEY uygulanabilir (Fadde, 2009). Ward, Suss & Basevitch (2009) tarafından alan yazınında kolluk kuvvetleri, hemşirelik, askerlik, spor ve eğitim gibi alanlarda uzmanlığa ilişkin çalışmalar olduğu belirtilmektedir. Öğretmen yetiştirme programları öğretmen adaylarına öğretimde uzmanlık kazandırmayı amaçlamaktadır. Fadde & Klein (2010), öğretmenler gibi profesyonellerin kapsamlı iş deneyimi yoluyla uzmanlık kazanabileceğini belirtmektedir. Darling-Hammond (2000)'a göre öğretimde uzmanlık kazanmak öğretmen adaylarının başarısını etkileyen önemli faktörlerden biridir ve bu öğretmenler akranlarına göre daha başarılı olmaktadır (Sancar-Tokmak, 2013).

UTEY tasarımı, uzmanlık sahibi olmayanların uzmanlaşma sürecinden geçmenin yeni durumların farkına varmalarına yardımcı olabileceği fikrine dayanır (Fadde, 2009). UTEY bağlamında uzmanlaşma, bireysel gelişimin bir aşaması olarak kabul edilir. Uzman, belirli türdeki nadir veya zor vakalarla etkili bir şekilde başa çıkabilen, meslektaşları tarafından yüksek oranda kabul gören ve yüksek derecede çaba sarf ederek mükemmel bir performans sergileyen kişi olarak tanımlanmaktadır (Chi, 2006). UTEY'nin üç aşaması vardır. Bunlar, uzmanlara farklılık kazandıran bilişsel becerilerin belirlenmesi, belirlenen becerilerin sistematik olarak kazandırılmasına yönelik öğretim etkinliklerinin tasarlanması ve uzmanlık temelli eğitimin mevcut eğitim ve öğretim programlarına entegre edilmesidir (Fadde, 2009).

Problem çözme ve problem kurma çalışmaları, uzun bir süredir uzmanlık araştırmaları alanındaki çalışmaların odağında yer almaktadır (Arts & ark., 2006). Alan yazınında, öğretmen adayları ve öğretmenlerin problemin matematiksel olarak daha zengin ve gerçekçi versiyonlarını oluşturmak amacıyla problem yazmaları veya revize etmeleri için öğretmen eğitimleri düzenlenmesini içeren çalışmalar bulunmaktadır (Örneğin, Bonotto, 2007; Leavy & Hourigan, 2020; Wessman-Enzinger & Tobias, 2020).

Leavy & Hourigan (2020), öğretmen adaylarının eğitim öncesinde karşılaştıkları sorunların çoğunun aritmetik problemler olduğunu belirtmiştir. Bir öğretmen eğitimi programına katıldıktan sonra, öğretmen adaylarının iyi problemleri belirleme ve verilen problemlerin kalitesini artırma konusunda daha iyi hale geldiklerini gözlemlemişlerdir.

Öte yandan Sevinç & Lesh'in (2022) çalışmasında, öğretmen adaylarının gerçekçi matematik problemlerinin özelliklerini belirleyebilmelerine rağmen, bu tür problemleri üretmelerinin daha zor olduğu belirtilmiştir.

Öğretmenlerin bu zorluğun üstesinden gelebilmeleri için, bir problemi matematiksel ve bağlamsal olarak neyin değerli kıldığına dair anlayışlarını nasıl yansıtacakları ve nasıl daha iyi gerçekçi matematik problemleri yazacakları konusunda öğretmen eğitimi verilmesi gerektiği belirtilmektedir (Csíkos & Szitányi, 2020; Leavy & Hourigan, 2020; Sevinç & Lesh, 2022).

UTEY'nin eğitim alanındaki olumlu etkilerini gösteren çalışmalardan biri de Ertmer & ark., (2009)'nın çalışmasıdır. Uzman ve uzman olmayan öğretim tasarımcılarının örnek olay temelli bir durumda problem çözme süreçlerindeki farklılıkları incelemişlerdir. Araştırma sonucunda ek kılavuzların problem çözmeyle desteklediği sonucuna varılmıştır.

Incikabi & Sancar-Tokmak (2012), öğretmen adaylarının UTEY veya geleneksel eğitim sonrası eğitim yazılımlarını değerlendirme süreçleri arasındaki farklılıkları araştıran bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada eğitmen, bir gruba sınıf tartışması sırasında vaka örnekleri ve uzman prosedürleri sunmuştur. Araştırma sonucunda UTEY grubunun geleneksel gruba göre uzmanlara daha benzer yaklaşımlar kullandığı görülmüştür. Bu bağlamda alan yazında öğretime yönelik UTEY uygulamalarının olumlu sonuçları görülmektedir. Bu yaklaşımın lisans eğitimi entegrasyonuna yönelik tavsiyeler mevcuttur (Incikabi & Sancar-Tokmak, 2012).

Otantik Problem Geliştirme Sürecinde Uzmanlık Temelli Eğitim Yaklaşımı İçeren için Örnek bir Lisans Dersi Tasarımı

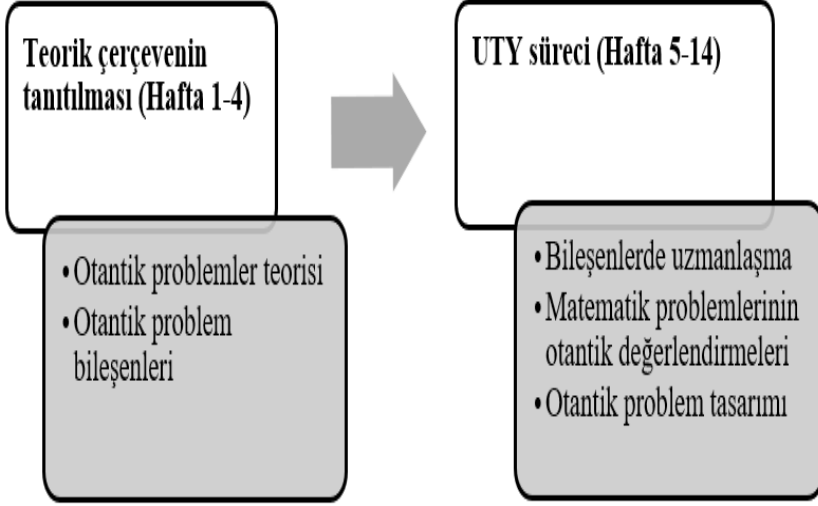
Şekil 2’de otantik problem geliştirme sürecinde uzmanlık temelli eğitim yaklaşımı içeren için örnek bir lisans dersi tasarımı verilmiştir. Bu ders süreçleri teorik ve uygulama süreçlerine odaklanan iki aşama olarak kurgulanmıştır.

İlk aşama, matematik problemlerinin otantik dönüşümü için teorik çerçevenin tanıtılmasını içermektedir. İlk hafta, ulusal matematik öğretim programının ilke ve standartlarının gözden geçirilmesine yer vermektedir. Program incelenirken, RME teorisi ve matematik öğretiminde gerçekçi problemler tanıtılmalıdır. Takip eden üç haftada, gerçekçi matematik problemlerinin bileşenlerine odaklanılarak katılımcılara gerçekçi matematik eğitiminin bağlamı ve gerçekçi matematik problemlerinin özellikleri tanıtılması gerekmektedir. Bu aşamada Greer (1993), Verschaffel (1999), Verschafel & ark. (2020), Vicente ve Manchado (2017), Tran & ark. (2020), Jonassen (2000) ve Palm (2008) tarafından yapılan çalışmalarda geliştirilen bileşenler doğrultusunda problemlerin gerçekçilik düzeyleri açıklanmalıdır.

Bir sonraki aşama, matematik problemlerinin otantik özelliklerini değerlendirme ve matematik problemlerinin otantik kalitesini geliştirmeye yönelik yeterliklerde uzmanlaşmayı amaçlayan çalışmanın UTEY sürecidir (5. haftadan 12. haftaya kadar). Bu sürecin ilk adımı, uzmanların örnek problemlerin analizi yoluyla her bir otantik bileşene ilişkin yönergeleri içermektedir. Uzmanın bir bileşeni açıklamasını takiben, öğretmen adaylarına bileşen yeterlik değerlendirme pratiği için ödevler verilmeli ve değerlendirmede tutarlılık sağlamak için ödevler tartışılmalıdır.

Bir sonraki adımda, otantik dönüşüm sürecine ilişkin eğitimler gerçekleştirilmelidir. Bu süreçte her bir boyutun iyileştirilmesine yönelik eylemlerin örnek vaka çalışmaları üzerinden tartışılması yer almaktadır. Daha sonra farklı gerçekçilik düzeylerine sahip problemler öğretmen adaylarına ödev olarak verilmeli ve bağlamları geliştirmeleri istenmelidir.

Bir sonraki aşamada ise dönüştürülen problemlerin otantik özellikleri tartışılmalı ve değerlendirilmelidir. Sonraki kısımda bu ders tasarımında işe koşulacak otantik değerlendirme bileşenlerinin analitikleştirme süreci açıklanmıştır.



Şekil 2. Uygulama Süreçleri

Öğrenci Çalışmalarının Otantik Analizi

Matematiksel problemlerin otantik düzeyini ortaya çıkarmak için Vicente & Manchado (2017) tarafından geliştirilen ve Palm & Burman (2004) tarafından tanımlanan ve Depaepe & ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada uygulanan yönlere dayanan bir değerlendirme sistemi mevcuttur.

Bu çalışma kapsamında, Greer (1993), Jonassen (2000), Palm (2008, 2009), Tran & ark. (2020), Verschaffel & ark. (1994) ve Vicente & Manchado (2017) gibi araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalara dayanarak değerlendirme sistemine duygusal amaç boyutu eklenmiştir.

Bu kitap bölümü kapsamında önerilen analitik çerçeve Tablo 1’de verilen bileşen ve yeterlik göstergelerini içermektedir.

Tablo 1. Matematik Problemlerinin Bağlamsal Gerçeklik Düzeyinin Analiz Sistemi

Temel ilişkiler	Yetersiz	Kısmen yeterli	Yeterli
Olay	Problemde geçen olay hayali veya kurgusal bir yapıdadır.	Olay mümkün ama gerçek yaşamda karşılaşılması pek olası değildir.	Öğrencinin olayla okul dışında karşılaşması muhtemeldir.
Soru	Bu soru gerçek hayatta sorulamazdı.	Mümkün, ancak soruya öğrencilerin ilgisi sınırlıdır.	Makul; sorunun cevabı gerçek hayatta pratik değere sahiptir.
Dil kullanımı	Problem, öğrencilerin problem çözmesini engelleyen bazı zor terimler ve/veya uygun olmayan cümle yapısı içerebilir.	Problem bazı zor terimler ve/veya birkaç uygunsuz cümle yapısı içerebilir, ancak bunlar öğrencilerin problem çözmesini engellememiştir	Problem, öğrencilerin görev çözmelerini engelleyen ve gerçek hayatta olmayan zor terimleri ve uygunsuz cümle yapılarını içermemektedir
Bilginin varlığı	Bilgiler gerçek hayatta erişilebilir bilgilerle eşleşmemektedir.	Bilgiler gerçektir ama nadiren bulunur.	Bilgiler gerçek hayatta erişilebilir bilgilerle eşleşmektedir.
Bilginin gerçekçiliği	Problem durumunda hiçbir gerçekçi değer ve sayı verilmemiştir.	Verilen bazı sayı ve değerler, problem durumundaki karşılık gelen sayı ve değerlerle aynı veya çok yakın olması anlamında gerçekçidir.	Verilen sayı ve değerler, problem durumundaki karşılık gelen sayı ve değerlerle aynı veya çok yakın olması anlamında gerçekçidir.

Bilginin spesifikliği	Ne özneler ne de ilgili nesneler belirtilmiştir.	Durum spesifik değildir, ancak nesneler, roller veya kişilerin isimleri verilmiştir.	İsimleri olan insanlar, tanımlanmış nesneler ve belirli yerler içermektedir.
Duygusal amaç	Sorun herhangi bir amaç ifadesi içermez; sorunu çözmek için sosyal, kültürel, ahlaki veya entelektüel bir ihtiyaç yoktur.	Sorunda bir amaç ifadesi vardır, ancak sorunu çözmek için sosyal, kültürel, ahlaki veya entelektüel bir ihtiyaç yoktur.	Sorunun amacı açıkça belirtilir ve bağlam, sorunun çözümü için sosyal, kültürel, ahlaki veya entelektüel bir ihtiyaç sağlar.
Çözüm Gereksinimleri	Çözüm gereksinimleri, simüle edilmiş durumlarda görevleri çözen insanların uygulamalarıyla eşleşmiyor.	Çözüm gereksinimleri, simüle edilen durumlarda görevleri üstlenen bazı bireyler tarafından operasyonel hale getirilir.	Mevcut çözüm gereksinimleri, simüle edilmiş durumlarda görevleri çözen insanların uygulamalarıyla eşleşmektedir.

Problemlerin otantik yeterliklerini değerlendirme sürecinde her bir bileşene üç değerden biri atanmıştır: analiz edilen boyut problemde öğrencilerin okul dışında bulma eğiliminde olacakları şekilde verildiğinde 1 puan; öğrencilerin analiz edilen boyutu problemde sunulduğu şekliyle okul dışında bulmaları mümkün ancak olası değilse 0,5 puan ve boyut öğrencilerin günlük yaşamlarında deneyimleme olasılığı çok düşük olacak şekilde sunulduğunda 0 puan.

Bir sorunun özgünlük derecesi ne kadar yüksekse, bütün puanların toplamı da o kadar yüksek olacaktır.

Tablo 1'deki farklı boyutlara verilen puanlara dayanarak, her bir matematik probleminin otantiklik düzeyini belirlemek için Palm ve Burman (2004)'ten geliştirilen Tablo 2'de verilen puanlama yaklaşımı kullanılabilir. Bu yaklaşıma göre otantik problemler 3 düzeye ayrılmıştır.

Düzey 1 (Uyumlu problemler):

Bu problemlerde, olay öğrencilerin okul dışındaki yaşamlarında tanıdık, sorulan soru anlamlıdır, dil kullanımı uygundur, verilen bilgi yeterlidir, problem için bir amaç vardır ve bağlam problemin çözümü için sosyal, kültürel, ahlaki veya entelektüel bir ihtiyaç sağlayabilir. Problemde açık ve duruma uygun bir hedef ifadesi vardır. Bu şekilde, duygusal yük ve/veya gerçekçilik ve/veya çözüm gereksinimlerinin tam olarak belirtilmediği problemler hariç tüm boyutların puanı 1'dir.

Düzey 2 (Kalıplaşmış Problemler):

Bazı ana unsurların iyi simüle edilmediği kalıplaşmış problemler, öğrencinin gerçek hayatta yeterli ancak spesifik olmayan bilgilerle veya spesifik bilgilerle ancak öğrencilerin aşına olmadığı durumlarda karşılaşabileceği durumları tanımlar. Bu aynı zamanda öğrencilere tanıdık gelebilecek ancak ne olay ne de bilginin spesifikliği açısından onlar için yaygın olmayan ve herhangi bir büyüklükte kümeye ve bunlar üzerinde herhangi bir eyleme sahip hemen hemen her durumun uyabileceği durumları da içerir.

Problemler, bazı zor terimleri veya birkaç uygunsuz cümle yapısını içerebilir, ancak bunlar öğrencilerin problem çözmelerini engellemiştir.

Düzey 3 (Düşük Uyumlu Problemler):

Ana unsurlardan biri veya birkaçı zayıf bir şekilde simüle edilmiştir veya sorulan soruların çok az anlam ifade ettiği, genellikle oldukça belirsiz durumlar önerirler, bu nedenle önemli olanın işlemi yapmak olduğu açıktır veya doğrudan saçma durumlar önerirler.

Tablo 2. Bileşen puanlarına göre problemlerin otantik düzeyleri

Düzye	O	S	DK	BV	BG	BS	DA	ÇG	Toplam Puan
Yüksek Uyumlu	1	1	1	1	0.5 / 1	1	0.5 / 1	0.5 / 1	6.5 - 8
	1	1	1	1	1	0.5 / 1	0.5 / 1	0.5 / 1	
	1	1	1	1	0.5	0.5 / 1	0.5	0.5	
Kalıplaşmış	1	0.5	0.5 / 1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	4.5 - 6
	0.5	1	0.5 / 1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Düşük Uyumlu	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0 - 4
	0.5 / 1	0.5 / 1	0.5 / 1	0.5 / 1	0.5 / 1	0.5 / 1	0.5 / 1	0	
	0.5 / 1	0.5 / 1	0.5 / 1	0.5 / 1	0.5 / 1	0.5 / 1	0		
	0.5 / 1	0.5 / 1	0.5 / 1	0.5 / 1	0.5 / 1	0			
	0.5 / 1	0.5 / 1	0.5 / 1	0.5 / 1	0				
	0.5 / 1	0.5 / 1	0.5 / 1	0					
	0.5 / 1	0.5 / 1	0						
	0.5	0							
	0								

Not 1: Palm & Burman (2004) alışmalarına uygun olarak, bir ana boyut '0' puan aldığında analize devam edilmemiş ve otantik toplam puan '0' olarak belirlenmiştir.

Not 2: Tablodan yer alan kısaltmaların açıklaması:

O: Olay, S: Soru, DK: Dil Kullanımı, BV: Bilginin Varlığı, BG: Bilginin Gerçekliği, BS: Bilginin spesifikliği, DA: Duyuşsal amaç, G: özüm Gereksinimleri şeklindedir.

Örnek Problem Değerlendirmesi

Sema Hanım arkadaşlarını akşam 8:00'de yemeğe davet etti. Saat 14:00'te servis edeceği Tiramisu tatlısını hazırlamaya başladı. Tarifi incelediğinde 4 yumurta gerektiğini gördü. Ancak yeterli yumurtası yoktu. Hemen oğlu Yusuf'u aradı ve Sönmezler Bakkal'dan yumurta alıp hemen eve getirmesini istedi. Tarifte tatlının hazırlanmasının 45 dakika süreceği ve buzdolabında en az 2 saat 30 dakika soğuması gerektiği yazmaktadır. Buna göre, Yusuf'un annesinin tatlıyı zamanında hazırlayabilmesi için yumurtaları en geç ne zaman getirmesi gerekir? Bu sorunun bağlamı (arkadaşlar için yemek pişirme) günlük hayatta yaygındır (olay = 1). Bu soruyla (yumurtaları teslim etmek için en geç zamanı değerlendirmekle ilgili) günlük hayatta karşılaşmak mantıklıdır (soru = 1). Dil kullanımı açısından öğrencilerin seviyesine uygun olmayan herhangi bir terim içermediği, cümle yapısının uygun olduğu görülmektedir (dil kullanımı = 1).

Problemdeki verilerin (Tiramisu için yumurta sayısı, akşam yemeği saati vb.) gerçek hayatta var olan bilgiler olduğu (bilginin varlığı = 1), verilen değerlerin gerçek hayattaki değerlerle tutarlı olduğu (bilginin gerçekçiliği = 1), isimler ve yerler hakkında spesifik bilgiler verildiği (bilginin spesifikliği = 1) görülmektedir. Ayrıca, problemin belirli bir amacı vardır (arkadaşlara akşam yemeği hazırlamak için geç kalmamak) ve çözülmesi için bir istek veya ihtiyaç uyandırmaktadır (duyuşsal amaç = 1). Çözümle ilgili olarak, Sema Hanım oğlunu aramadan önce komşularından yumurta ödünç isteyebilir. Dolayısıyla, özüm gereksinimleri 0,5 puan alır.

Kaynakça

Arts, J. A., Gijssels, W. H., & Segers, M. S. (2006). Enhancing problem-solving expertise by means of an authentic, collaborative, computer supported and problem-based course. *European Journal of Psychology of Education*, 21(1), 71-90.

Brenner, M. E., & Moschkovich, J. N. (Eds.). (2002). *Everyday and academic mathematics in the classroom*. National Council of Teachers of Mathematics.

Bonotto, C. (2007). How to replace word problems with activities of authentic mathematical modelling. In W. Blum, P. Galbraith, H.-W. Henn & M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education. The 14th ICMI Study (New ICMI; Studies Series)* (Vol. 10, pp. 185–192). Springer.

Borasi, R. (1986). On the nature of problems. *Educational Studies in Mathematics*, 17, 125-141.

Chi, M. T. H. (2006). Laboratory methods for assessing experts' and novices' knowledge. In K. A. Ericsson, N. Charness, P. J. Feltovich, & R. R. Hoffman (Eds.), *The Cambridge handbook of expertise and expert performance* (pp. 167–184). Cambridge: Cambridge University Press.

Chapman, O. (2006). Classroom practices for context of mathematics word problems. *Educational Studies in Mathematics*, 62, 211–230. Doi: 10.1007/s10649-006-7834-1

Chapman, O. (2013). Mathematical-task knowledge for teaching. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 16(1), 1-6. Doi: 10.1007/s10857-013-9234-7

Csíkó, C., & Szitányi, J. (2020). Teachers' pedagogical content knowledge in teaching word problem solving strategies. *ZDM Mathematics Education*, 52(1), 165-178. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01115-y>

Darling-Hammond, L. (2000). How teacher education matters. *Journal of Teacher Education*, 51(3), 166-173.

Depaepe, F. De Corte, E., & Verschaffel, L. (2010). Teachers' approaches towards word problem solving: Elaborating or restricting the problem context. *Teaching and Teacher Education*, 26(2), 152–160.

Ertmer, P. A., Stepich, D. A., Flanagan, S., Kocaman-Karoglu, A., Reiner, C., Reyes, L., ... & Ushigusa, S. (2009). Impact of guidance on the problem-solving efforts of instructional design novices. *Performance Improvement Quarterly*, 21(4), 117-132.

Fadde, P. J. (2009). Expertise-based training: Getting more learners over the bar in less time. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 7(4), 171-197.

Fadde, P. J. & Klein, G. A. (2010). Deliberate performance: Accelerating expertise in natural settings. *International Society for Performance Improvement*, 49(9), 5-14. Doi: 1002/pfi.20175

Greer, B. (1993). The mathematical modeling perspective on world problems. *Journal of Mathematical Behavior*, 12, 239-250.

Hung, W., Jonassen, D. H., & Liu, R. (2008). Problem-based learning. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. van Merriënboer, & M. P. Driscoll (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (578-593). New York: Routledge.

Incikabi, L., & Sancar-Tokmak, H. (2012). Understanding expertise-based training effects on the software evaluation process of mathematics education teachers. *Educational Media International Journal*, 49, 277–288. Doi: 10.1080/09523987.2012.741198

Jonassen, D. H. (2000). Toward a design theory of problem solving. *Educational Tech. Res. and Development*, 48(4), 63-85.

Jonassen, D., & Tessmer, M. (1996). An outcomes-based taxonomy for the design, evaluation, and research of instructional systems. *Training Research Journal*, 2, 97.

Leavy, A., & Hourigan, M. (2020). Posing mathematically worthwhile problems: Developing the problem-posing skills of prospective teachers. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 23(4), 341–361. Doi: 10.1007/s10857-018-09425-w

Marco, N., & Palatnik, A. (2022). Dimensions of variation in teachers' applied mathematics problem posing. In C. Fernandez, S. Llinares, A. Gutierrez, & N. Planas (Eds.), *Proceedings of the forty-fifth Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 163–170). PME.

Ministry of National Education (MoNE). (2024). *Middle school mathematics teaching program*. Ankara

National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.

Niss, M. (1992). *Applications and modelling in school Mathematics-directions for future development* (Vol. 3, pp. 346-361). Development in School Mathematics Edu. Around the World.

Novita, R., & Putra, M. (2016). Using task like PISA's problem to support student's creativity in mathematics. *Journal on Mathematics Education*, 7(1), 31-42.

OECD (2018). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework: Reading, Mathematics and Science*.

OECD (2023). *PISA 2022 Assessment and Analytical Framework*, PISA, OECD Pub., Paris. Doi: 10.1787/dfe0bf9c-en.

Palm, T. (2006). Word problems as simulations of real-world situations: A proposed framework. *For the Learning of Mathematics*, 26(1), 42–47.

Palm, T. (2008). Impact of authenticity on sense making in word problem solving. *Educational Studies in Maths.*, 67(1), 37–58.

Palm, T. (2009). Theory of authentic task situations. In B. Greer, L. Verschaffel, W. Van Dooren, & S. Mukhopadhyay (Eds.)

Word and worlds: Modelling verbal descriptions of situations. (pp. 3-19). Rotterdam, the Netherlands: Sense Publishers.

Palm, T., & Burman, L. (2004). Reality in mathematics assessment: an analysis of task-reality concordance in Finnish and Swedish national assessments, *Nordic Studies in Mathematics Education* 9(3), 1-33.

Reinke, L. T. (2020). Contextual problems as conceptual anchors: an illustrative case. *Research in Maths. Edu.*, 22(1), 3-21.

Reinke, L. T., & Casto, A. R. (2020). Motivators or conceptual foundation? Investigating the development of teachers' conceptions of contextual problems. *Mathematics Education Research Journal*, 34, 113–137.

Sancar-Tokmak, H. (2013). Effects of video-supported expertise-based training (XBT) on preservice science teachers' self-efficacy beliefs. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 9(2), 131-141.

Sevinç, S., & Lesh, R. (2022). Preservice mathematics teachers' conceptions of mathematically rich and authentically authentic problems. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 1-29. Doi: 10.1007/s10857-021-09512-5

Stepich, D. A., & Ertmer, P. A. (2009). Teaching instructional design expertise: Strategies to support students' problem-finding skills. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 7, 147–170.

Tran, D., Nguyen, D. T., Nguyen, A. T. T., Nguyen, G. N. T., & Ta, P. M. (2020). Bridging to mathematical modelling: Vietnamese students' response to different levels of authenticity in contextualized tasks. *International journal of mathematical education in science and technology*, 51(6), 893-912.

Van Merriënboer, J. J. G., & Kester, L. (2008). Whole task models in education. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. van Merriënboer, & M. P. Driscoll (Eds.), *Handbook of research on*

educational communications and technology (pp. 441–456). New York: Routledge.

Verschaffel, L. (1999). Realistic mathematical modelling and problem solving in the upper elementary school: Analysis and improvement. In J. H. M. Hamers, J. E. H. Van Luit, & B. Csapo (Eds.), *Teaching and learning thinking skills. Contexts of learning* (pp. 215–240). Lisse: Swets & Zeitlinger.

Verschaffel, L., Greer, B., & De Corte, E. (2000). *Making sense of word problems*. Lisse: Swets and Zeitlinger.

Verschafel, L., Schukajlow, S., Star, J., & Van Dooren, W. (2020). Word problems in mathematics education: A survey. *ZDM Mathematics Education*, 52(1), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01130-4>.

Vicente, S., & Manchado, E. (2017). Dominios de contenido y autenticidad: un análisis de los problemas aritméticos verbales incluidos en los libros de texto españoles. *PNA*, 11(4), 253-279.

Vos, P. (2011). What is 'authentic' in the teaching and learning of mathematical modeling? In G. Kaiser & ark. (Eds.), *Trends in teaching and learning of mathematical modeling* (pp. 713–722). Springer.

Wessman-Enzinger, N. M., & Tobias, J. M. (2020). The dimensions of prospective elementary and middle school teachers' problem posing for integer addition and subtraction. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 25, 1-33.

Zeuli, J. S., & Ben-Avie, M. (2003). Connecting with students on a social and emotional level through in-depth discussions of mathematics. In N. M. Haynes, M. Ben-Avie, & J. Ensign (Eds.), *How social and emotional development add up: Getting results in math and science education* (pp. 36–64). Teachers College Press.

BÖLÜM II

Eğitim Alanında Yapay Zekâ Uygulamalarının Etik Boyutu

Murat PEKTAŞ¹

Giriş

“Şimdiki zaman onların; uğruna gerçekten çalıştığım gelecek ise benimdir.”

Nikola Tesla

Son yıllarda eğitim alanında önemli bir yer edinen yapay zekâ (YZ) kısaca, bilgisayar bilimlerinin, bilgisayarlarda zeki davranışların simülasyonu ve bu davranışları taklit etme, hatta ideal olarak geliştirme kapasitesiyle ilgilenen dalı olarak tanımlanabilir (Naqvi, 2020). Eğitim kurumları öğrencilerin öğrenme süreçlerini iyileştirmek, kurumsal operasyonların verimliliğini artırmak ve bilgi yığınlarına erişim sağlamak için YZ teknolojilerini kabul etmekte ve kullanmaktadır (Akgun & Greenhow, 2022).

¹ Prof. Dr., Kastamonu Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Kastamonu/Türkiye, Orcid: 0000-0002-7205-6279, mpektas@kastamonu.edu.tr

YZ uygulamalarının hızlı ilerlemesi önemli sayıda etik kaygıyı da beraberinde getirmiştir (Cath & ark., 2018). Eşitlik, mahremiyet, veri güvenliği, şeffaflık, hesap verebilirlik, adalet, gizlilik sorunları ile birlikte her türlü bilgiye sınırsız erişim, ifade özgürlüğünü tehdit eden sorunlar, saygınlık, sürdürülebilirlik ve 'bilgi kirliliğine' sebep olma söz konusu kaygıların bazılarıdır (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO], 2021). Bu bağlamda, farklı eğitim seviyelerinde YZ uygulamalarının etik boyutlarını incelemek, her zaman çocuğun yüksek yararına hitap etmeli ve dolayısıyla olumsuz etkilere dikkat çeken çözümler sunmak önemli bir adım olacaktır.

Artan insan-yapay zekâ işbirliği ortamları, gençlerin eğitsel, sosyal, duygusal, bilişsel, kültürel ve politik alanlarda kontrendikasyonlar geliştirmesine neden olabilir. Bu da sömürgeleştirilmiş ve "insanlaştırılmış bir post-insan etiği" gerektirmektedir (Adams & ark., 2023).

Şüphesiz, eğitimdeki yapay zekâ uygulamaları, eğitim içeriğinin nasıl sunulması gerektiğini ve öğretmenlerin dinamik ve değişen sorumluluklarını nasıl destekleyeceğini şekillendirme rolünü kazanmıştır (Hernández-Orallo & Vold, 2019). Ancak, ilgili prosedürler yerine getirilirken yapılan uygulamaların etik yönü de ihmal edilmemelidir.

Etik söz konusu olduğunda, uygulama kapsamında yürütülen ilgili faaliyetlerin sonuçları açısından ahlaki değerler devreye girer. Tam da bu nedenle, eğitimde YZ uygulamalarına başvurma pratiklikle ilgili istenen sonuçlarından ziyade, etik durumların ihlal edilebileceği şeylerin nasıl yapıldığı incelenmelidir.

Cath & ark. (2018) tarafınan yapılan çalışmanın ve yayınlanan raporların çeşitli etik, sosyal ve ekonomik konuları yeterince ele aldığını, ancak iyi bir yapay zekâ toplumu geliştirilmesi için kapsayıcı bir politik vizyon ve uzun vadeli strateji sunmada yetersiz kaldığını ifade etmektedir.

YZ uygulamaları gerçekten de mahremiyet ve veri ihlali, eşitlik ve adil kullanım, kişisel gelişim, önyargı ve ayrımcılık, insan-makine ilişkisi, düşünce ve fikir özgürlüğü ve özerklik alanlarında etik sorunlar yaratabilir (Jobin & ark., 2019). Bu durum, YZ uygulamalarının kontrol edilmesi, erişim sınırlarının belirlenmesi ve kullanım özgürlüğünü garanti eden yasal içeriklerin üretilmesi için ahlaki ve yasal bir çerçevenin belirlenmesini ve duyurulmasını gerektirmektedir.

Günümüzün hızla gelişen ve dijitalleşen dünyasında yapay zekâ (YZ), geleneksel eğitim yaklaşımlarının yeniden tanımlanmasında önemli bir dönüm noktası olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle erken çocukluktan ortaöğretimin sonuna kadar uzanan (PreK-12) eğitim seviyelerinde yapay zekâ tabanlı araçların artan yaygınlığı, öğrencilerin öğrenme deneyimlerini dönüştürmekte ve öğretmenlerin, öğrencilerin, ebeveynlerin ve yöneticilerin rollerini yeniden şekillendirmektedir. Ancak bu dönüşüm hiçbir şekilde tek boyutlu değildir. YZ uygulamaları eğitim kalitesini artırma potansiyeline sahip olsa da, etik, yasal, sosyal ve kültürel boyutlarının kapsamlı bir şekilde incelenmesini de gerektirmektedir (UNESCO, 2021).

YZ uygulamaları, veri madenciliği, makine öğrenimi, derin öğrenme ve doğal dil işleme gibi bir dizi tekniği kapsamakta ve duygusal durum analizi, sosyal robotik ve öğrenme analitiği gibi yeni araçlarla giderek daha fazla tamamlanmaktadır (Holmes & ark., 2021). Bu bağlamda YZ, bilimsel bilgiye erişimin genişletilmesi ve problem çözme becerilerinin geliştirilmesinden sınıf yönetimi stratejilerinin yeniden tasarlama ve değerlendirme uygulamalarının iyileştirilmesine kadar eğitim ekosisteminin bütün yönlerini etkilemektedir (Akgun & Greenhow, 2022).

Öte yandan, YZ'nin eğitime entegrasyonu ile ilgili etik yükümlülükler büyük önem taşımaktadır. Bunlar arasında etik ilkelere bağlılığın sağlanması, veri gizliliği, güvenlik, ocuk hakları, eşitlik, kapsayıcılık ve öğrencilerin bilişsel, duygusal ve sosyal gelişimlerinin desteklenmesi yer almaktadır.

Uluslararası kuruluşlar ve kurumlar bu alanda dayanak ve referans teşkil etmek üzere çok sayıda kılavuz, politika belgesi, manifesto ve düzenleyici çerçeve yayınlamıştır (UNICEF, 2021b; Dünya Ekonomik Forumu, 2019; IEAIED, 2021).

Aşağıdaki alt bölümlerde, PreK-12 eğitiminde yapay zekânın kavramsal, etik, yasal ve pedagojik temelleri derinlemesine incelenecektir. Konular, veri gizliliği ve kültürel çeşitlilikten öğretmen yetkinlikleri ve küresel politika belgelerine kadar uzanmakta ve kapsamlı bir bakış açısı sunmaktadır.

Yapay Zekâ ve Eğitim: Kavramsal Arka Plan

Yapay zekâ, genel olarak belirli görevleri yerine getirmek, sorunları çözmek ve deneyimlerden öğrenmek için insan zekâsını taklit eden sistemler olarak tanımlanabilir (Luckin & ark., 2016).

Eğitimde YZ, öğrencilerin öğrenme süreçlerini desteklemek, kişiselleştirmek, ölçmek ve zenginleştirmek için tasarlanmış bir yazılım, donanım ve platform ekosistemini ifade eder. Bu çerçevede YZ, bireysel öğrenme ihtiyaçlarını anlama ve öğrencilerin seviyelerine, ilgi alanlarına ve öğrenme stillerine göre uyarlanmış içerik sunma kapasitesine sahiptir (Holmes & ark., 2021).

PreK-12 düzeyinde, YZ yalnızca akademik içeriğin sunulma şeklini değiştirmekle kalmaz, aynı zamanda sosyo-duygusal öğrenme, yaratıcılık, eleştirel düşünme, işbirliğine dayalı problem çözme ve kültürel farkındalık gibi daha geniş eğitim hedeflerini de destekler (Cath & ark., 2018). Ancak bu çok boyutlu potansiyel, belirli etik sorumlulukları da beraberinde getirmektedir.

YZ araçlarının tasarımı, kullanımı ve değerlendirilmesi insani değerler, normlar, yasal standartlar ve etik çerçeveler tarafından bilgilendirilmelidir (Jobin & ark., 2019).

Eğitimde yapay zekâ için etik hususlar, adalet, şeffaflık, hesap verebilirlik, mahremiyet ve insan onuru gibi temel ilkeleri kapsamaktadır.

PreK-12 Eğitiminde Yapay Zekâ Uygulamalarının Gelişimsel Temelleri

Erken çocukluktan ortaokulun sonuna kadar, öğrenciler sürekli bilişsel, duygusal, sosyal ve etik gelişimden geçerler. Bu gelişimsel dinamikler, yapay zekânın eğitime entegrasyonunu daha hassas hale getirmektedir. Örneğin, erken çocukluk döneminde çocukların soyutlama, dil, motor beceriler ve sosyalleşme yetenekleri henüz tam olarak olgunlaşmamıştır (Irwin & ark., 2021). Bu aşamada, YZ tabanlı araçlar yalnızca bilgi sağlamakla kalmamalı, aynı zamanda merakı beslemeli, oyun yoluyla öğrenmeyi desteklemeli, görsel ve işitsel uyarıları işlemeli ve gereksiz bilişsel yükler getirmeden öğrenmeyi kolaylaştırmalıdır.

Öğrenciler daha yüksek sınıf seviyelerine ilerledikçe, bilişsel karmaşıklıkları artar ve eleştirel düşünme, analiz etme, yaratıcı problem çözme ve yenilikçi düşünmeyi içeren daha karmaşık görevler gerektirir. Yapay zekâ, öğrenme analitiği, güçlü ve zayıf yönleri belirleme ve kişiselleştirilmiş öğrenme yolları sunma yoluyla bu görevleri kolaylaştırabilir. Ancak bu tür bir kişiselleştirme, yaratıcılığı teşvik etmeli ve öğrencileri pasif teknoloji tüketicilerine indirgemekten kaçınmalıdır (Akgun & Greenhow, 2022).

Yapay Zekâ, Çocuk Hakları ve Etik Sorumluluk

UNICEF (2021b) ve UNESCO (2021) gibi uluslararası kuruluşların raporları, eğitim teknolojilerini çocuk haklarıyla bütünleştirirken gereken özel hassasiyeti vurgulamaktadır. Çocuğun yüksek yararına hizmet etmek, tüm eğitim politikaları, programları ve teknolojik uygulamalar için en önemli kriterdir. Bu nedenle, YZ araçları çocukların mahremiyetini ve kişisel verilerini korumalı, ifade özgürlüklerine saygı göstermeli, kültürel kimliklerini takdir etmeli ve sosyo-duygusal gelişimlerini desteklemelidir. Çocukların kimlikleri, öğrenme davranışları, ilgi alanları ve hassasiyetleri hassas verileri oluşturur. Bu verilerin nasıl toplandığı, saklandığı, paylaşıldığı ve kullanıldığı etik ve yasal açıdan önem taşır. Paydaşlar arasında hesap verebilirlik, şeffaflık ve sorumluluk bu sürecin ayrılmaz bir parçasıdır (Adams & ark., 2023).

Veri Gizliliği, Güvenliği ve Şeffaflığı: Eğitim Ekosisteminde Temel İlkeler

Yapay zekâ uygulamalarının temelinde veri yatmaktadır. Öğrenci performansı, hatalar, doğru yanıtlar, etkileşim süresi, içerik tercihleri ve motivasyon düzeylerine ilişkin mikro düzeydeki veriler YZ tabanlı sistemler tarafından işlenmektedir. Bu tür veri işleme, gelişmiş değerlendirme, kişiselleştirilmiş geri bildirim ve öğrenme materyallerinin optimizasyonunu mümkün kılmaktadır (Holmes & ark., 2021).

Veri gizliliği, öğrenci bilgilerinin izinsiz kullanılmamasını, yetkisiz taraflarla paylaşılmamasını veya ticari amaçlarla istismar edilmemesini sağlar. Veri güvenliği, siber saldırılara, yetkisiz erişime ve veri manipülasyonuna karşı teknik ve yönetsel önlemler alınmasını gerektirir (Irwin & ark., 2021). Şeffaflık, sistemin nasıl işlediğinin, hangi algoritmaların kullanıldığının, kararların hangi kriterlere göre verildiğinin ve hataların nasıl giderildiğinin açıkça ifşa edilmesi anlamına gelir.

Bu ilkelerin ihlal edilmesi yalnızca öğrencilerin güvenliğini sarsmakla kalmaz, aynı zamanda eğitim ekosisteminin bütünlüğüne de zarar verir. Veri güvenliği eksikliği eşitsizlikleri derinleştirebilir ve belirli öğrenci gruplarını marjinalleştirebilir (UNESCO, 2021).

Yapay Zekâ Tabanlı Öğrenme Ortamlarında Adalet, Erişilebilirlik ve Kapsayıcılık

Yapay zekânın eğitimde uygulanmasının önemli bir riski, mevcut eşitsizlikleri pekiştirme potansiyelidir (Schiff, 2021). Örneğin, yeterli teknolojik altyapıya sahip olmayan sosyoekonomik açıdan dezavantajlı öğrenciler, yapay zekâ tabanlı fırsatlardan yararlanmakta zorlanabilir. Benzer şekilde, yapay zekâ sistemleri ihtiyaçlarını dikkate almazsa, farklı kültürel, dilsel veya engelli geçmişlere sahip öğrenciler göz ardı edilebilir. Bu nedenle, yapay zekâ tabanlı öğrenme ortamları adil, erişilebilir ve kapsayıcı olacak şekilde tasarlanmalıdır.

Geliştiriciler, algoritmik önyargıyı önlemek, çeşitli veri setleri sağlamak, çok dilli içerik sağlamak ve erişilebilir tasarım özellikleri aracılığıyla engelli öğrenciler için destek sağlamak için stratejiler kullanmalıdır (UNESCO, 2021; UNICEF, 2021a).

Ayrıca, adalet sadece teknoloji erişimi ve kullanımı için değil, aynı zamanda verilerin yorumlanması için de geçerli olmalıdır. Belirli öğrenci gruplarını dezavantajlı konuma düşüren, ayrımcılığı teşvik eden veya düşük performans gösteren öğrencileri etiketleyen algoritmalar etik açıdan kabul edilemez. Bu nedenle adil, tarafsız ve çok boyutlu değerlendirme yaklaşımlarının geliştirilmesi gerekmektedir (Jobin & ark., 2019).

Öğretmen Yeterlikleri, Mesleki Gelişim ve Yapay Zekâ Entegrasyonu

Eğitimde öğretmen yetkinlikleri incelendiğinde, öğretmeni yalnızca teknolojiyi tüketmeye değil, onu yönetmeye, seçmeye, uyarlamaya ve eleştirel olarak değerlendirmeye çağırmaktadır (MEB, 2018). Bu dönüşüm, öğretmenlerin teknoloji okuryazarlığı, veri analitiği, algoritmik düşünme, dijital etik, öğrenme tasarımı ve disiplinler arası işbirliği konularında yetkinliklerini geliştirmelerini gerektirmektedir.

Hizmet öncesi öğretmen eğitimi ve hizmet içi mesleki gelişim programları bu yeni talepleri karşılayacak şekilde yeniden yapılandırılmalıdır.

Yapay zekâ tabanlı araçları etkili, etik ve pedagojik olarak sınıfa entegre edebilen öğretmenler, bireysel öğrenme yörüngelerine daha kolay yanıt verebilirler. Aynı zamanda öğretmenler, öğrenci verilerini nasıl yorumlayacaklarını, kişiselleştirilmiş öğrenme yolları nasıl oluşturacaklarını ve teknolojiyi ne zaman geri plana atacaklarını bilmelidir.

YZ sistemleri tarafından üretilen önerileri sorgulayabilmeli, sistem performansını izleyebilmeli ve etik kurallara göre ayarlamalar yapabilmelidirler (Holmes & ark., 2021).

Küresel Politika Belgeleri, Standartlar ve Yönetmelikler

Uluslararası kuruluşlar, etik kılavuzlar, politika belgeleri ve standartlar aracılığıyla eğitimde YZ için küresel bir çerçeve oluşturmaya çalışmaktadır. UNESCO (2021), UNICEF (2021b), Dünya Ekonomik Forumu (2019) ve IEAIED (2021) hükümetlere, eğitim yetkililerine, teknoloji geliştiricilerine ve okullara rehberlik eden kapsamlı ilkeler belirleyen kurumlar arasındadır. Bu belgeler, YZ uygulamalarının tasarlanması, uygulanması, izlenmesi ve değerlendirilmesi için etik ilkeleri, yasal standartları, veri güvenliği politikalarını ve katılımcı süreçleri tanımlamaktadır. Özellikle PreK-12 bağlamında, çocuk haklarına dayanan bu standartlar, eğitimdeki paydaşlar için net bir yol haritası sağlar (Adams & ark., 2023). Çeşitli kültürel, sosyal ve ekonomik bağlamlardaki uygulamalar karşılaştırılarak en iyi uygulamalar paylaşılabılır ve uluslararası işbirliği teşvik edilebilir (Schiff, 2021).

Bilgi Kirliliği, Dezenformasyon ve Eleştirel Düşünme Becerileri

YZ entegrasyonları bilgiye erişimi genişletirken, bilgi kirliliği ve dezenformasyona maruz kalma riskini de artırmaktadır. Otomatik metin üretimi, yanıltıcı içeriğin yayılması ve doğrulanmamış kaynakların entegrasyonu öğrencilerin eleştirel düşünme, medya okuryazarlığı ve bilgi doğrulama becerilerini zorlayabilir (UNESCO, 2021). Yapay zekâ tabanlı öğrenme ortamları, içerik önerileri sunarken, bu içeriğin doğruluğunu garanti etmez. Bu nedenle, öğrenciler kendi bilgi işleme süreçlerini izlemeli, farklı bakış açılarını inceleme pratiği yapmalı, bilimsel akıl yürütmeyi benimsemeli ve eleştirel muhakeme kullanmalıdır. Eleştirel düşünme becerileri öğrencilere yapay zekânın bir "doğru bilgi" kaynağı değil, bir rehber ve destek mekanizması olduğunu hatırlatır. Bu şekilde öğrenciler kendi bilişsel yeteneklerine güvenmeyi ve entelektüel bağımsızlıklarını korumayı öğrenirler.

İnsan-Makine Etkileşiminin Etik Boyutu: İnsani Değerlerin Korunması

YZ'nin eğitimdeki rolü, insan-makine etkileşimini yoğunlaştırmaktadır. Öğrenciler dijital asistanlar, sohbet robotları, sanal öğretmenler, uyarlanabilir öğrenme platformları ve sosyal robotlarla karşılaşmaktadır (Hernández-Orallo & Vold, 2019). Bu durum, öğrencilerin bilgiye nasıl eriştiklerini, duygusal, sosyal ve kültürel etkileşimlerini etkilemektedir. Yapay zekâ teknolojileri insan temasının yerini almamalı veya öğrencilerin akranları, öğretmenleri ve toplumla etkileşimlerini zayıflatmamalıdır (Cath & ark., 2018). Etik açıdan bakıldığında, insan-makine etkileşiminde insani değerlerin sürdürülmesi, eğitimdeki dönüşümün merkezinde yer almaktadır. Öğrenciler yalnızca akademik yetkinlikler değil, aynı zamanda etik farkındalık, kültürel duyarlılık ve duygusal olgunluk da kazanmalıdır. Yapay zekâ bu amaçlar için bir araç olarak görülmeli, asla insani boyutun yerini almamalıdır.

Araştırma ve Sürdürülebilir Eğitim Ekosistemi için Gelecek Yönelimler

YZ'nin PreK-12 eğitiminde etik kullanımı henüz tam olarak kurumsallaşmamıştır. Gelecekteki araştırmalar, politika geliştirme, teknoloji tasarım ilkelerindeki iyileştirmeler ve uluslararası işbirliği, sürdürülebilir bir eğitim ekosistemi oluşturmanın anahtarı olacaktır (Vakkuri & Abrahamsson, 2018). Araştırmacılar yapay zeka uygulamalarının öğrenci öğrenme çıktıları üzerindeki uzun vadeli etkilerini incelemeli, sosyoekonomik farklılıkların rolünü analiz etmeli, algoritmik önyargıyı ortadan kaldırmaya yönelik stratejileri araştırmalı ve veri koruma önlemlerini iyileştirmelidir. Ayrıca, çocuk haklarına odaklanan etik çerçevelerin etkinliği, öğretmenin bu süreçte değişen rolü ve okul yöneticilerinin karar verme sürecinde YZ'den nasıl yararlandıkları da araştırılmalıdır (UNICEF, 2021b).

Sürdürülebilir bir eğitim ekosistemi, teknolojik ilerlemeden daha fazlasını gerektirir; aynı zamanda sosyal adalet, kültürel çeşitlilik, çevresel duyarlılık ve nesiller boyunca etik değerlerin korunmasını da gerektirir.

YZ'nin eğitimdeki değeri yalnızca teknolojik fırsatlardan kaynaklanmamaktadır; eşitlikçi, kapsayıcı ve dirençli bir küresel eğitim vizyonuna hizmet etmelidir. YZ'nin PreK-12 eğitime entegrasyonuna etik ve çok boyutlu bir perspektiften yaklaşmıştır. YZ uygulamaları öğrenme süreçlerini derinden dönüştürme potansiyeline sahip olsa da bu potansiyel ancak insani değerler, çocuk hakları, veri gizliliği, adalet, erişilebilirlik, eleştirel düşünme ve kültürel duyarlılık ile bilgilendirildiğinde anlamlı ve sürdürülebilir hale gelir. Küresel politika çerçeveleri, kuruluşların uluslararası rehberliği, öğretmenlerin mesleki gelişimi, yapısal reformlar ve Ar-Ge çabaları, YZ'yi etik ve insani olarak eğitimin geleceğinin merkezinde konumlandıracaktır.

YZ uygulamalarının PreK-12 eğitime entegrasyonu, eğitim sistemlerini çok yönlü olarak dönüştürme potansiyeline sahiptir. Ancak bu dönüşüm yalnızca teknolojik fırsatlarla sınırlı kalmamalı; çocuk hakları, kültürel duyarlılık, veri gizliliği, öğretmen yetkinlikleri, politika belgeleri, etik çerçeveler ve ötesini kapsayan bütüncül bir araştırma gündemiyle desteklenmelidir (UNESCO, 2021; UNICEF, 2021b). Bu bağlamda, YK etiği alanında, yapay zekâ etiği söyleminin nasıl geliştiğini ve kavramların yapay zekâ sistemlerine etik uygulamanın pratiğine nasıl yardımcı olabileceğini görmek için hâlâ araştırma yapılması gerekmektedir (Vakkuri & Abrahamsson, 2018).

Yapılan araştırmaların birincil odak noktası, eğitimdeki YZ uygulamalarını çocuk hakları merceğinden değerlendirmek ve etik ilkeleri eğitim teknolojilerine yerleştirmek olmalıdır. Çocuğun yüksek yararı, güvenliği, mahremiyeti ve ifade özgürlüğü her YZ tasarımının merkezinde yer almalıdır (Adams & ark., 2023; UNICEF, 2021b). Araştırmacılar, çocukların fiziksel, bilişsel, duygusal ve sosyal gelişim aşamalarını dikkate alan yaşa uygun arayüzler ve etkileşim modelleri geliştirmelidir. Çalışmalar, farklı yaş gruplarına göre uyarlanmış etik tasarım ilkelerini belirleyebilir ve bu ilkelerin çeşitli kültürel bağlamlara nasıl uyarlanabileceğini inceleyebilir (Irwin, Dharamshi & Zon, 2021).

Evrensel etik standartlar (adalet, erişilebilirlik, hesap verebilirlik) ile bunların farklı kültürel bağlamlarda uygulanması arasında bir gerilim vardır. Gelecekteki araştırmalar, YZ tasarımıyla kültürel duyarlılık ve esnekliğin nasıl sağlanacağını analiz etmeli, böylece küresel etik ilkelerin yerel olarak uygun olmasını sağlamalıdır (Cath & ark., 2018).

Araştırmacılar anonimleştirme, şifreleme, güvenli bulut altyapıları ve denetim mekanizmaları gibi teknik çözümlerin etkinliğini ve sınırlamalarını eğitim bağlamında değerlendirmelidir. Bu tür değerlendirmeler, bu araçların öğrenci veri güvenliğini nasıl artırdığını ve nerede boşluklar kaldığını aydınlatır.

Öğrencilerin verileriyle ilgili farkındalıklarını artırmaya yönelik stratejileri araştırmalıdır. Bu noktada verilerin nasıl kullanıldığı, kimlerin erişebildiği ve hangi amaçlarla kullanıldığını ortaya koymak gerekebilir (Irwin & ark., 2021). Bunu yaparak öğrenciler, teknolojiyle sorumlu ve bilinçli bir etkileşimi besleyen dijital vatandaşlık yetkinlikleri geliştirebilirler.

Araştırmalar, yapay zekâ uygulamalarının mevcut eğitim eşitsizliklerini azaltıp azaltmadığını veya daha da kötüleştirip kötüleştirmediğini ele almalıdır. Farklı sosyoekonomik, kültürel, dilsel ve yetenek geçmişlerinden gelen öğrencilere hizmet veren kapsayıcı bir ekosistem oluşturmak önemli bir zorluk olarak durmaktadır (UNESCO, 2021).

YZ uygulamaları için belirlenen yönergeler ve etik çerçeveler eğitim için de geçerlidir. Luckin & ark. (2016), eğitimde YZ uygulamalarının etik sorunlarının nispeten daha genç yaşlarda gündeme gelmediğini belirtmektedir. Jobin & ark. (2019) etik ilkelerin sınırlarını ve sektörler arası ilkelerin genel çerçevesini analiz eden kapsamlı bir çalışma yürütmüştür. Southgate ve diğerleri (2019) okullardaki yapay zekâ uygulamalarını incelemiştir. Holmes & ark. (2021) araştırmalarında, topluluk düzeyinde etik bir yapı belirlemek için YZ'nin eğitimdeki uygulamalarını araştırmışlardır.

UNESCO (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, YZ'nin eğitim alanına nasıl entegre edileceği ve bu uygulamaların nasıl konumlandırılacağı konusunda önerilerde bulunulmuştur. Schiff (2021), eğitim alanında da etik ilkelerin ve ulusal politikaların temelini oluşturmaktadır. Birleşmiş Milletler Uluslararası Çocuklara Yardım Fonu (UNICEF, 2021a, 2021b) tarafından yapılan çalışmalarda YZ'nin etik sınırları ve çocuk haklarına yansımaları incelenmiştir. Benzer şekilde Adams ve arkadaşları (2023) K-12 düzeyindekiler için YZ'nin etik ilkelerini belirlemiştir.

Yöntem

Bu çalışma, eğitimde yapay zekâ uygulamaları için etik konusunu iki aşamada incelemeye çalışmaktadır. İlk aşamada literatür taraması yapılmış ve etik ilkeler karşılaştırmalı olarak tartışılmıştır. Araştırmanın bu bölümünde doküman analizi yöntemi kullanılmıştır.

İkinci aşamada, Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki bir devlet üniversitesinin Eğitim Fakültesi'nde öğrenim gören ve rastgele örneklem yoluyla seçilen 12 üniversite öğrencisi ile görüşmeler yapılmıştır. Araştırmacılar tarafından tasarlanan görüşme formunda yer alan toplam 3 soru sorulmuş ve alınan cevaplar içerik analizine göre yorumlanmıştır.

Bulgular

Çalışmanın ilk aşamasıyla ilgili olarak, YZ uygulamalarının etik yönleri üzerine çok sayıda çalışma olduğu görülmektedir. Bunlar, otonom makinelerin karar sistemleri (Anderson & Anderson 2015), YZ etiği kapsamındaki meta uygulamalar (Vakkuri & Abrahamsson 2018) ve geliştirilmiş YZ kılavuzları (The IEEE Global Initiative on Ethics of Autonomous and Intelligent Systems, 2019) gibi geniş bir alanı kapsamaktadır. Bununla birlikte, mevcut çalışmanın eğitimdeki YZ uygulamalarının etik boyutuna ışık tutmayı amaçladığını ve bunu daha spesifik hale getirdiğini belirtmek gerekir.

Literatür taraması, eğitim alanında yetkin kurumlar tarafından hazırlanan dört farklı etik belgeye işaret etmektedir. Bunlar sırasıyla aşağıdaki gibidir (Adams & ark., 2023):

Dünya Ekonomik Forumu (2019): Generation AI: Çocuklar ve Yapay Zekâ için Küresel Standartların Oluşturulması, Eğitimde Etik Yapay Zekâ Enstitüsü (IEAIED, 2021): Eğitimde Yapay Zekâ için Etik Çerçeve, UNESCO (2021): Yapay Zekâ ve Eğitim: Politika Yapıcılar için Rehberlik, (UNICEF, 2021b): Çocuklar için Yapay Zekâ Politika Rehberi.

Eğitime saygının vurgulandığı konular ise eşitlik, gizlilik, veri güvenliği, şeffaflık, hesap verebilirlik, adalet, sürdürülebilirlik ve bilgi kirliliğidir. Bunlara ek olarak, gizlilik ve veri ihlali, eşitlik ve adil kullanım, kişisel gelişim, önyargı ve ayrımcılık, insan-makine ilişkisi, düşünce ve fikir özgürlüğü ve özerklik etik sorunlara neden olabilecek konular olarak değerlendirilmiştir. Aşağıda eğitimde ele alınmaya değer bir dizi konu yer almaktadır:

Eşitlik:

Tüm öğrenciler, kapsayıcı bir şekilde yapay zekâ uygulamalarına eşit erişime sahip olmalıdır.

Gizlilik:

Yapay zekâ uygulamaları, kullanıcı bilgilerini belirli standartlar ve güvenlik protokolleri dahilinde saklayabilmeli ve üçüncü taraflarla paylaşmamalıdır.

Veri Güvenliği:

Yapay zekâ uygulamaları kişisel, kurumsal ve eğitim konularındaki bilgileri veri tabanlarında güvenli bir şekilde saklayabilmelidir.

Şeffaflık:

Eğitimdeki yapay zekâ uygulamaları, kendilerini geliştirmek ve daha iyi hizmet sunmak için veri toplama politikalarını ve veri işleme süreçlerini kullanıcılarla şeffaf bir şekilde paylaşmalıdır.

Hesap verebilirlik:

Yapay zekâ uygulamaları açıkça tanımlanmış standartlara ve hesap verebilir kullanıcı sistemlerine sahip olmalıdır.

Adalet:

Yapay zekâ uygulamaları veri toplama, işleme ve elde edilen verilerin kullanıcılarla paylaşılmasında yasal kurallara uymalı ve tüm kullanıcılar için hizmet verebilmelidir.

Sürdürülebilirlik:

Yapay zekâ uygulamaları günlük çözümlerden ziyade uzun vadeli ve sürdürülebilir eğitime yönelik olmalıdır. Bu anlamda çağın ihtiyaçları yakından takip edilmeli, sık güncellemelere ihtiyaç duyulmaktadır.

Bilgi Kirliliği:

YZ uygulamaları, kaynağın güvenliği için filtreleme ve resmi sertifikaları dikkate alarak bilgi kirliliğini önlemelidir.

YZ uygulamalarının etik boyutları ve eğitimde yerine getirilmesi gereken ağır görevleri vardır ve bunların bir kısmı erişim politikalarını açıklamakta ve çalışma prensipleri üzerinde kısmen de olsa bilgi paylaşımı şansı vermektedir.

YZ uygulamalarıyla önümüzdeki yıllarda daha yoğun bir şekilde karşılaşılacak olsa da, etik kuralların uluslararası kabul görmesi ve dünya çapında işbirliği, belirli standartların etkili bir şekilde oluşturulmasına yardımcı olacaktır.

Çalışmanın ikinci aşamasında, PreK-12 düzeyinde 12 öğretmen adayı ile yarı yapılandırılmış görüşmeler tamamlanmıştır.

Sorulan sorular, Tablo 1'de sunulan tema, kategori ve kodlarda yanıtlar ortaya çıkarmıştır.

Tablo 1. Mülakat Soruları Mülakat soruları için temalar, kategoriler ve kodlamalar

Tema	Kategori	Kod	(f)
YZ uygulamaları nın sahip olması gereken etik boyutlar	Yasal	Açık veri işleme	2
		Yasalara uygunluk	2
		Veri toplama politikalarının şeffaflığı	1
		Mahremiyet ve eşitliğe vurgu	1
	Ahlaki	Kişisel veri paylaşımı yok	3
		Değer yargılarının altını çizmek	1
		Bilgi kirliliği üretilmemesi	1
		Doğru bilgi sunmak	1
	Anlamlılık düzeyi	Çok önemsiyorum	1
		Kısmen önemsiyorum.	2
		Hiç umurumda değil.	9
Yapay zekâ uygulamaları nın kullanım alanı	Ev ödevlerini ve ödevleri/görevleri yapmak	Proje hazırlığı	5
		Yaratıcı uygulamalar oluşturma	1
		Karmaşık problemleri çözme	1
	Merak ve keşif	Merak edilen konuların keşfedilmesi	3
		Araştırma yapmak	1
		Sınırsız bilgiye erişim	1

YZ uygulamalarının yasal ve ahlaki olmak üzere iki farklı politikaya sahip olması gerektiği açıktır. Bunlar, makalede daha önce vurgulanan etkili kuruluşlara ait etik yönergelere benzer.

YZ uygulamalarına ve etik konulara atfedilen önemle ilgili olarak, görünüşe göre çoğu kişi bunlara önem vermemiştir. Bu durum, uygulamaların yeni olması ve zararlı yönlerinin henüz keşfedilmemiş olmasıyla ilişkilendirilebilir. Kısacası, kullanıcılar olarak öğrenciler etik sorumluluklarının tam olarak farkında değildir.

Öğrencilerin bu uygulamaları ödev yapmak, karmaşık problemleri çözmek ve yeni görevler hazırlamak için yoğun olarak kullandıkları görülmektedir. Son olarak, öğrencilerin merak duygusu bu uygulamaların kullanımında etkin bir rol oynamaktadır. Sonuç olarak, bu bulguların PreK-12 seviyelerinin gelecekteki profesyonellerinin bir fotoğrafını ortaya çıkardığına inanılmaktadır.

Gelecekteki Araştırmalar için Öneriler

Yapay zekâ (YZ) uygulamalarının PreK-12 eğitime entegrasyonu, eğitim sistemlerini çok yönlü olarak dönüştürme potansiyeline sahiptir. Ancak bu dönüşüm yalnızca teknolojik fırsatlarla sınırlı kalmamalı; çocuk hakları, kültürel duyarlılık, veri gizliliği, öğretmen yetkinlikleri, politika belgeleri, etik çerçeveler ve ötesini kapsayan bütüncül bir araştırma gündemiyle desteklenmelidir (UNESCO, 2021; UNICEF, 2021b). Bu bağlamda, YK etiği alanında, yapay zekâ etiği söyleminin nasıl geliştiğini ve kavramların yapay zekâ sistemlerine etik uygulamanın pratiğine nasıl yardımcı olabileceğini görmek için hâlâ araştırma yapılması gerekmektedir (Vakkuri & Abrahamsson, 2018).

Gelecekteki araştırmaların birincil odak noktası, eğitimdeki YZ uygulamalarını çocuk hakları merceğinden değerlendirmek ve etik ilkeleri eğitim teknolojilerine yerleştirmek olmalıdır. Çocuğun yüksek yararı, güvenliği, mahremiyeti ve ifade özgürlüğü her YZ tasarımının merkezinde yer almalıdır (Adams & ark., 2023; UNICEF, 2021b).

Araştırmacılar, ocukların fiziksel, bilişsel, duygusal ve sosyal gelişim aşamalarını dikkate alan yaşa uygun arayüzler ve etkileşim modelleri geliştirmelidir. alışmalar, farklı yaş gruplarına göre uyarlanmış etik tasarım ilkelerini belirleyebilir ve bu ilkelerin çeşitli kültürel bağlamlara nasıl uyarlanabileceğini inceleyebilir (Irwin, Dharamshi & Zon, 2021).

Evrensel etik standartlar (adalet, erişilebilirlik, hesap verebilirlik) ile bunların farklı kültürel bağlamlarda uygulanması arasında bir gerilim vardır.

Gelecekteki araştırmalar, YZ tasarımında kültürel duyarlılık ve esnekliğin nasıl sağlanacağını analiz etmeli, böylece küresel etik ilkelerin yerel olarak uygun olmasını sağlamalıdır (Cath & ark., 2018).

Araştırmacılar anonimleştirme, şifreleme, güvenli bulut altyapıları ve denetim mekanizmaları gibi teknik çözümünün etkinliğini ve sınırlamalarını eğitim bağlamında değerlendirmelidir. Bu tür değerlendirmeler, bu araçların öğrenci veri güvenliğini nasıl artırdığını ve nerede boşluklar kaldığını aydınlatır.

Gelecekteki alışmalar, öğrencilerin verileriyle ilgili farkındalıklarını artırmaya yönelik stratejileri araştırmalıdır. Verilerin nasıl kullanıldığı, kimlerin erişebildiğı ve hangi amaçlarla kullanıldığı önem arz etmektedir (Irwin & ark., 2021).

Yukarıda belirtilen önerilerin yerine getirilmesi durumunda, öğrenciler, teknolojiyle sorumlu ve bilinçli bir etkileşimi besleyen diğital vatandaşlık yetkinlikleri geliştirebilirler.

Araştırmalar, yapay zekâ uygulamalarının mevcut eğitim eşitsizliklerini azaltıp azaltmadığını veya daha da kötüleştirip kötüleştirmediğini ele almalıdır.

Farklı sosyoekonomik, kültürel, dilsel ve yetenek geçmişlerinden gelen öğrencilere hizmet veren kapsayıcı bir ekosistem oluşturmak önemli bir zorluk olarak durmaktadır (UNESCO, 2021).

Sonuç ve Değerlendirme

Bu kapsamlı öneriler dizisi, yapay zekâyı PreK-12 eğitime entegre etmek için çok boyutlu bir araştırma gündeminin ana hatlarını çizmektedir. Tartışılan konular tamamlayıcı ve birbiriyle bağlantılıdır. Çocuk hakları ve etik ilkelere dayanan bir yaklaşım, veri gizliliği ve şeffaflık önlemleriyle güçlendirilmektedir.

Adalet, erişilebilirlik ve kapsayıcılık, sistemin tüm öğrencilerin farklı ihtiyaçlarını kucaklamasını sağlar. Öğretmen yeterlilikleri ve mesleki gelişim modelleri, teknolojinin sınıf uygulamalarına etkili ve sürdürülebilir bir şekilde dahil edilmesini sağlar.

Küresel politika belgeleri, standartlar ve düzenlemeler ortak bir vizyon ve stratejik yön sağlarken aynı zamanda uluslararası işbirliğini ve bilgi alışverişini teşvik eder.

Eleştirel düşünme, bilgi doğrulama ve medya okuryazarlığı becerilerinin geliştirilmesi, öğrencilerin dijital çağda sorumlu bir şekilde hareket etmelerine yardımcı olur. İnsan-makine etkileşimlerinde insani değerlerin korunması, eğitimin yalnızca teknik becerileri geliştirmekle kalmayıp aynı zamanda insan onurunu ve duygusal zekâyı da desteklemesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Uzun vadeli etki değerlendirmeleri, multidisipliner işbirlikleri ve sürdürülebilir eğitim ekosistemlerine odaklanma, yapay zekânın eğitimdeki rolünü stratejik, esnek ve dayanıklı bir çerçeveye oturtmaktadır.

Gelecekteki araştırmaları bu öneriler etrafında şekillendirerek, eğitim teknolojileri sadece yenilikçi araçlardan sosyal gelişim, kültürel zenginleşme, etik duyarlılık ve eşitlik için derin katalizörlere dönüşebilir. Bu şekilde, yapay zekâ destekli eğitim ekosistemleri, insani değerlere öncelik vererek ve yaşam boyu öğrenmeyi destekleyerek geleceğin belirsizliklerine karşı hazırlıklı hale gelebilir.

Kaynakça

Adams, C., Pente, P., Lerner, G., & Rockwell, G. (2023). Ethical principles for artificial intelligence in K-12 education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, 100131, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100131>

Akgun, S., & Greenhow, C. (2022). Artificial intelligence in education: Addressing ethical challenges in K-12 settings. *AI and Ethics*, 2, 431-440. <https://doi.org/10.1007/s43681-021-00096-7>

Anderson, M., & Anderson, S. L. (2015). Towards ensuring ethical behavior from autonomous systems: A case-supported principle-based paradigm. In *Artificial intelligence and ethics: Papers from the 2015 AAAI Workshop* (pp. 1–10).

Cath, C., Wachter, S., Mittelstadt, B., Taddei, M., & Floridi, L. (2018). Artificial Intelligence and the ‘good society’: the US, EU, and UK approach. *Sci. Eng. Ethics*, 24, 505–528.

Hernández-Orallo, J., & Vold, K. (2019). AI extenders: The ethical and societal implications of humans cognitively extended by AI. In *Proceedings of the 2019 AAAI/ACM Conference on AI, ethics, and society* (pp. 507–513). <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3306618.3314238>

Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Shum, S. B., Santos, O. C., Rodrigo, M. T., Cukurova, M., Bittencourt, I. I., & Koedinger, K. R. (2021). Ethics of AI in education: Towards a community-wide framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32, 504-526. <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00239-1>

IEAIED (The Institute for Ethical AI in Education). (2021). *The Ethical Framework for AI in Education*. University of Buckingham. Retrieved from <https://www.buckingham.ac.uk/wp-content/uploads/2021/03/The-Institute-for-Ethical-AI-in-Education-The-Ethical-Framework-for-AI-in-Education.pdf>
Retrieved Date: 09.02.2023.

Irwin, J., Dharamshi, A., & Zon, N. (2021). *Children's privacy in the age of artificial intelligence*. CSA Group. [Online:[https://www.csagroup.org/wp-content/uploads/CSA-Group-Research-Children s-Privacy-in-the-Age-of-Artificial-Intelligence.pdf](https://www.csagroup.org/wp-content/uploads/CSA-Group-Research-Children-s-Privacy-in-the-Age-of-Artificial-Intelligence.pdf)]. Retrieved Date: 19.03.2023

Jobin, A., Ienca, M., & Vayena, E. (2019). The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature Machine Intelligence*, 1, 389-399. <https://doi.org/10.1038/s42256-019-0088-2>

Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in Education*. London: Pearson.

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018). *Ortaöğretim Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı*. Ankara: TTKB.

Naqvi, A. (2020). *Artificial intelligence for audit, forensic accounting, and valuation: A strategic perspective*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Schiff, D. (2021). Education for AI, not AI for education: The role of education and ethics in national AI policy strategies. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32, 527-563. <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00270-2>

Southgate, E., Blackmore, K., Pieschl, S., Grimes, S., McGuire, J., & Smithers, K. (2019). *Artificial intelligence and emerging technologies (virtual, augmented and mixed reality) in schools: A research report*. Newcastle: University of Newcastle.

The IEEE Global Initiative on Ethics of Autonomous and Intelligent Systems. (2019). *Ethically aligned design: A vision for prioritizing human well-being with autonomous and intelligent systems* (pp. 1–294).

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) (2021). *AI and education: Guidance for policy makers*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376709>

United Nations International Children's Emergency Fund (UNICEF) (2021a). *AI policy guidance: How the world responded*. <https://www.unicef.org/innocenti/stories/ai-policy-guidance-how-world-responded>. Retrieved Date: 14.01.2023

UNICEF (2021b). *Policy guidance on AI for children 2.0*. <https://www.unicef.org/innocenti/reports/policy-guidance-ai-children>. Retrieved Date: 21.02.2023

Vakkuri, V., & Abrahamsson, P. (2018). The key concepts of ethics of artificial intelligence. In *Proceedings of the 2018 IEEE int. conference on engineering, tech. and innovation* (pp. 1–6).

World Economic Forum. (2019). *Generation AI: Establishing global Standards for children and AI*. <https://www.weforum.org/reports/generation-ai-establishing-global-standards-for-children-and-ai>. Retrieved Date: 23.03.2023

BÖLÜM III

Fen Eğitiminde Öğrenme Mühendisliği ve Yapay Zekâ

Adem YILMAZ¹

Giriş

Günümüzün hızlı teknolojik dönüşümleri, eğitim ortamlarını ve öğretim süreçlerini köklü bir biçimde etkilemektedir. Özellikle fen eğitimi alanında ortaya çıkan yeni yaklaşım, yöntem ve teknolojiler, öğrenme süreçlerini daha derinlikli, anlamlı ve öğrenci odaklı hale getirme yönünde önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu dönüşüm sürecinde, geleneksel öğretim yöntemlerinin ötesine geçerek bilimsel düşünme, araştırma becerileri ve problem çözme yetkinlikleri kazandırma hedefi, fen eğitiminde merkezi bir rol oynamaya devam etmektedir (NRC, 2012).

¹ Doç. Dr., Kastamonu Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Kastamonu/Türkiye, Orcid: 0000-0002-1424-8934, yilmazadem@kastamonu.edu.tr

Öğrenme Mühendisliği Kavramının Fen Eğitimi Bağlamında İncelenmesi

Öğrenme mühendisliği kavramı, öğrenme bilimlerindeki kuramsal birikim ile mühendislik alanının tasarım odaklı ve çözüm üretmeye yönelik yaklaşımını birleştirmekte; eğitim teknolojilerinin, öğrenme analitiğinin ve yapay zekâ tabanlı uygulamaların entegre edildiği bütüncül bir yapı sunmaktadır (Dede, Richards & Saxberg, 2018). Öğrenme mühendisliği, en genel anlamıyla, öğrenme süreçlerinin tasarımı, uygulanması, değerlendirilmesi ve yeniden yapılandırılmasında sistematik ve kanıta dayalı bir yaklaşım benimser. Bu yaklaşım, hem fen eğitimi alanında hedeflenen kazanımların belirlenmesinde hem de bu kazanımlara ulaşmak için gerekli öğrenme ortamlarının oluşturulmasında kilit bir işlev üstlenmektedir. Özellikle fen eğitimi bağlamında, karmaşık bilimsel kavramların (Yanarateş, 2022) öğrenciler tarafından daha iyi anlaşılması, bilimsel süreç becerilerinin geliştirilmesi ve disiplinler arası düşünme becerilerinin kazandırılması, öğrenme mühendisliği ilkelerinden yararlanılarak daha etkili bir biçimde desteklenebilir (Fischer, Hmelo-Silver, Goldman & Reimann, 2020). Bu bölümde, öğrenme mühendisliği kavramının tanımı, tarihsel gelişimi, fen eğitimi ile ilişkisi, bu yaklaşımın öğretmen yetiştirme sürecine yansımaları ve yapay zekâ temelli teknolojilerin fen öğretimine entegrasyonu ele alınmıştır. Bu incelemede, hem ulusal bağlamda Millî Eğitim Bakanlığı (MEB, 2018) belgelerine hem de uluslararası literatürde öncü olan kuramsal ve uygulamalı çalışmalara atıfta bulunularak geniş bir perspektif sunulmaya çalışılmıştır.

Öğrenme Mühendisliği Kavramının Tanımı ve Tarihsel Arka Planı

Öğrenme mühendisliği, eğitim bilimi, bilişsel psikoloji, öğrenme analitiği, insan-bilgisayar etkileşimi, tasarım bilimleri ve mühendislik prensiplerinin kesişiminde yer alan disiplinler arası bir alandır. Bu alan, öğrenme deneyimini en üst düzeye çıkarmak için yapısal, sistematik ve veri temelli kararlar almayı öngörür (Dede, Richards & Saxberg, 2018).

Öğrenme mühendisleri, öğrenenlerin ihtiyaçlarına uygun içerikleri ve süreçleri geliştirirken, tasarım ilkelerini, öğrenme teorilerini, teknolojik araçları ve değerlendirme tekniklerini bütüncül bir çerçevede ele alırlar. Bu doğrultuda öğrenme mühendisliği, sadece teknolojik araçların sınıflarda kullanımı ile sınırlı değildir; aynı zamanda öğrenme ortamının tasarımı, öğretim stratejilerinin seçimi, ölçme-değerlendirme yaklaşımlarının belirlenmesi ve tüm bu bileşenlerin sürekli iyileştirilmesi sürecini de kapsar. Tarihsel açıdan bakıldığında, eğitimde teknolojinin kullanımına ilişkin ilk girişimlerin 20. yüzyıl ortalarında eğitim teknolojisi alanında yoğunlaştığı görülür. Önceleri bu yaklaşımlar genellikle araç-temelli bir bakış açısına sahipken, ilerleyen dönemlerde öğrenme kuramlarına dayalı, daha sistematik ve öğrenci merkezli modellere doğru kayma yaşanmıştır (Lockyer & ark., 2013). Son yıllarda ise öğrenme analitiği, yapay zekâ, büyük veri ve öğrenme bilimlerindeki gelişmelerin etkisiyle, eğitim teknolojisinden öğrenme mühendisliğine doğru bir dönüşüm görülmektedir (Baker & Siemens, 2014; Siemens & Long, 2011). Bu dönüşüm, mühendislik prensiplerinin eğitim süreçlerine uygulanmasıyla temellenmektedir. Geleneksel olarak mühendislik, karmaşık sorunları tanımlama, analitik düşünme, sistem tasarımı, prototipleme, test etme ve optimizasyon aşamalarını içerir. Bu bakış açısı eğitim süreçlerine uyarlandığında, öğrenme hedeflerinin belirlenmesinden başlayarak, içerik ve etkinliklerin tasarımı, öğrenci verilerinin toplanması ve analizi, geri bildirim mekanizmalarının oluşturulması ve sonuçların değerlendirilerek sürekli bir döngü halinde iyileştirme yapılmasına olanak tanır (Dede, 2019; Yılmaz & Salman, 2022).

Fen Eğitimi Bağlamında Öğrenme Mühendisliği

Fen eğitimi, öğrencilerin bilimsel bilgilere ulaşmasının ötesinde, bilimsel düşünme becerileri, sorgulayıcı yaklaşım, problem çözme, araştırma yapma, verileri yorumlama ve kanıta dayalı çıkarımlarda bulunma gibi üst düzey zihinsel becerileri kazanmasını amaçlar (NRC, 2012; MEB, 2018).

Hedeflerin hayata geçirilmesi, geleneksel ders anlatımlarının ötesinde, öğrenci merkezli, etkileşimli ve proje tabanlı öğrenme yaklaşımına ihtiyaç duymaktadır. Bu noktada öğrenme mühendisliği yaklaşımı, fen öğretiminin niteliğini artırmak için güçlü bir çerçeve sunmaktadır. Öğrenme mühendisliği, fen eğitiminde şu alanlarda yenilikçi çözümler üretmeye katkıda bulunur:

1. Öğrenme Ortamlarının Tasarımı:

Öğrenme mühendisliği, fen sınıflarının fiziksel, dijital ve pedagojik boyutlarını bütüncül olarak ele alır. Örneğin, sanal laboratuvar ortamlarının tasarımı, etkileşimli simülasyonların kullanımı, artırılmış gerçeklik uygulamaları ve veri toplama araçlarının öğrenme süreçlerine entegre edilmesi, öğrencilerin fen kavramlarını keşfetmesine ve anlamlandırmasına yardımcı olur. Bu sayede, öğrenci etkileşimi artarken soyut kavramların somutlaştırılması kolaylaşır (Fischer, Hmelo-Silver, Goldman & Reimann, 2020; Yılmaz, Gülgün, Çetinkaya & Doğanay, 2018).

2. Bireyselleştirilmiş Öğrenme Deneyimi:

Bu yaklaşım, veri temelli karar alma süreçleriyle öğrenci farklılıklarını merkeze alan bir yaklaşımı benimser. Her öğrencinin öğrenme hızına, ön bilgilerine ve gelişimsel düzeyine göre uyarlanmış içerik ve etkinlikler sunmak, fen eğitiminde öğrenme kayıplarını azaltır ve tüm öğrencilerin öğrenme sürecine aktif katılımını teşvik eder (Tomlinson, 2014).

3. Değerlendirme ve Geri Bildirim Mekanizmaları:

Fen eğitiminin hedeflediği üst düzey becerilerin ve derin anlama düzeylerinin ölçülmesi genellikle standart testlerle sınırlı kalır. Öğrenme mühendisliği, öğrenme analitiği ve yapay zekâ destekli değerlendirme araçları sayesinde, öğrencilerin ilerlemesini gerçek zamanlı olarak izleme, anlamalarını derinlemesine analiz etme ve anında geri bildirim sağlama fırsatı sunar. Bu yaklaşım öğrencilerin kendi öğrenmelerini izlemelerine ve öğretmenin stratejilerini uyarlamalarına imkân tanır (Baker & Siemens, 2014).

4. Sürekli İyileştirme Döngüsü:

Mühendislik yaklaşımının temelinde yer alan sürekli iyileştirme döngüsü, fen eğitimi uygulamalarında da geçerlidir. Öğrenme mühendisliği, bir fen dersi ünitesinin başlangıcından sonuna kadar toplanan veri ve kanıtları kullanarak tasarımı sürekli iyileştirir. Bu döngüde, öğrenme hedeflerine ulaşmada güçlük yaşanan alanlar belirlenir ve etkinlikler revize edilir, yeni teknolojiler entegre edilir ve sonuçlar tekrar değerlendirilerek süreç yeniden optimize edilir (Dede & ark., 2018).

Öğretmen Yetiştirme Sürecinde Öğrenme Mühendisliği Yaklaşımının Rolü

Fen öğretmenlerinin mesleki gelişimi ve yetiştirilmesi sürecinde öğrenme mühendisliğinin sunduğu yöntem ve araçlar, öğretmen adaylarının kuramsal ve uygulamalı yeterliklerini geliştirmeye yardımcı olur.

Geleneksel öğretmen yetiştirme programlarında, öğretmen adaylarının fen alan bilgisi, pedagojik formasyon ve sınıf yönetimi becerileri kazandırılmaya çalışılır. Ancak günümüzde öğretmen adaylarının, öğrenme mühendisliği bakış açısını da içselleştirerek, teknolojiyi öğrenme sürecinin organik bir parçası haline getirebilmeleri beklenmektedir (Tondeur & ark., 2012).

Bu bağlamda, öğrenme mühendisliği aşağıdaki yönleriyle öğretmen yetiştirme süreçlerine katkı sunar:

1. Kuramsal Temellerin Güçlendirilmesi:

Öğrenme bilimlerinin ve bilişsel psikolojinin sunduğu kuramsal çerçeveler, öğretmen adaylarına öğrencilerin nasıl öğrendiğine dair derin bir anlayış kazandırır. Bu anlayış, öğrenme mühendisliği prensipleri ile birleştiğinde, öğretmen adaylarının fen derslerini tasarlarlarken öğrenci gereksinimlerini, kavramsal güçlükleri ve öğrenme hedeflerini daha bilinçli bir şekilde ele almasına imkân tanır (Fischer & ark., 2020).

2. Teknoloji Entegrasyonu Becerilerinin Geliştirilmesi:

Öğrenme mühendisliği, teknolojinin öğrenme sürecine işlevsel ve anlamlı bir şekilde entegre edilmesini gerektirir. Öğretmen adayları, hizmet öncesi eğitim süreçlerinde, simülasyonlar, dijital veri toplama araçları, öğrenme analitiği platformları, yapay zekâ tabanlı kişiselleştirilmiş öğrenme sistemleri gibi araçları nasıl seçeceklerini, uyarlayacaklarını ve sürekli iyileştireceklerini öğrenirler (Ayyıldız, Yılmaz & Baltacı, 2021; Tondeur & ark., 2012).

3. Analitik Düşünme ve Veri Okuryazarlığı:

Öğrenme mühendisliği yaklaşımı, öğretmenlerin veri okuryazarlığı becerilerini artırır. Fen eğitiminde, öğrencilerin gelişimlerini izlemek, güçlü ve zayıf yönlerini saptamak, öğrenme ortamının etkinliğini değerlendirmek için toplanan verilerin anlamlı bilgiye dönüştürülmesi gerekmektedir. Öğretmen adayları, veri analiz araçlarını, istatistiksel yöntemleri ve öğrenme analitiği araçlarını kullanarak, kendi öğretim uygulamalarını kanıta dayalı bir temelde yapılandırırlar (Baker & Siemens, 2014).

4. Süreç Odaklı Değerlendirmenin Benimsenmesi:

Öğretmen adaylarına, not vermeye odaklı geleneksel değerlendirme anlayışının ötesine geçerek, öğrencilerin öğrenme sürecine ilişkin derinlemesine bilgi elde edebilecekleri, çok yönlü ve esnek değerlendirme stratejileri kullanmaları gerektiği vurgulanır. Böylece, öğrenme mühendisliğinin temelini oluşturan sürekli iyileştirme ve geri bildirim döngüsü öğretmen yetiştirme programlarına entegre edilir (Dede, 2019).

5. Profesyonel Öğrenme Topluluklarının Oluşturulması:

Öğrenme mühendisliği uygulamaları, öğretmenlerin kendi meslektaşlarıyla işbirliği içerisinde çalışmasına, ortak hedefler belirlemesine ve mesleki öğrenme toplulukları oluşturarak etkileşimli mesleki gelişim imkânlarına kavuşmasına katkı sunar. Bu topluluklar, yenilikçi fen öğretim yaklaşımlarının yaygınlaştırılması ve sürekli iyileştirilmesi noktasında kritik önem taşır (Ayyıldız & Yılmaz, 2021; Koçak & Sarı, 2020).

Yapay Zekâ, Öğrenme Analitiği ve Öğrenme Mühendisliğinin Fen Eğitimine Entegrasyonu

Öğrenme mühendisliğinin fen eğitimine uygulanmasında yapay zekâ (YZ) teknolojileri giderek daha merkezi bir konum kazanmaktadır. YZ tabanlı sistemler, öğrencilerin öğrenme davranışlarını, yanıt örüntülerini, kavramsal hatalarını ve ilgi alanlarını analiz ederek, onlara özel öğrenme yolları sunmakta ve böylece fen öğretiminde kişiselleştirilmiş, esnek ve dinamik öğrenme ortamları oluşturmaktadır (OECD, 2021; Yılmaz, Uysal & Nacar, 2024). Ayrıca yapay zekâ destekli değerlendirme araçları, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini değerlendirirken, onların problem çözme yaklaşımlarını ve bilimsel muhakeme yeteneklerini detaylı bir şekilde inceleme imkânı sağlar. Örneğin, bir fen dersi ünitesinde öğrencilerin ışık konusunu anlamlandırma süreçleri ele alındığında, YZ destekli bir öğrenme platformu, öğrencilerin etkileşim sürelerini, verdiği yanıtların doğru-yanlış durumlarını, hatalı yanıt örüntülerini, sorulara verdikleri yanıt sürelerini ve hatta öğrenenlerin metin bazlı açıklamalardaki anahtar kavramları kullanma düzeyini analiz edebilir. Bu analiz sonucunda elde edilen veriler, öğretmene öğrencilerin hangi kavramlarda zorlandığını gösterir ve öğretim tasarımını yeniden yapılandırması için değerli bilgiler sunar (Siemens & Long, 2011; Yılmaz, Şahin-Atılğan & Güzel-Sekecek, 2024). Böylece, öğretmen fen konusunun işlenişinde simülasyonlar, deneysel etkinlikler, zenginleştirilmiş görseller ya da farklı problem setleri kullanarak öğrencilerin kavramı daha derin ve sağlam bir şekilde anlamasını destekleyebilir.

YZ tabanlı öğrenme analitiği sistemlerinin fen eğitiminde kullanımı, aynı zamanda öğretmen adaylarının mesleki gelişimi açısından da önemlidir. Öğretmen adayları, bu sistemleri kullanarak sınıf içi veri toplama ve analiz süreçlerini öğrenir, kendi pedagojik kararlarını kanıta dayalı olarak verebilir. Böylece, hizmet öncesi dönemde geliştirilen bu beceriler, meslek hayatlarına atıldıklarında öğretmenlerin daha esnek, duyarlı ve yenilikçi uygulamalar geliştirmesine katkı sağlar (Tondeur & ark., 2012).

Etik, Erişilebilirlik ve Uygulanabilirlik Açısından Değerlendirme

Öğrenme mühendisliğinin fen eğitime entegrasyonunda, etik ve erişilebilirlik konuları da büyük önem taşımaktadır. Özellikle yapay zekâ tabanlı uygulamalarda, öğrenci verilerinin gizliliği, veri güvenliği, algoritmik önyargılar, adil erişim ve fırsat eşitliği gibi konuların dikkatle ele alınması gerekmektedir (OECD, 2021). Öğrenme mühendisliği, sadece teknolojik araçların daha verimli kullanılmasını değil, aynı zamanda bu araçların etik bir çerçeve içinde değerlendirilmesini ve uygulanmasını da gerekli kılar. Bu açıdan bakıldığında, fen eğitimi için geliştirilen YZ tabanlı sistemlerin tasarımı ve uygulanması, çok paydaşlı bir süreç gerektirir. Eğitim yöneticileri, öğretmenler, teknolojiyi tasarlayan mühendisler, öğrenme bilimciler, etik uzmanları ve velilerin sürece dahil olması, ortaya çıkacak sistemlerin ve yöntemlerin uzun vadeli başarısı için kritik önem taşır (Sevgi, Ayyıldız & Yılmaz, 2023). Ayrıca, ülkeler ve bölgeler arasındaki teknolojik imkânlardaki farklılıklar da göz önüne alınmalıdır.

Okulların gelişmiş dijital altyapıya, yüksek hızlı internete veya yeterli donanımına sahip olmaması, öğrenme mühendisliği uygulamalarının yaygınlaştırılmasında engel yaratabilir. Bu durum, eğitim politikalarının planlanmasında, teknolojik yatırımların ve öğretmen eğitimlerinin sürekliliğinde önemli bir faktördür. Fen eğitimi alanında nitelikli öğrenme mühendisliği uygulamalarını yaygınlaştırmak için, kaynak planlaması, öğretmen desteği, donanım sağlanması ve sürekli profesyonel gelişim gibi alanlarda hedefli çabalara ihtiyaç vardır (MEB, 2018).

Fen Öğretmenlerinin Yapay Zekâ Tabanlı Öğrenme Ortamlarına Hazırlanması

Günümüzün giderek dijitalleşen eğitim ekosisteminde, fen eğitimi yalnızca kavramsal içerik aktarımı ile sınırlı bir alan olmaktan çıkarak, yapay zekâ (YZ) destekli öğrenme ortamlarının da odağı haline gelmektedir.

Fen öğretmenleri, öğrencilerinin disiplinler arası problem çözme, eleştirel düşünme, veri analiz etme ve bilimi günlük yaşam bağlamlarında yorumlama becerilerini geliştirmek için yeni teknolojileri pedagojik çerçevelerle bütünleştirmek durumundadır (Holmes, Bialik & Fadel, 2019). Bu noktada, YZ tabanlı öğrenme ortamları, özellikle fen öğretiminde deney, gözlem ve modelleme gibi süreçleri zenginleştirerek öğrenci katılımını ve derin öğrenme fırsatlarını artırmaktadır (OECD, 2021). Ancak böylesi bir dönüşüm, öğretmenlerin sahip olduğu bilgi, beceri ve eğitsel anlayışın da yeniden yapılandırılmasını gerektirir. Fen öğretmenleri, YZ tabanlı araçları yalnızca kullanabilen değil, bu araçların hangi bağlamlarda öğrenmeye değer katacağını seçebilen, teknolojik ve pedagojik bütünleştirmeyi gerçekleştirebilen, veri okuryazarlığı gelişmiş ve etik-ilkesel yönleri değerlendirebilen uzmanlar haline gelmelidir (UNESCO, 2019).

Fen öğretmenlerinin yapay zekâ tabanlı öğrenme ortamlarına hazırlanmaları için ihtiyaç duyulan pedagojik ve teknolojik altyapı, hizmet öncesi ve hizmet içi eğitim programlarına entegre edilebilecek stratejiler ve uygulamalar, veri odaklı öğretim pratikleri, etik ve erişilebilirlik kaygıları ve bu dönüşüm sürecini destekleyecek öğretmen topluluklarının önemi gün geçtikçe daha da artmaktadır.

YZ Tabanlı Öğrenme Ortamlarının Fen Eğitime Katkıları

YZ tabanlı öğrenme ortamları, fen eğitiminin temel hedeflerine ulaşmayı kolaylaştıran birçok olanak sunmaktadır. Öğrencilerin veri toplamaktan model geliştirmeye, hipotez test etmekten sanal deney tasarlamaya kadar uzanan geniş bir yelpazede aktif öğrenme deneyimleri yaşamalarına imkân tanır (Siemens & Long, 2011). Örneğin, artırılmış gerçeklik ve sanal laboratuvar yazılımları, öğrencilere geleneksel sınıf ortamlarında sunulması güç olan deneyimler sunarken, YZ destekli öğrenme analitiği araçları, öğrencilerin öğrenme süreçlerini takip ederek öğretmenlere anlık geri bildirim imkânı sağlar (Baker & Siemens, 2014).

Fen öğretmenleri açısından bakıldığında, bu tür teknolojiler, sınıf yönetimi ve içerik aktarımının ötesinde bir rol oynamalarına imkân tanır. Öğretmen, bir rehber, kolaylaştırıcı, veri analisti ve tasarımcı kimliğine bürünerek, öğrenenlerin ihtiyaçlarına duyarlı, uyarlanabilir ve esnek bir öğretim planı oluşturabilir (Dede, Richards & Saxberg, 2018).

Ancak tüm bu potansiyelin hayata geçirilmesi, öğretmenlerin YZ tabanlı platformlar, yapay zekâ algoritmaları, veri analitiği araçları ve kullanıcı dostu tasarım ilkeleri hakkında derinlemesine bilgiye sahip olmasını gerekli kılar (Holmes & ark., 2019).

Teknopedagojik Yeterliklerin Yeniden Tanımlanması

Fen öğretmenlerinin YZ tabanlı öğrenme ortamlarına etkili bir şekilde hazırlanmasında, teknolojik pedagojik içerik bilgisi (TPACK) çerçevesi önemli bir rehber sunmaktadır (Mishra & Koehler, 2006). TPACK çerçevesi, öğretmenlerin içerik bilgisini (fen konuları), pedagojik bilgisini (öğretme-öğrenme stratejileri, değerlendirme yöntemleri) ve teknolojik bilgisini (YZ araçları, veri analitiği yazılımları, simülasyon uygulamaları) bütüncül biçimde harmanlamasını öngörür. YZ'nin eğitime dâhil olmasıyla birlikte, TPACK çerçevesi yeni bir boyut kazanmakta, öğretmenlerin algoritmik düşünme, veri madenciliği temelleri, öğrenme analitiği ve etik veri kullanımı konularına da hâkim olması beklenmektedir (UNESCO, 2019). Fen öğretmenlerinin yapay zekâ tabanlı öğrenme ortamları için geliştirmesi gereken belli başlı yeterlikleri şu şekilde özetlemek mümkündür:

- 1. Algoritmik Düşünme ve Veri Okuryazarlığı:** Fen öğretmenleri, yapay zekâ sistemlerinin temel mantığını kavrayarak, öğrencilerin veri toplama, işleme, analiz etme ve yorumlama becerilerini destekleyebilmelidir (Holmes & ark., 2019). Bir fen deneyinde toplanan sensör verilerinin çözümü için YZ tabanlı analiz araçlarını kullanmak, öğretmenin veri odaklı kararlar almasına yardımcı olur.

2. **YZ Tabanlı Kaynakların Eleştirel Seçimi:** İlgili alanda çok sayıda YZ destekli eğitim teknolojisi bulunmaktadır. Öğretmenler, bu kaynaklar arasından pedagojik amaçlara hizmet eden, müfredata uygun, öğrenci ihtiyaçlarına cevap veren ve güvenilir içeriği olan araçları seçebilmek için eleştirel bir bakış açısına sahip olmalıdır (Tondeur & ark., 2012).
3. **Kişiselleştirilmiş Öğrenme Deneyimleri Tasarlama:** YZ, her öğrenci için uyarlanmış öğrenme yolları önerebilmektedir. Fen öğretmenleri, öğrencilerin ön bilgileri, öğrenme stilleri ve ilgi alanlarına göre farklılaştırılmış etkinlikler planlayarak, teknolojinin sunduğu esnekliği etkin biçimde kullanmalıdır (Tomlinson, 2014).
4. **Etik, Güvenlik ve Erişilebilirlik İlkelerini Gözetme:** Öğretmenler, öğrenci verilerinin gizliliği, algoritmik önyargılar, erişilebilirlik konuları ve etik ilkelere uygunluk gibi hususları göz önünde bulundurarak YZ tabanlı araçları kullanmalıdır (UNESCO, 2019; OECD, 2021). Böylece, her öğrencinin eşit ve adil bir öğrenme deneyimi yaşamasını güvence altına alırlar.

Hizmet Öncesi Öğretmen Eğitiminde YZ Odaklı Dönüşüm

Fen öğretmenlerinin YZ tabanlı öğrenme ortamlarına hazırlanmasında en kritik aşama, hizmet öncesi öğretmen eğitimi programlarının yapılandırılmasıdır.

Öğretmen adayları, üniversite eğitimleri süresince teknolojinin eğitime entegrasyonuna dair yalnızca yüzeysel bilgiler edinmek yerine, YZ'nin eğitimdeki rolünü derinlemesine tartışan, uygulamalı deneyimlere yer veren, multidisipliner projelerle desteklenen ve veri analitiği üzerine odaklanan programlarla karşılaşmalıdır (MEB, 2018; ISTE, 2019).

Yapay zekâ odaklı dönüşüm doğrultusunda hizmet öncesi eğitim programlarında şu adımlar atılabilir:

1. **Kuramsal ve Uygulamalı Dersler:** YZ tabanlı öğrenme ortamlarının temel prensiplerini, algoritma mantığını, makine öğrenimi yaklaşımlarını, öğrenme analitiği yöntemlerini ve etik ilkeleri içeren dersler müfredata eklenmelidir. Bu dersler hem kuramsal hem de uygulamalı etkinlikleri bir arada sunarak, öğretmen adaylarının edindikleri bilgiyi pratiğe geçirmelerine olanak tanınmalıdır (Dede & ark., 2018).
2. **Okul Deneyimi ve Staj Programları:** Öğretmen adayları, staj dönemlerinde YZ destekli sınıflara gözlemci veya uygulayıcı olarak katılmalıdır. Bu sayede, öğrenci verilerini yorumlama, öğrenme analitiği araçlarını kullanma, sanal laboratuvar etkinlikleri planlama ve geri bildirim mekanizmalarını işletme gibi becerileri gerçek sınıf ortamında deneyimleme fırsatı bulurlar (Holmes & ark., 2019).
3. **Disiplinler Arası İşbirlikleri:** Fen eğitimi programları, bilgisayar mühendisliği, veri bilimi, psikoloji, öğrenme bilimleri ve eğitim teknolojisi bölümleriyle işbirliği yaparak, öğretmen adaylarının farklı bakış açılarına maruz kalmasını sağlayabilir. Bu sayede, YZ odaklı öğrenme ortamlarının tasarımına ve değerlendirilmesine ilişkin çok boyutlu bir anlayış kazanılır (Fischer & ark., 2020).
4. **Proje Tabanlı Öğrenme Deneyimleri:** Öğretmen adayları, YZ destekli öğrenme araçları geliştirerek veya mevcut araçları fen içeriklerine uygun şekilde uyarlayarak, proje tabanlı etkinlikler içerisinde deneyim kazanabilir. Böylece, teknolojiyi sadece tüketen değil, aynı zamanda onu eğitim amaçları için yeniden kurgulayan ve düzenleyen bir yaklaşımla tanışır (Tondeur & ark., 2012).

Hizmet İçi Eğitim Programları ve Sürekli Mesleki Gelişim

Yalnızca hizmet öncesi dönem yeterli değildir; çünkü YZ teknolojileri hızla gelişmekte ve fen eğitiminde yeni uygulama alanları ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, fen öğretmenlerinin sürekli mesleki gelişim programları aracılığıyla bu dönüşüme ayak uydurmaları gereklidir (MEB, 2018). Hizmet içi eğitim programları, öğretmenlerin güncel teknolojik öğretim yaklaşımlarına (Yanarateş, 2021) aşina olmalarını, pedagojik stratejilerini revize etmelerini ve veri destekli karar alma becerilerini geliştirmelerini ve güçlendirmelerini hedeflemelidir. Hizmet içi eğitim programlarında aşağıdaki unsurlara yer verilebilir:

- 1. Atölye Çalışmaları ve Seminerler:** Öğretmenlere YZ destekli araçların tanıtılması, bu araçlarla fen konularının nasıl işlenebileceğine dair örnek ders planları ve etkinlikler sunulması, deneyimli meslektaşlarla fikir alışverişi yapılması sağlanabilir.
- 2. Mentorluk ve Öğretmen Toplulukları:** Deneyimli öğretmenler, teknoloji uzmanları ve akademisyenlerden oluşan mentorluk ağları, fen öğretmenlerinin YZ tabanlı öğrenme ortamları hakkındaki sorularına yanıt verebilir, uygulama sürecinde ortaya çıkan sorunları birlikte çözebilir. Ayrıca, çevrimiçi uzman öğretmen toplulukları (Professional Learning Communities) aracılığıyla öğretmenler bilgi ve deneyimlerini paylaşır, kaynak alışverişinde bulunur ve yeni yaklaşımları tartışır (Koçak & Sarı, 2020).
- 3. Sınıf İçi Uygulamaların İzlenmesi ve Geri Bildirim Mekanizmaları:** Hizmet içi programlar kapsamında öğretmenler, kendi sınıflarında gerçekleştirdikleri YZ destekli uygulamaları kaydedebilir, meslektaşları ve uzmanlarla birlikte gözden geçirebilir. Bu süreç, öğretmenlerin uygulamalarını sürekli iyileştirmelerine imkân tanır.

4. Veri Odaklı Karar Alma Becerilerinin Geliştirilmesi:

Öğretmenlere, öğrencilerden toplanan öğrenme verilerinin nasıl analiz edileceği, bu verilerden anlamlı bilgi nasıl üretileceği, öğrenci başarısını artırmak için hangi müdahalelerin işe yaradığı gibi konularda eğitim verilmelidir. Bu sayede, öğretmenler pedagojik kararlarını rastlantısal değil, kanıta dayalı bir çerçevede verirler (Baker & Siemens, 2014).

YZ Tabanlı Öğrenme Ortamlarında Etik ve Erişilebilirlik Konuları

Fen öğretmenlerini YZ tabanlı öğrenme ortamlarına hazırlarken, teknolojik kazanımların yanı sıra etik ve erişilebilirlik boyutlarına da odaklanılması gerekir. YZ destekli sistemler, öğrenci verilerini sürekli toplar, işler ve anlamlandırır. Bu süreçte veri gizliliğinin korunması, algoritmik önyargıların önüne geçilmesi, öğrencilerin farklı sosyoekonomik geçmişlerden gelmeleri nedeniyle oluşabilecek fırsat eşitsizliklerinin giderilmesi gibi konular göz ardı edilmemelidir (UNESCO, 2019).

Öğretmenler, YZ tabanlı araçların seçiminde ve kullanımında şu soruları kendilerine sormalıdır:

- Öğrenci verileri nasıl saklanıyor ve paylaşıyor? Veri güvenliği ilkelerine uygun mu?
- YZ aracı, belirli bir öğrenci grubu aleyhine sonuçlar doğuracak önyargılı algoritmalara sahip mi?
- Farklı dilsel, kültürel ve fiziksel gereksinimlere sahip öğrenciler için bu araç ne kadar erişilebilir ve uyarlanabilir?

Bu sorulara verilecek yanıtlar, öğretmenlerin araç seçiminde etik filtreler kullanmasını sağlar (OECD, 2021). Ayrıca, öğretmen eğitim programlarında etik tartışmalara yer verilmesi, öğretmenlerin sadece teknoloji kullanıcıları değil, aynı zamanda teknoloji etiğinin savunucuları olmalarını da teşvik eder.

Öğretmen Öğrenme Toplulukları ve Paylaşım Kültürü

Fen öğretmenlerinin YZ tabanlı öğrenme ortamlarına adapte olması, bireysel çabaların ötesine geçerek işbirliğine dayalı bir öğrenme kültürü gerektirir. Öğretmen öğrenme toplulukları, mesleki olarak benzer hedeflere sahip bireylerin deneyim, bilgi ve materyal paylaşımı yaparak sürekli gelişim sağlamalarına aracılık eder (Koçak & Sarı, 2020). Bu topluluklar, yüz yüze atölyeler, çevrimiçi forumlar, video konferanslar veya sosyal medya grupları aracılığıyla var olabilir. Topluluklar, öğretmenlerin teknolojiyi sadece takip etmelerini değil, aynı zamanda şekillendirmelerini de mümkün kılar. Örneğin, bir grup fen öğretmeni, belirli bir YZ tabanlı simülasyon aracının fen müfredatının belirli bir ünitesine nasıl entegre edileceğini tartışabilir, deneyimlerini paylaşabilir ve elde ettikleri öğrenci verilerine dayalı olarak bu entegrasyonu sürekli iyileştirebilir. Bu sayede, öğretmenler tek başlarına çözüm üretmek yerine, kolektif aklı devreye sokarak daha dayanıklı, esnek ve etkili öğretim stratejileri geliştirirler (Paavola, Lipponen & Hakkarainen, 2004).

Eğitim Politika Belgeleri ve Standartlar

Fen öğretmenlerinin YZ tabanlı öğrenme ortamlarına hazırlanmasında, ulusal eğitim politikaları ve uluslararası standartlar da önemli bir çerçeve sunmaktadır. Örneğin, Millî Eğitim Bakanlığı (MEB, 2018) fen bilimleri öğretim programları, öğrenci merkezli, araştırma-sorgulamaya dayalı, teknoloji destekli öğretim yaklaşımlarını teşvik eder. UNESCO (2019) ve OECD (2021) gibi uluslararası kuruluşlar ise eğitimde yapay zekâ kullanımını yönlendiren ilkeler ortaya koyar, öğretmen yeterliklerinin yeniden tanımlanmasında rehberlik eder.

Fen öğretmenlerinin mesleki gelişimini teşvik eden bu politika belgeleri, öğretmen eğitim programlarını ve mesleki gelişim faaliyetlerini yapılandırırken dikkate alınabilir. Bu yaklaşımla, öğretmenler yalnızca sınıf düzeyinde değil, eğitim sisteminin bütününde bir dönüşümün parçası olduklarını hisseder, kendi rollerini daha iyi tanımlarlar.

Sonuç

Öğrenme mühendisliği, fen eğitimi alanında büyük bir potansiyel barındırmaktadır. Bu yaklaşım, fen öğrenme süreçlerinin daha etkin, anlamlı, kişiselleştirilmiş ve veri temelli hale getirilmesine katkı sunar. Fen eğitimi, sadece konu alanı bilgisi aktarımından ibaret olmadığı için, bilimsel süreç becerilerinin, eleştirel düşünmenin, yaratıcılığın ve problem çözme yeteneklerinin geliştirilmesi büyük önem taşır. Öğrenme mühendisliği, bu becerileri kazandıracak ortamları tasarlarlarken, mühendislik yaklaşımları ile öğrenme bilimlerini harmanlayarak, öğrenme deneyimini sürekli iyileştiren, geri bildirimle açık, esnek ve yenilikçi bir çerçeve sunar. Öğretmen yetiştirme süreçleri de bu dönüşümden yararlanır. Öğretmen adayları, öğrenme mühendisliği ilkelerini benimseyerek, öğretim tasarımı, teknoloji entegrasyonu, veri analizi, değerlendirme stratejileri ve sürekli iyileştirme odaklı bir eğitim anlayışı geliştirirler (Sevgi & Yılmaz, 2023). Özellikle yapay zekâ ve öğrenme analitiği tabanlı araçlar, fen öğretmenlerine öğrencilerin bilimsel kavramları kavrama süreçlerine dair daha derinlemesine bir bakış sağlar. Bu da öğretmenlerin fen öğrenme-öğretme süreçlerini kanıta dayalı kararlar kapsamında şekillendirmesine ve öğrencilerin ihtiyaçlarına uygun olarak duyarlı ve uyarlanabilir öğretim ortamları oluşturmalarına imkân tanır.

Öğrenme mühendisliği kavramının fen eğitimi bağlamında incelenmesi, geleceğin eğitim ekosisteminde fen öğretiminin yeniden yapılandırılması konusunda önemli içgörüler sunmaktadır (Yılmaz, 2021a, 2021b; Yılmaz, 2023; Yılmaz, 2024). Bu yaklaşım, fen eğitimi ve öğretmen yetiştirme programlarını iyileştirme, yapay zekâ destekli yenilikçi çözümlerin uygulanabilirliğini artırma ve etik-ilkesel çerçevede sürdürülebilir öğrenme ekosistemleri inşa etme bakımından etkin bir araç konumundadır. Fen eğitiminin doğasında var olan merak, sorgulama, araştırma ve yaratıcı problem çözme gibi değerlere uygun bir öğrenme ortamının inşası, öğrenme mühendisliği prensipleriyle mümkün olan sistematik, sürekli iyileştirme odaklı ve kanıta dayalı bir yaklaşım aracılığıyla yeni bir boyut kazanmaktadır.

Fen öğretmenlerinin yapay zekâ tabanlı öğrenme ortamlarına hazırlanması, eğitim ekosisteminde yaşanan hızlı dönüşüme yanıt vermek için kritik bir gerekliliktir. YZ teknolojileri, fen eğitiminde zengin öğrenme deneyimleri, veri odaklı karar verme imkânları, kişiselleştirilmiş içerikler ve eş zamanlı geri bildirim mekanizmaları getirirken, öğretmenlerin de bu teknolojileri etkin ve etik bir şekilde kullanacak becerilerle donatılmasını şart koşar. Hizmet öncesi dönemde öğretmen adaylarına sunulan çok disiplinli, proje tabanlı ve uygulama ağırlıklı programlar; hizmet içi dönemde ise sürekli mesleki gelişim fırsatları, mentorluk ağları, öğretmen toplulukları ve veri odaklı karar alma becerileri bu dönüşümün temel yapı taşlarını oluşturur. Ayrıca, YZ araçlarının seçiminde etik, veri güvenliği ve erişilebilirlik standartlarının gözetilmesi, sürdürülebilir ve adil bir eğitim ekosistemi yaratmak için kaçınılmazdır.

Sonuç olarak, fen öğretmenlerinin YZ tabanlı öğrenme ortamlarına hazırlanması, yalnızca teknolojiyi etkin kullanma becerisinden ibaret değildir. Bu süreç, aynı zamanda yeni bir eğitim vizyonu, kanıta dayalı düşünme tarzı, işbirlikçi öğrenme kültürü ve etik ilkelere sadık bir uygulama anlayışıyla şekillenir. Böylece, fen eğitimi, hızla gelişen teknoloji dünyasında öğrencilerin bilimsel kavrayışlarını derinleştiren, onların yaratıcılıklarını destekleyen ve onları geleceğin bilinmez sorunlarına hazırlayan dinamik bir öğrenme ekosistemine dönüşür.

Gelecek Araştırmalar İçin Öneriler

Fen eğitimi, yapay zekâ (YZ) ve öğrenme mühendisliği kesişiminde süregelen dönüşüm, kuramsal ve uygulamalı düzeyde yeni araştırma alanlarının ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Bundan sonraki araştırmalar, mevcut uygulamaları daha derinlemesine analiz ederek, etkili stratejiler geliştirmek ve politika yapıcılara, öğretmen yetiştiricilerine, öğretmenlere ve eğitim teknolojisi tasarımcılarına yol göstermek açısından kritik bir rol oynayacaktır (Dede, Richards & Saxberg, 2018; UNESCO, 2019). Aşağıda, gelecek araştırmalar için önerilen bazı odak alanları sunulmaktadır:

- 1. Büyük Ölçekli Analizler ve Karşılaştırmalı Çalışmalar:**
YZ tabanlı öğrenme ortamlarının fen eğitimi süreçlerine entegrasyonunun etkilerini, farklı sosyoekonomik koşullara, kültürel bağlamlara ve eğitim politikalarına sahip ülkelerde karşılaştırmalı olarak ele alan çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu tür araştırmalar, öğrenme mühendisliği yaklaşımlarının evrensel ilkelerini ve yerel uyarlama gereksinimlerini belirlemeye katkı sağlayabilir (OECD, 2021).
- 2. Öğretmen Yeterliklerinin Dönemsel İzlenimi ve Gelişimi:**
Hizmet öncesi dönemde fen öğretmenlerinin YZ tabanlı eğitim teknolojilerini kullanma becerilerini ve anlayışlarını şekillendiren süreçlerin uzun vadeli etkilerini izlemek önemlidir. Bu çalışmalar, öğretmenin meslek hayatı boyunca YZ destekli öğrenme ortamlarına ilişkin meslekî yeterliğini değiştirme konusunda ve meslekî gelişim faaliyetlerinin sürdürülebilir olmasında yardımcı olabilir (Tondeur, van Braak, Voogt, Fisser, & Ottenbreit-Leftwich, 2012).
- 3. Öğrenme Analitiği ve Kişiselleştirilmiş Deneyim Etkileri:**
Gelecek araştırmalar, YZ tabanlı öğrenme analitiği araçlarının fen derslerindeki öğrenme çıktıları üzerindeki etkisini nicel ve nitel boyutlarıyla incelemelidir. Özellikle öğrenme stillerini, motivasyon kaynaklarını ve ön bilgi düzeylerini dikkate alarak kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimlerinin akademik başarıya, derin anlama düzeyine ve bilimsel süreç becerilerine olan katkıları incelenmelidir (Baker & Siemens, 2014).
- 4. Etik, Veri Güvenliği ve Erişilebilirlik Araştırmaları:**
Gelecek çalışmaların, fen eğitimi bağlamında YZ tabanlı araçların kullanımında veri gizliliği, algoritmik önyargılar, adil erişim ve fırsat eşitliği gibi konuları merkezine alması gereklidir. Bu araştırmalar, öğretmenlere, eğitim teknolojisi tasarımcılarına ve yöneticilere yol göstererek, YZ'nin etik ilkelere uygun ve kapsayıcı bir şekilde uygulanmasını teşvik edebilir (UNESCO, 2019).

5. Yenilikçi Öğretim Tasarımlarının Geliştirilmesi ve Test Edilmesi:

Öğrenme mühendisliği ilkelerini rehber olarak geliştirilecek yeni öğretim tasarımlarının, fen sınıflarında sanal laboratuvarlar, simülasyonlar, yapay zekâ destekli senaryo tabanlı öğrenme gibi uygulamalarla desteklenmesi önemlidir. Bu tasarımların deneysel veya yarı-deneysel araştırma desenleriyle test edilmesi, hangi pedagojik stratejilerin öğrencilerde kalıcı ve derin öğrenme sağladığını anlamaya yardımcı olacaktır (Fischer, Hmelo-Silver, Goldman, & Reimann, 2020).

6. Öğretmen Toplulukları ve İşbirlikçi Öğrenme Kültürü Üzerine Araştırmalar:

YZ tabanlı öğrenme ortamlarının benimsenmesinde, öğretmenlerin oluşturduğu mesleki öğrenme topluluklarının ve ağlarının rolü daha fazla araştırılmalıdır. Bu çalışmalar, öğretmenlerin bilgi paylaşımı, birlikte çözüm üretme ve yenilikçi uygulamaları benimseme süreçlerini inceleyerek, mesleki gelişim modellerinin iyileştirilmesine katkıda bulunabilir (Koçak & Sarı, 2020).

7. Politika ve Uygulama Arasında Köprü Kurma:

Son olarak, eğitim politikaları ile sınıf içi uygulamalar arasındaki etkileşimin daha net anlaşılmasına yönelik araştırmalar, YZ tabanlı öğrenme mühendisliği yaklaşımlarının ölçeklendirilmesi ve sistemik değişimin desteklenmesi bakımından değer taşır. Bu tür çalışmalar, ulusal müfredat çerçevelerinin, hizmet öncesi ve hizmet içi eğitim politikalarının, finansman modellerinin ve yönetim mekanizmalarının nasıl yeniden yapılandırılabileceğine dair kanıta dayalı öneriler sunabilir (MEB, 2018).

Kaynakça

Ayyıldız, P., & Yılmaz, A. (2021). Putting things in perspective: The COVID-19 pandemic period, distance education and beyond. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(6), 1631-1650. <https://doi.org/10.18506/anemon.946037>

Ayyıldız, P., Yılmaz, A., & Baltacı, H.S. (2021). Exploring digital literacy levels and technology integration competence of Turkish academics. *International Journal of Educational Methodology*, 7(1), 15-31. <https://doi.org/10.12973/ijem.7.1.15>

Baker, R. S. J. d., & Siemens, G. (2014). Educational data mining and learning analytics. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (2nd ed., pp. 253–272). Cambridge University Press.

Dede, C. (2019). The 60-year curriculum: New models for lifelong learning in the digital economy. In C. Dede, J. Richards, & B. Saxberg (Eds.), *Education at Scale: Engineering Online Teaching and Learning* (pp. 17–29). New York: Routledge.

Dede, C., Richards, J., & Saxberg, B. (Eds.). (2018). *Learning Engineering for Online Education: Theoretical Contexts and Design-Based Examples*. New York: Routledge.

Fischer, F., Hmelo-Silver, C. E., Goldman, S. R., & Reimann, P. (Eds.). (2020). *International Handbook of the Learning Sciences*. New York: Routledge.

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*. Center for Curriculum Redesign.

ISTE. (2019). *ISTE Standards for Educators*. International Society for Technology in Education.

Kaldırım, A., & Meydan, A. (2020). Fen bilimleri öğretmen adaylarının öğretmenlik mesleğine yönelik algılarının analizi. *Journal of Turkish Science Education*, 17(3), 372–390.

Koçak, A., & Sarı, U. (2020). Fen öğretmenlerinin STEM eğitimine yönelik görüşleri. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(3), 1263–1285.

Lockyer, L., Bennett, S., Agostinho, S., & Harper, B. (2013). *Handbook of Design in Educational Technology*. NY: Routledge.

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018). *Ortaöğretim Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı*. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.

National Research Council [NRC]. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. The National Academies Press.

OECD. (2021). *AI and the Future of Skills, Volume 1: Capabilities and Assessments*. OECD Publishing.

Paavola, S., Lipponen, L., & Hakkarainen, K. (2004). Models of innovative knowledge communities and three metaphors of learning. *Review of Educational Research*, 74(4), 557–576.

Sevgi, M., Ayyıldız, P., & Yılmaz, A. (2023). Eğitim bilimleri alanında yapay zekâ uygulamaları ve uygulamaların alana yansımaları. Ö. Baltacı (Ed.). *Eğitim Bilimleri Araştırmaları-IV içinde* (ss.1-18). Gaziantep: Özgür Yayınları.

Sevgi, M., & Yılmaz, A. (2023). Yükseköğretimde dijital dönüşüm ve metaverse. Y. Doğan ve N. Şen Ersoy (Edts.). *Eğitimde Metaverse Kuram ve Uygulamalar içinde* (ss.71-86). İstanbul: Efe Akademi Yayınları.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.

Siemens, G., & Long, P. (2011). Penetrating the fog: Analytics in learning and education. *EDUCAUSE Review*, 46(5), 30–32.

Tomlinson, C. A. (2014). *The Differentiated Classroom: Responding to the Needs of All Learners* (2nd ed.). ASCD.

Tondeur, J., van Braak, J., Voogt, J., Fisser, P., & Ottenbreit-Leftwich, A. (2012). Technology integration in teacher education: Developmental stages and recommendations for practice. *Journal of Research on Technology in Education*, 45(1), 1–17.

UNESCO. (2019). *Artificial Intelligence in Education: Challenges and Opportunities for Sustainable Development*. UNESCO Publishing.

Yanarateş, E. (2021). Fen bilimleri öğretimi ve teknoloji kullanımında güncel yaklaşımlar. T. Talan (Ed.), *Eğitimde dijitalleşme ve yeni yaklaşımlar içinde* (s. 59-104), İstanbul: Efe Akademi Yayınları.

Yanarateş, E. (2022). Kavram Ağları (Semantik Ağ). A. Kızılkaya Namlı (Ed.), *Eğitimin Kavramsal Temelleri 5 içinde* (s. 367-380), İstanbul: Efe Akademi Yayınları.

Yılmaz, A. (2021a). The effect of technology integration in education on prospective teachers' critical and creative thinking, multidimensional 21st century skills and academic achievements. *Participatory Educational Research*, 8(2), 163-199. <https://doi.org/10.17275/per.21.35.8.2>

Yılmaz, A. (2021b). Fen bilimleri eğitimi kapsamında uzaktan eğitimde kalite standartları ve paydaş görüşleri. *Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 42, 26-50. <https://doi.org/10.33418/ataunikkefd.850063>

Yılmaz, A. (2023). Fen bilimleri eğitiminde dijital uygulamalar, yapay zekâ ve akıllı yazılımlar: Tehditler ve fırsatlar. A. Akpınar (Ed.). *Matematik ve Fen Bilimleri Üzerine Araştırmalar-II içinde* (ss.1-20). Gaziantep: Özgür Yayınları.

Yılmaz, A. (2024). Enhancing the Professional Skills Development Project (MESGEP): An Attempt to Facilitate Ecological Awareness. *Participatory Educational Research*, 11(1), 16-31. <https://doi.org/10.17275/per.24.2.11.1>

Yılmaz, A., Gülgün, C., Çetinkaya, M., & Doğanay, K. (2018). Initiatives and new trends towards STEM education in Turkey. *Journal of Education and Training Studies*, 6(11a), 1-10.

Yılmaz, A., & Salman, M. (2022). Investigation of the Relationship Between Pre-service Teachers' Critical Thinking Dispositions and Attitudes Towards Socioscientific Issues. *E-Uluslararası Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 13(1), 203-219. <https://doi.org/10.19160/e-ijer.1054393>

Yılmaz, A., Şahin-Atılğan, K., & Güzel-Sekecek, G. (2024). Sürdürülebilir kalkınma ve eğitim. M. Korucuk (Ed.). *Eğitimin Temellerine Bakış: Program Geliştirme-Yeni Yaklaşımlar içinde* (ss.225-236). İstanbul: Efe Akademi Yayıncılık.

Yılmaz, A., Uysal, G., & Nacar, M. (2024). Düşünme becerilerine (yaratıcı, yansıtıcı, eleştirel ve problem çözme) bakış. M. Korucuk (Ed.). *Eğitimin Temellerine Bakış: Program Geliştirme-Yeni Yaklaşımlar içinde* (ss.165-180). İstanbul: Efe Akademi Yayıncılık.

BÖLÜM IV

Eğitimde Model Kullanımı

Bilge ÖZTÜRK¹
Betül KÜÇÜK DEMİR²

Giriş

Son yıllarda eğitim-öğretim sürecinde üzerinde durulan en önemli hususlardan biri, öğrencilerin öğrenme gereksinimlerinin nasıl karşılanacağıdır. Bu kapsamda eğitimciler öğrencilerin öğrenme gereksinimlerini cevaplayabilmek adına bir taraftan çeşitli öğrenme ortamları oluştururken bir taraftan da bu öğrenme ortamlarında hayata geçirilebilecek olan öğrenme araç-gereçlerini düzenlemektedirler. Öğrenme araç-gereçleri ile ilgili bir değerlendirme yapıldığında ilk akla gelen araç-gereçlerden biri hiç şüphesiz modellerdir. Eğitimde model kullanımı öğrenme deneyimlerini zenginleştirmek ve kavramları etkin bir biçimde yapılandırmak için önemli bir misyon yüklenmektedir.

¹ Doç. Dr., Bayburt Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Bayburt/Türkiye, Orcid: 0000-0003-1788-9208, bilgeozturk25@gmail.com

² Doç. Dr., Bayburt Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Bayburt/Türkiye, Orcid: 0000-0002-6752-6803, gardenyabetul@gmail.com

Modeller karmaşık konu ve kavramları görselleştirmeye ve bununla birlikte soyut kavramları somutlaştırarak kavramların daha anlamlı ve kalıcı öğrenilmesine yardımcı olmaktadır. Öğrencilerin hedeflenen öğrenme çıktılarına daha kolay ve hızlıca ulaşmalarını sağlayan model kullanımı, eğitim-öğretim sürecinde etkili bir öğrenme ortamı oluşturmaya olanak sağlar ve böylelikle başarıya ulaşmayı ivmelendirir. Dahası günümüzde özellikle gelişmiş toplumlar hayata hazırladıkları bireylerin 21. yüzyıl ve bilimsel düşünme becerilerine, bilim insanlarının kullandıkları metotları takip edebilme yeterliğine sahip olmalarını beklemektedir. Bilindiği gibi bilim insanlarının evrensel anlamda gerçekliği kabul edilmiş olgular üzerine değil, bilinmeyen olgularla ilgilenmeleri ve bu olguların sebeplerini anlama gayreti içerisinde oldukları vurgulanmaktadır. Bilim insanlarının bu gayretlerine yön veren en güçlü araçlardan birinin modeller olduğu kabul edilmektedir. Modellerin doğası ve eğitim-öğretim sürecindeki önemi üzerine odaklanılan bu bölümde; modellerin farklı açılardan tanımlarına, eğitimde kullanım amaçlarına, yararlarına, sınıflandırılmasına ve model örneklerine, model kullanımında dikkat edilmesi gereken hususlara yer verilmeye çalışılmıştır.

Model nedir?

Bilimde ve eğitimde yaygın olarak kullanılan modeller; bireylerin yaratıcılık becerilerini geliştirmesi, yeni bilimsel çıktıların üretilmesi ve bilimsel yöneme farklı açılardan katkılar sağlaması bakımından önemli bir bileşendir. Ancak modellerin kullanımına ilişkin bazı farklı görüşlerin varlığı dikkat çekmektedir. Örneğin; bazı araştırmacılar modellerin çevremizde yaşanan olayların hayali gösterimi ve buna bağlı olarak yapay olmaları nedeniyle zihnin dikkatini dağıtma meyilinde olduğunu, olayları ilgisiz ve önemsiz bir şekilde tanıdık hale getirerek açıklamaya çalıştığını dile getirerek model kullanımının gereksiz olduğunu ve buna karşı olduklarını ifade etmektedirler. Diğer taraftan modellerin bilimin dili olduğunu, modeller olmaksızın bilimsel iletişim dilinin aksayacağını dahası bilim yapılamayacağını, eğitimde öğrenmeye ve öğretmeye yardımcı olan araçlar olduğu vurgulanmaktadır (Gödek, 2013).

Modeller bilimin açıklanmasında, aşağıda görüldüğü üzere beş çeşit açıklama sağlamaktadırlar. Bu açıklamalar;

- Amaçlı açıklamalar,
- Betimleyici açıklamalar,
- Yorumlayıcı açıklamalar,
- Nedensel açıklamalar,
- Kestirimsel açıklamalardır.

Temsil ettiği hedefin özelliklerine göre modelin yapılandırılması aşamasında bu açıklamalardan içeriğe uygun olan kullanılır ve model bu doğrultuda kullanıcıya bir açıklama sunar.

Farklı bağlamlarda farklı anlamlar taşıyan model kavramı çok genel ifadeyle, karmaşık görünen durum ve olayların bireyler tarafından anlaşılabilirliğini kolaylaştırmak amacıyla, gerçek bir sistemin temsili olan zihinsel ve bilimsel etkinliklerdir (Çökelez, 2009). Modeller temel olarak analiz etme, anlama ve görselleştirme amacıyla eğitim-öğretim süreçlerinde sıklıkla kullanılan soyut temsil ve örneklerdir. İlgili literatür incelendiğinde modeller ile ilgili birçok farklı tanımın yapıldığı görülmektedir. Bu tanımlardan bazılarına aşağıda yer verilmiştir:

- Modeller; bireylerin zihinsel bileşenlerle irdeleyip, sorguladıkları ve yapılandırdıkları zihinsel yapılarıdır (Johnson-Laird, 1983).
- Modeller; herhangi bir sistemin çalışma ilkelerini kavramaya, gerçek olayların, nesnelerin veya olayların ve nesnelerin sınıflandırılmasına yardımcı olan, karmaşık süreçleri ve olayları açıklamaya yarayan basitleştirilmiş temsillerdir (Harman, 2016; National Research Council [NRC], 1996; Wang & ark., 2014).
- Modeller; bilimsel teorilerin ve ilkelerin açıklanmasında ve soyut kavramların somutlaştırılmasında sıklıkla kullanılan karşılaştırma ve tahmin araçları olup, dünyanın nasıl işlediğini gösteren yapılardır (Minashlı, 2009).

- Modeller; bir nesnenin nasıl yapıldığını veya bir sürecin nasıl oluştuğunu idrak etmemizde bizlere yardımcı olan, çıplak gözle görülemeyenleri bir teleskop veya mikroskopta olduğu gibi anlaşılır ve görünür hale getiren, bilinenden bilinmeyene doğru bir sıçrama taşı, bir köprü olarak değerlendirilen yardımcı materyallerdir (Günbatır & Sarı, 2005; Harrison, 2001).
- Modeller; soyut kavramları somutlaştırmayı, karmaşık olguları basitleştirmeyi, gözle görülemeyenleri görünür kılmayı ve sonuç olarak öğrencilerin yeni öğrendikleri bilgileri daha önce öğrendikleriyle bağdaştırmalarını sağlamayı amaç edinen araçlardır (Hestenes, 1996; Kara, 2023).
- Modeller; bir konunun anlaşılması veya anlaşılır ve açık hale getirilmesi amacıyla yapılan işlemler neticesinde ortaya çıkan ürünlerdir (Güneş & Çeliker, 2010).

Tanımlar dikkate alındığında, özellikle soyut ve karmaşık konu, süreç ve kavramların daha kolay öğrenilmesine, algılanmasına ve bunların bireyin zihninde canlandırılmasına fırsat tanıdığından dolayı, modellerin öğrenme sürecinde kullanılmasının önemli ve gerekli olduğu gerçeği anlaşılmaktadır (Harrison, 2001; Öztürk, 2021). Bu önem ve gereklilikten hareketle modellerin öğrenme-öğretme sürecinde kullanılmasının sağladığı yararları;

- Öğrencilerin konuya odaklanma ve kalıcı öğrenme gibi yetkinliklerine imkân verir.
- Öğrencilerin soyut ve bazen de anlaşılması zor olan somut kavramları daha kolay yapılandırmalarına ve kavramsal anlamının gerçekleşmesine fırsat tanır.
- Analiz, sentez ve değerlendirme gibi bilişsel alanın üst düzeyindeki becerilerin gelişmesine katkı sağlar.
- Öğrencilere yaparak-yaşayarak öğrenme imkânı sağlayarak, onların karşılaştırma ve problem çözme becerilerini geliştirir.

- Öğrencilerin derse motivasyonlarını ve ilgilerini artırır.
- Öğrenilenlerin pekiştirilmesini sağlar.
- Analitik, eleştirel ve yaratıcı düşünme gibi becerilerin gelişmesine katkı sağlar.
- Akademik başarıyı ivmelendirir.
- Teorilerin daha iyi öngörülmesini ve gelişimini sağlar.
- Uygulama (deney, gözlem) ve teori arasındaki bağlantının kurulmasını sağlar.
- Öğrenme süresinin kısılmasını sağlar.
- Öğrencilerin sezgilerini ve hayal gücünü geliştirir.

şeklinde özetlemek mümkündür (Develaki, 2017; Gödek; 2013; Kimberlin & Yeziarski, 2016; Okumuş, Özdilek & Doymuş, 2022; Öztürk, 2021; Yanarateş, 2021).

Diğer taraftan modellerle ilgili literatür incelemesinde ortak bir model tanımının yapılamaması ve oldukça farklı tanımların mevcut olması, modellerin ortak özelliklerinin belirlenmesinin ve bilinmesinin daha yararlı ve açıklayıcı olacağını düşündürmektedir. Bu doğrultuda aşağıda modellerin ortak özellikleri maddeler halinde ele alınmaya çalışılmıştır (Minaslı, 2009; Gödek, 2013):

- Model ile modelin temsil ettiği hedef ya da hedefler arasında sürekli bir ilişki vardır. Bir olgu, süreç, sistem ya da nesne hedef özelliği taşıyabilmektedir.
- Model hedefle uyumlu, hedefle örtüşen benzetmelere dayanır. Bu sebeple model üzerinde çalışan kişi çalışması süresince yeni önermeler öğretebilir.
- Model ile hedef arasındaki ayrılan ve ortak noktalar modelin temsillerini tahmin edebilmeye olanak sağlar.

- Model hedefini yüzde yüz temsil etmez, hedef ile model arasında belirgin farklılıklar vardır. Model, hedefin ayrıntılarından arındırılarak oluşturulur.
- Model ile temsili olduğu hedef arasında doğrudan bir etkileşim bulunmamaktadır.
- Modeller etkileşimli süreçler sonucunda gelişir ve yapılan yeni çalışmalarla revize edilebilir.
- Model, doğrudan yollarla gözlenmesi ve ölçülmesi mümkün olmayan hedeflere ilişkin bilgi toplamak amacıyla başvuru alan araştırma araçlarıdır.

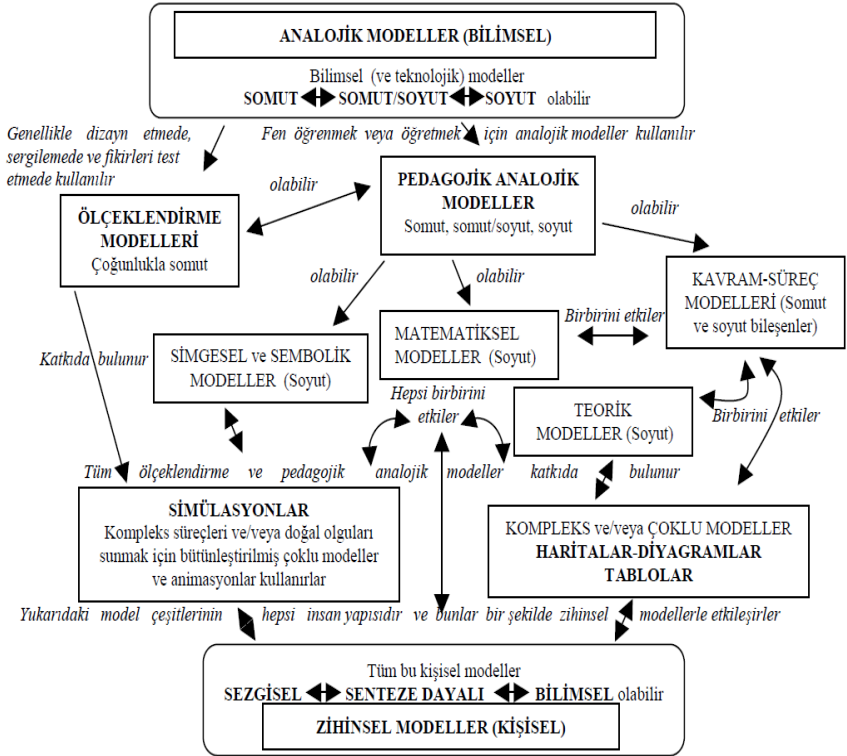
Modellerin Sınıflandırılması

Literatür değerlendirildiğinde modellerin çok farklı şekillerde sınıflandırıldığı dikkat çekmektedir (Ergün, 2013; Gilbert, Boulter & Rutherford, 1998; Güneş, Gülçiçek & Bağcı, 2004; Harrison & Treagust, 2000; Koçak, 2006; Minaslı, 2009; Ünal, 2005). Bunlardan bazıları şu şekildedir:

- Zihinsel modeller, ifade edilen modeller, ulaşılan-mutabık kalınan modeller, öğretim modelleri (Gilbert & ark., 1998)
- İşlevleri bakımından modeller (tanımlayıcı-açıklayıcı-betimleyici modeller), görünüş bakımından modeller (soyut-somut modeller), bilimsel-bilimsel olmayan modeller (Güneş & ark., 2004)
- Bilimsel ve öğretim modelleri (ölçek modelleri, pedagojik-analojik modeller), çoklu kavramları ve süreçleri gösteren modeller (haritalar, diyagramlar ve tablolar, matematiksel modeller, teorik modeller, simülasyonlar), kavramsal bilgiyi oluşturan pedagojik-analojik modeller (simgesel veya sembolik modeller), gerçek, teori ve süreçle ilgili bireysel modeller (zihinsel modeller, senteze dayalı modeller) (Harrison & Treagust, 2000).

- Yapılarına ve hizmet alanlarına göre modeller; soyut modeller, tam modeller, büyütülmüş ve küçültülmüş modeller, kesitli modeller, sökülebilir modeller, çalışır modeller, uydurma modeller (Koçak, 2006; Minaslı, 2009)

Temel olarak öğretim sırasında başvuru alan modelleri Harrison ve Treagust (2000) tarafından ifade edildiği gibi detaylandırmak mümkündür. Adı geçen araştırmacıların, modellerin sınıflandırılmasına ilişkin oluşturdukları kavram haritasına Şekil 1’de görülmektedir. Şekil 1’de bilimsel modeller bir bütün şeklinde sunulmuştur.



Şekil 1: Bilimsel modellerin sınıflandırılmasına ilişkin kavram haritası (Harrison & Treagust, 2000)

Modellerin sınıflandırılmasına ilişkin farklı içeriklere yer verildikten sonra bu kısımda öğretim modelleri detaylı şekilde ele alınmaya çalışılmıştır.

Öğretim Modelleri

1. Bilimsel ve Öğretim Modelleri

Bilimsel ve öğretim modelleri, açık modeller başlığı altında ele alınan *gerçek olayları göstermek için tasarlanan somut ve somut-soyut modeller* olarak da ele alınmaktadır. Bu model türleri; *ölçek modelleri* ve *pedagojik-analojik modeller* olarak iki başlık altında incelenmektedir.

1.1. Ölçek Modelleri

Ölçek modellerinde, modelin kaynağı hedef objedir ve bu model türü hedef objenin dış yapısını betimlemek için kullanılmaktadır (Gödek, 2013; Okumuş, 2017). Nesnelerin (hedef objelerin) dış yapısını betimlemek amacıyla tasarlandıklarından dolayı, ölçek modelleri ilgili nesnelerin dış yapısını ayrıntılı yansıtabilecek şekilde oluşturulur. Ancak bazen nadiren de olsa nesnelerin iç yapısı, işlevi veya kullanımına ilişkin içeriği içerebilir. Ölçek modelleri hedef objeden hada büyük ya da daha küçük oranlarda oluşturulabilir. Örneğin; hücre gibi gözle görülemeyecek kadar küçük yapıları ve yine gözle bir bütün olarak görülemeyen güneş sistemi gibi büyük yapıları açıklamakta ölçek modellerinden yararlanılır. Tribün modelleri, mimari modeller, arabaların, binaların, hayvanların ölçeklendirilmiş modelleri, insan vücudu modelleri, göz ve kulak modelleri ölçek modellerine örnek olarak gösterilebilir.

1.2. Pedagojik-Analojik Modeller

Bu modeller hedef bilgi paylaşıldığından yani hedef ile model arasında bilgi paylaşımı yapılmasından dolayı analojik (Glynn, 1991), soyut kavramların öğretmenler tarafından öğrencilere açıklanması için kullanıldıklarından dolayı pedagojik olarak isimlendirilmektedir (Minaslı, 2009).

Pedagojik analogik modeller genellikle mikro boyuttaki olayları ya da varlıkları açıklamak ve bunların öğrencilerin zihninde yerleşmesini kolaylaştırmak amacıyla kullanılmaktadır (Çavdar, 2016). DNA'nın sarmal bir ipe benzetilmesi, moleküllerin yapısının top ve çubuk modelleri ile temsil edilmesi pedagojik-analogik modellere örnek olarak gösterilebilir.

2. Çoklu Kavramları ve Süreçleri Gösteren Modeller

Çoklu kavramları ve süreçleri gösteren modeller; *haritalar, diyagramlar ve tablolar, matematiksel modeller, teorik modeller* ve simülasyonlar olarak sınıflandırılmaktadır.

Haritalar, Diyagramlar ve Tablolar

Bu modeller görsel olarak algılanabilen süreçleri, durumları ve ilişkileri temsil edecek şekilde oluşturulduğundan öğrencilerin görme duyusuna hitap eder (Okumuş, 2017). Hayal edilen ilişkileri, örnekleri ve yolları temsil eden bu modeller zengin içeriğe sahiptir, iki boyutludur ve basit yapıdadırlar. Bu yönüyle öğrenciler tarafından kolaylıkla oluşturulabilme özelliğine sahip olduklarını söylemek mümkündür. Devre şemaları, periyodik tablo, haritalar, besin zinciri gösterimleri, matematikte venn diyagramı, sinir sistemi ve soy ağacı harita, diyagram ve tablolara örnek olarak gösterilebilir.

Matematiksel Modeller

Kimyasal ve fiziksel özellikleri, kavramlar arasındaki ilişkileri, süreçleri ortaya koyan ve matematiksel eşitlikler veya grafiklerle temsil eden modellerdir (Gödek, 2013; Güneş & ark., 2004). Tüm model türleri içinde en fazla tahmin yapılabilen, en soyut ve en doğru modeller matematiksel modellerdir. Matematiksel modellere üstel eğriler, gaz yasalarında kullanılan eşitlikler, Ohm Kanununun temsili olan $V=IxR$ eşitliği örnek olarak gösterilebilir.

Teorik Modeller

İnsanlar tarafından iyi yapılandırılmış olan bu modeller teorik temellere dayanmaktadır (Gödek, 2013; Okumuş, 2017). Teorik gerçeklikleri iyi şekilde açıklayan bu modellerde metaforlar

ve analogilerin kullanımı dikkat çekmektedir. Gazların davranışını açıklayan gazların kinetik teorisi, fotonlar ve elektromanyetik alan çizgileri teorik modellere örnek olarak verilebilir.

Simülasyonlar

Simülasyonlar özellikle karmaşık süreçleri açıklamakta sıklıkla kullanılan modellerdir. Dinamik modeller olan simülasyonlarda bireylere daha önceden edinilmiş bilgi ve beceriler, gerçeğine uygun şekilde geliştirilen bir modelde ve yine gerçek ortama benzeyen ortamlarda uygulama imkânı sunulur (Demirel, 2002). Gerçek yaşamdaki ilgiyi dağıtıcı durum ve etkenler simülasyonlarda bulunmadığından, simülasyonların gerçek yaşamdaki karşılıklarından daha kullanışlı oldukları değerlendirilmektedir (Okumuş, 2007).

Özellikle güvenlik nedeniyle ya da ekonomi ve zaman kısıtlamaları nedenleriyle gerçekleştirilemeyen deneyler ve uygulamalar, simülasyonlarda rahatlıkla gerçekleştirilebilmektedir. Trafik kazaları, küresel ısınma, nükleer reaksiyonlar, momentumun gösteriminde iki aracın çarpışması, sanal gerçeklik vasıtasıyla uçakların uçurulması, gemilerin, denizaltıların kullanılması simülasyonlara örnek olarak verilebilir.

3. Kavramsal Bilgiyi Oluşturan Pedagojik-Analojik Modeller

Simgesel veya Sembolik Modeller

Bu modeller hedef nesneyi temsil eder ve bunu yaparken kelimelerin yerine sembolleri kullanır (Gödek, 2013). Kimyasal sembollerin, formüllerin, eşitliklerin ve tepkimelerin gösteriminde kullanılan bu model türü formül, eşitlik ve tepkimelerin anlamlı hale gelmesini sağlamaktadır (Güneş & ark., 2004). Amonyakın kimyasal formülü (NH_4), kalsiyumun elementinin sembolü (Ca), hız kavramının V harfi ile gösterilmesi ve kimyada kullanılan tepkime denklemleri simgesel veya sembolik modellere örnek olarak gösterilebilir.

4. Gerçek, Teori ve Süreçle İlgili Bireysel Modeller

Zihinsel Modeller

Örtük modeller olarak da ifade edilen zihinsel modeller; bireyler tarafından bilişsel süreçler neticesinde geliştirilen özel ve bireysel temsiller olup, gerektiğinde farkına bile varılmadan değerlendirilerek yeniden düzenlenen modellerdir (Franco & Colinvaux, 2000; Okumuş, 2017).

Zihinsel modeller bireyin kendi deneyimleri, yaşantıları ve bilişsel süreçleriyle elde edildiğinden yeni deneyimlerle bireyin zihninde ilgili kavrama ya da duruma yönelik yapılanmış olan düşünceler yani zihinsel modeller değişebilir ve yeniden oluşturulabilir (Buckley & Boulter, 2000; Örnek, 2008; Ünal & Ergin, 2006). Kişiye özgü olan bu modeller, bireylerin günlük yaşamda karşılaştıkları durumlar ile kendi bilişsel işlemleri arasında ilişki kurmalarına olanak sağlar (Borges & Gilbert, 1999).

Bir öğrencinin yıldızın şekline yönelik zihnindeki yapıyı kâğıda çizmesi, moleküller arası kuvvetleri çizerek göstermesi, $y^2=x$ zihinsel modellere örnek olarak gösterilebilir.

Senteze Dayalı Modeller

Bu modeller öğrencilerin sahip oldukları zihinsel modelleri ile eğitim-öğretim sürecinde karşılaştıkları ya da bizzat öğretmenleri tarafından kendilerine sunulan modellerin karşılaştırılması sonucunda yapılan sentezleme ile oluşmaktadır (Franco & Colinvaux, 2000; Harrison & Treagust, 2000). Bu model öğrencilerin alternatif kavramlarının gelişimlerine ilişkin sentezler oluşturmalarına yardımcı olmaktadır.

Modellerin İfade Edildiği Formlar

Modeller genellikle çok çeşitli formlar aracılığıyla ifade edilirler. Bunlar; *sözel*, *sembolik*, *somut (materyal)*, *görsel* ve *bedensel formlar* şeklinde ifade edilebilir.

Eğitim-öğretim sürecinde kullanılan modeller sözü geçen bu formların biri şeklinde bulunabileceği gibi, bir kısmının ya da tamamının bir kombinasyonu şeklinde sunulabilirler (Gilbert, 2004). Bu formlar kısaca ele alınarak aşağıdaki gibi açıklanabilir:

Sözel Form

Varlıkların tanımından oluşan bu form, bütünü oluşturan unsurları ve bu unsurlar arasındaki ilişkiyi sözlü veya yazılı ifade etme şeklinde açıklanabilir. “Kovalent bağ elektronların paylaşımını içerir” ifadesi, insan dolaşım sisteminde damarların ve bir uçak modelindeki parçaların yapısının sözlü veya yazılı olarak ifade edilmesi sözel forma örnek olarak verilebilir. Sözel form analogi ve metaforlardan da oluşabilmektedir.

Sembolik Form

Sembolik form kimyasal semboller ve formüller, kimyasal denklemler ve matematiksel ifadelerden oluşmaktadır. Reaksiyon hız yasaları, ideal gaz yasası sembolik forma örnek olarak verilebilir.

Somut (Materyal) Form

Dayanıklı malzemelerden yapılan somut (materyal) form üç boyutludur. Metal bir uçak modeli, insan dolaşım sisteminin renkli plastik modeli bu forma örnek olarak gösterilebilir.

Görsel Form

Görsel formda grafik, diyagram ve animasyonlar kullanılır. İki boyutlu kimyasal yapılar (diyagramlar) ve bilgisayar programları tarafından üretilen sanal modeller bu kategoriye girmektedir.

Bedensel Form

Bedensel formda beden veya bedenın parçaları kullanılır. Elektroliz olayında iyonların hareketinin karşıt akışlar halinde hareket eden öğrencilerle temsil edilmesi, maddenin hal değişimi sırasında katı, sıvı ve gaz taneciklerinin moleküler seviyedeki hareketinin öğrencilerin beden hareketleri ile sembolize edilmesi bedensel forma örnek olarak gösterilebilir.

Modellerin Kullanımında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Eğitim-öğretim uygulamaları sürecinde önemli etkiye sahip olan modellerin kullanımı sırasında göz önünde bulundurulması gereken bazı durumlar vardır. Bu durumlar göz önüne alınmadığı takdirde aslında eğitim-öğretim ortamını zenginleştirmek, öğretimi desteklemek, öğrenmeleri anlamlı ve somutlaştırarak gerçekleştirmek adına kullanılan modellerin bazı sınırlılıkları ortaya çıkmaktadır. Aşağıda modellerin kullanımı sırasında dikkat edilmesi gereken hususlara maddeler halinde yer verilmeye çalışılmıştır:

- Modellerin eğitimde kullanılmasında öncelikle hedefler göz önüne alınmalıdır. Bu doğrultuda seçilen model eğitim hedefiyle uyumlu olmalıdır.
- Öğrenme çıktıları, kullanılacak modelin uygulanabilirliğine ve gücüne göre şekillendirilmelidir.
- Kullanılan model güvenilir, doğru ve çeşitli kaynaklara dayalı olmalıdır. Bu durum modelin kalitesini dolayısıyla da başarısını, genelleme kabiliyetini doğrudan etkilemektedir.
- Modeller farklı öğrenme stillerine sahip öğrencilere hitap edebilecek niteliğe sahip olmalıdır.
- Modeller öğretmenlerin öğretim sürecini desteklemek için kullandıkları araçlardır. Bu nedenle öğretmenler modellerin kullanımı konusunda bilgi ve beceri sahibi olmalı, öğrencilerle etkileşime girerek, modelin süreçte sağladığı çıktıları değerlendirerek öğrencileri yönlendirebilmelidir.
- Modelin sürece sunduğu destek öğretmenler tarafından doğru bir biçimde analiz edilebilmeli ve bu konuda bir müdahale gerekiyorsa öğretmenler bu müdahale konusunda yeterli donanımına sahip olmalıdır.
- Eğitim-öğretim sürecinde modellerin öğrencilerin aktif katılımını teşvik etmesi önemlidir. Bu nedenle modeller öğrencilerin ilgilerini çekecek ve aktif katılımlarını sağlayacak biçimde tasarlanmalıdır.

- Modellerle çalışma sürecinde etkileşim içerisinde olan öğrencilerin gerekli olan dönütleri alması sağlanmalıdır.
- Tasarlanan modeller öğrencilerin erişimine açık olmalıdır.
- Modellerin kullanımında hazırlanacak olan yönerge, arayüz ve yapılacak olan açıklamalar modelin anlaşılmasında önemli bir bileşen olarak değerlendirilmektedir. Bu bileşenlerin hazırlanması öğrencilerin modellerle daha verimli bir etkileşimde bulunmalarına olanak sağlayabilir.
- Modellerin etkisi sürekli izlenmeli ve değerlendirilmelidir. Bu konu modellerin eğitim-öğretim sürecine sağladığı katkıyı ölçmek ve gerekirse model üzerinde iyileştirmeler yapmak için oldukça önemlidir.
- Modellerin etkili olup olmadığı öğrencilerin öğrenme çıktılarındaki edinimleri bağlamında değerlendirilmeli, gerektiğinde modeller üzerinde güncellemeler yapılmalıdır.
- Kullanılan modeller mevcut öğretim programı ve eğitim-öğretim ortamı ile uyumlu olmalıdır. Modellerin eğitim-öğretim ortamı, öğretim programı ve yöntemleriyle entegrasyonunun sağlanması öğrenme sürecinin daha verimli olmasına katkı sunmaktadır.
- Modellerin öğrencilerin günlük yaşamda kullandıkları öğrenme rutinlerine entegre şekilde yapılandırılması sürecin desteklenmesi için önemlidir.
- Modellerin kullanılmasında internet, cihaz, yazılım gibi teknolojik altyapıların kullanılması gerekiyorsa, bunlar yeterli ve sürdürülebilir olmalıdır.
- Modeller sadece öğrencilere bilgi sunmakla kalmamalı, bunun yanında öğrencilerin bağımsız düşünme becerilerini, analitik düşünme, problem çözme, eleştirel düşünme ve yaratıcılık gibi üst düzey becerilerini geliştirmelerine imkân sağlamalıdır.

Sonuç

Eğitim-öğretim sürecinde sıklıkla kullanılan modellerin birçok farklı tanımının yapıldığı dikkat çekmektedir. En genel anlamıyla modeller; karmaşık görünen durum ve olayların bireyler tarafından anlaşılabilirliğini kolaylaştırmak amacıyla, gerçek bir sistemin temsili olan zihinsel ve bilimsel etkinliklerdir (Çökelez, 2009). Özellikle soyut ve karmaşık konu, süreç ve kavramların daha kolay öğrenilmesine, algılanmasına ve bunların bireyin zihninde canlandırılmasına fırsat tanıdığından dolayı, modellerin öğrenme sürecinde kullanılmasının önemli ve gerekli olduğu gerçeği anlaşılmaktadır. Bu önem ve gereklilik kapsamında modellerin öğrenme-öğretme sürecine birçok fayda sağladığı söylenebilir. Nitekim modeller öğrencilerin konuya odaklanmalarına ve kalıcı öğrenmelerine; soyut ve anlaşılması zor olan bazı somut kavramları daha kolay yapılandırmalarına; analiz, sentez ve değerlendirme gibi bilişsel alanın üst düzeyindeki becerileri geliştirmelerine; yaparak-yaşayarak öğrenmelerine; derse motivasyonlarının artmasına; öğrenilenlerin pekiştirilmesine; analitik, eleştirel ve yaratıcı düşünme becerilerini gelişmesine; akademik başarının artmasına; teorilerin daha iyi anlaşılmasına ve geliştirilmesine; deney ve gözlemlerle teori arasında bağlantı kurulmasına katkı sağlamaktadır.

Literatürde modellerin çok farklı şekillerde sınıflandırıldığı dikkat çekmektedir. Bu bölümde modeller; bilimsel ve öğretim modelleri (ölçek modelleri, pedagojik-analojik modeller), çoklu kavramları ve süreçleri gösteren modeller (haritalar, diyagramlar ve tablolar, matematiksel modeller, teorik modeller, simülasyonlar), kavramsal bilgiyi oluşturan pedagojik-analojik modeller (simgesel veya sembolik modeller), gerçek, teori ve süreçle ilgili bireysel modeller (zihinsel modeller, senteze dayalı modeller) (Harrison & Treagust, 2000) şeklinde ele alınarak açıklanmıştır. *Ölçek modellerinde*, modelin kaynağı hedef objedir ve bu model türü hedef objenin dış yapısını betimlemek için kullanılmaktadır. *Pedagojik analojik modeller* genellikle mikro boyuttaki olayları ya da varlıkları açıklamak ve bunların öğrencilerin zihninde yerleşmesini, canlanmasını kolaylaştırmak amacıyla kullanılmaktadır.

Harita, diyagram ve tablolar görsel olarak algılanabilen süreç, durum ve ilişkileri temsil edecek şekilde oluşturulduklarından dolayı öğrencilerin görme duyusuna hitap etmektedir. Tüm model türleri içinde en soyut ve en doğru model olarak nitelendirilen *matematiksel modeller* kimyasal ve fiziksel özellikleri, kavramlar arasındaki ilişkileri, süreçleri ortaya koyan ve matematiksel eşitlikler veya grafiklerle temsil eden modellerdir. *Teorik modeller* bireyler tarafından iyi yapılandırılmış olup teorik temellere dayanmakta ve bu modellerde metaforlar ve analogilerin kullanımı dikkat çekmektedir. Dinamik modellerle (*simülasyonlar*) kişilere daha önceden edinilmiş bilgi ve beceriler, gerçeğine uygun şekilde geliştirilen bir modelde ve yine gerçek ortama benzeyen ortamlarda uygulama imkânı sunulmaktadır. Kimyasal sembollerin, formüllerin, eşitliklerin ve tepkimelerin gösteriminde kullanılan *simgesel veya sembolik modeller* formül, eşitlik ve tepkimelerin anlamlı hale gelmesini sağlamaktadır. Örtük modeller olarak da ifade edilen *zihinsel modeller*, bireyler tarafından bilişsel süreçler neticesinde geliştirilen özel ve bireysel temsiller olup, gerektiğinde farkına bile varılmadan değerlendirilerek yeniden düzenlenen modellerdir. *Senteze dayalı modeller*, öğrencilerin sahip oldukları zihinsel modelleri ile eğitim-öğretim sürecinde karşılaştıkları ya da bizzat öğretmenleri tarafından kendilerine sunulan modellerin karşılaştırılması sonucunda yapılan sentezleme ile oluşmaktadır.

Eğitim-öğretim sürecinde model kullanılması öğrencilerin özellikle soyut ve karmaşık konuları anlamlandırılmalarında oldukça önemli olup, süreçte model kullanımından faydalanırken farklı bileşenlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu anlamda özellikle modellerin öğretim hedefleriyle, öğretim programı, yöntemi, ortamı ile uyumlu olmasına dikkat edilmelidir. Dahası modeller farklı öğrenme stillerine sahip öğrencilere hitap etmeli, öğrencilerin öğrenme sürecine aktif katılımlarını desteklemeli, öğretmenler süreçte yer verdikleri modellerin kullanımına ilişkin gerekli bilgi, beceri ve donanıma sahip olmalıdır.

Kaynakça

Borges, A., & Gilbert, J. K. (1999). Mental models of electricity. *International Journal of Science Education*, 21(1), 95-117.

Buckley, B. C., & Boulter, C. J. (2000). Investigating the role of representations and expressed models in building mental models. In J.K. Gilbert & C.J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education*. England: Kluwer Academic Publishers.

Çavdar, O. (2016). *İşbirlikli öğrenme yönteminin iyi bir eğitim ortamı için yedi ilke ve modellerle birlikte kullanılmasının 7. sınıf maddenin yapısı ve özellikleri ünitesinin anlaşılmasına etkisi* (Doktora tezi). Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

Çökelez, A. (2009). İlköğretim ikinci kademe öğrencilerinin tanecik kavramı hakkındaki görüşleri: Bilgi dönüşümü. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 36, 64-75.

Demirel, Ö. (2002). *Öğretme etkinliğini öğretme, planlamadan değerlendirmeye öğretme sanatı* (4. Baskı). Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.

Develaki, M. (2017). Using computer simulations for promoting model-based reasoning. Epistemological and educational dimensions. *Science & Education*, 26, 1001-1027.

Ergün, A. (2013). *Atom ve molekül konusunda kavram yanlışlıkları ve bunları iyileştirmek için örnek etkinlikler* (Doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Ankara.

Franco, C., & Colinviaux, D. (2000). Grasping mental models. In J.K. Gilbert & C.J. Boulter (Eds.), *Developing Models in science education*. England: Kluwer Academic Publishers.

Gilbert, J. K. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 115-130.

Gilbert, J. K., Boulter, C., & Rutherford, M. (1998). Models in explanations, Part 1: Horses for courses?. *International Journal of Science Education*, 20(1), 83-97.

Glynn, P. W. (1991). Coral reef bleaching in the 1980s and possible connections with global warming. *Trends in Ecology & Evolution*, 6(6), 175-179.

Gödek, Y. (2013). Açıklama ve modeller (fen eğitiminden örnekler). G. Ekici & M. Güven (Ed.), *Yeni öğrenme-öğretme yaklaşımları ve uygulama örnekleri* içinde (ss. 83-118). Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.

Günbatır, S., & Sarı, M. (2005). Elektrik ve manyetizma konularında anlaşılması zor kavramlar için model geliştirilmesi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25(1), 185-197.

Güneş, B., Gülçiçek, Ç., & Bağcı, N. (2004). Eğitim fakültelerindeki fen ve matematik öğretim elamanlarının model ve modelleme hakkındaki görüşlerinin incelenmesi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*. 1 (1), 35-48.

Güneş, M. H., & Çeliker, D. (2010). The investigation of effects of modelling and computer assisted instruction on academic achievement. *International Journal of Educational Researchers (IJER)*, 1(2), 22-28.

Harman, G. (2016). Ortaokul öğrencilerinin güneş ve ay tutulmaları ile ilgili zihinsel modelleri. *Uşak University Journal of Social Sciences*, 9(27), 297-314.

Harrison, A. G. (2001). How do teachers and textbook writers model scientific ideas for students?. *Research in Science Education*, 31, 401-435.

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.

Hestenes, D. (1996). Modeling methodology for physics teachers. In E. F. Redish, & J. S. Rigden (Eds.), *Proceedings of the*

international conference on undergraduate physics education (pp. 1-21). College Park, MA.

Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. USA: Cambridge University Press.

Kara, F. (2023). Fen öğretiminde pedagojik analogik model kullanımı: Mandallarla DNA modeli. *Araştırma Temelli Etkinlik Dergisi*, 13(1), 14-28.

Kimberlin, S., & Yeziarski, E. (2016). Effectiveness of inquiry-based lessons using particulate level models to develop high school students' understanding of conceptual stoichiometry. *Journal of Chemical Education*, 93, 1002-1009.

Koçak, E. (2006). *İlköğretim 5. sınıf öğrencilerinde "sindirim ve görevli yapılar", "boşaltım ve görevli yapılar" ve "çiçekli bir bitkiyi tanıyalım" konularının modellerle öğretiminin öğrenci başarısına etkisi* (Yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

Minaslı, E. (2009). *Fen ve teknoloji dersi maddenin yapısı ve özellikleri ünitesinin öğretilmesinde simülasyon ve model kullanılmasının başarıya, kavram öğrenmeye ve hatırlamaya etkisi* (Yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi, İstanbul.

NRC (1996). *Nutrient requirements of beef cattle* (7th ed). Washington, DC: Nat. Acad. Press.

Okumuş, S. (2017). *İyi bir eğitim ortamı için yedi ilkenin işbirlikli öğrenme ve modellerle birlikte uygulanmasının fen bilimleri dersinin anlaşılmasına etkisi* (Doktora tezi). Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

Okumuş, S., Özdelek, Z. & Doymuş, K. (2022). The effects of model-based cooperative and individual learning methods on pre-service science teachers' conceptual understanding of gases. *Acta Didactica Napocensia*, 15(1), 1-20.

Örnek, F. (2008). Models in science education: Applications of models in learning and teaching science. *International Journal of Environmental & Science Education*, 3(2), 35-45.

Öztürk, B. (2021). Fen öğretiminde sıklıkla kullanılan aktif öğrenme model, yöntem ve teknikleri. M. Okur & A.T. Orhan (Eds.). *İlkokulda fen öğretimi içinde* (ss. 321-344). Ankara: Vizetek Yayıncılık.

Ünal, G., & Ergin, Ö. (2006). Fen eğitimi ve modeller. *Milli Eğitim Dergisi*, 35(171), 188-196.

Ünal. G. (2005). *Fen öğretiminde derinliğine öğrenme: "basınç" konusunda modelleme* (Yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Wang, Z., Chi, S., Hu., K., & Chen, W. (2014). Chemistry teachers' knowledge and application of models. *Journal of Science Education Technology*, 23, 211-226.

Yanarateş, E. (2021). Fen bilimleri öğretimi ve teknoloji kullanımında güncel yaklaşımlar. T. Talan (Ed.), *Eğitimde dijitalleşme ve yeni yaklaşımlar içinde* (s. 59-104), İstanbul: Efe Akademi Yayınları.

BÖLÜM V

Fen Bilgisi Eğitiminde Öğrenci Yetkinliğini Arttıran Yeni Paradigmalar

Erkan YANARATEŞ¹

Giriş

Günümüzde fen bilgisi eğitiminin hedefleri arasında sadece bilimsel bilgilerin aktarılması değil, aynı zamanda öğrencilerin bilimsel düşünme, problem çözme ve yaratıcı düşünme gibi üst düzey becerileri kazanmaları da bulunmaktadır. Bu bağlamda, geleneksel öğretim yaklaşımları yerini, öğrenci merkezli inovatif öğretim paradigmalarına bırakmaktadır. Bu yeni paradigmalar öğrencileri hem bilgi üreticisi hem de bilgi alıcısı olarak rol almaya teşvik etmektedir. Başka bir deyişle fen bilgisi eğitimi, öğrencilere hem akademik başarı hem de yaşam boyu öğrenme becerilerini geliştirme yetkinliği kazandırmaktadır.

Eğitimde öğrenci yetkinliği, öğrenme sürecinin merkezine öğrenciyi koyarak aktif katılımı destekleyen yöntem ve tekniklerin kullanılmasını ifade etmektedir.

¹ Doç. Dr., Kastamonu Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Kastamonu/Türkiye, Orcid: 0000-0003-1378-5284, eyanarates@kastamonu.edu.tr

Fen öğretiminde, öğrencinin deney yaparak, sorgulayarak ve problem çözerek öğrenmesi, kalıcı ve anlamlı öğrenme süreçlerini beraberinde getirir. Aktif öğrenme yöntemleri, öğrencilerin bilimsel bilgiye eleştirel bir bakışla yaklaşmasını ve bu bilgiyi yaşamla ilişkilendirmesini sağlamaktadır (Prince, 2004). Fen bilgisi eğitiminde yetkinliği arttıran yeni yaklaşımlar, teknoloji entegrasyonu, problem temelli öğrenme, oyunlaştırma ve tasarım temelli öğrenme gibi yöntemlerle desteklenmektedir (Kahyaoğlu & Torun, 2021). Bu yaklaşımlar, öğrencinin fen bilimlerini gerçek hayatta karşılaştığı sorunlarla ilişkilendirmesine ve bu sorunlara yönelik çözüm üretmelerine imkân tanımaktadır (Harlen, 2010). Örneğin, simülasyonlar ve sanal laboratuvarlar, öğrencilerin karmaşık bilimsel süreçleri anlamalarını kolaylaştırmakta ve bu süreçlere aktif olarak katılmalarını sağlamaktadır (Dağdalan & Taş, 2017). Ayrıca, öğrencilerin aktif katılımını destekleyen yöntemlerin, fen bilimlerine olan ilgiyi ve motivasyonu arttırdığı araştırmalarla ortaya konmuştur (Demirel, 2023).

Yeni paradigmlar, yalnızca öğretim tekniklerini değil, aynı zamanda eğitimde kullanılan materyallerin ve ortamların da dönüşümünü içermektedir. Özellikle STEM (FeTeMM: Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) odaklı eğitim programları, fen eğitiminde yenilikçi bir çerçeve sunmaktadır. STEM, öğrencilere disiplinler arası düşünme becerileri kazandırmanın yanı sıra, yaratıcı problem çözme yetkinliklerini de arttırmayı hedeflemektedir (Yılmaz, 2021). Öğrenciler, tasarım temelli projelerle, fen bilimleri ile mühendislik arasında bağlantılar kurmakta ve bu bilgiyi uygulamalı olarak öğrenmektedir (Atmaca, 2017).

Fen eğitiminin hedefleri arasında aynı zamanda öğrencilerin bilimsel okuryazarlık düzeylerini arttırmak da vardır. Çünkü fen okuryazarlığı, bireylerin bilimsel süreçleri anlama, eleştirel düşünme ve bilgiyi yerinde kullanma becerileridir (Tekin & ark., 2016). Bu bağlamda, sorgulamaya dayalı öğrenme ve problem temelli öğrenme gibi yaklaşımlar, öğrencilerin eleştirel düşünme ve analiz becerilerini geliştirmelerinde etkili olmaktadır.

Fen bilgisi öğretiminde öğrenci yetkinliğini arttırmanın bir diğer önemli boyutu, teknolojinin eğitim süreçlerine uyarlanmasıdır. Teknoloji, özellikle laboratuvar ortamında ve deneysel çalışmalarda, öğrencilere daha fazla fırsat tanımaktadır. Örneğin, simülasyonların ve sanal laboratuvarların, soyut kavramların somutlaştırılmasında önemli bir rolü vardır (Dağdalan & Taş, 2017). Bu kitap bölümü, fen bilgisi öğretiminde öğrenci aktivitesini arttıran yöntem ve teknikleri ele almayı amaçlamaktadır. Bölümde, öğrenci merkezli öğretim yaklaşımları detaylı bir şekilde incelenecek ve fen bilgisi öğretiminde uygulanabilecek pratik örneklerle yer verilecektir. Ayrıca, bu yöntemlerin öğrenci başarısı ve bilimsel düşünme becerileri üzerindeki etkileri tartışılacaktır.

Özetle, fen bilgisi eğitiminde öğrenci yetkinliğini arttıran yaklaşımlar, öğrenme sürecini daha etkili, öğrenmeyi ise daha kalıcı hale getirme potansiyeline sahiptir. Bu yaklaşımlar hem akademik başarıyı arttırmakta hem de problem çözme, analitik ve yaratıcı düşünme gibi becerileri de geliştirmektedir (Demirel, 2017).

Fen Bilgisi Eğitiminin Önemi

Fen bilgisi eğitimi, bireylerin çevrelerini anlamalarına, doğa olaylarını yorumlamalarına ve günlük yaşamlarındaki bilimsel süreçleri fark etmelerine imkân tanımaktadır. Bu nedenle, fen bilgisi eğitimi yalnızca akademik bir disiplin değil, aynı zamanda bireylerin bilimsel okuryazarlık kazanmasını sağlayan önemli bir araçtır (Demirel, 2017). Bilimsel okuryazarlık, bireylerin bilimsel süreçleri anlayıp bu süreçleri toplumsal bağlamda eleştirel bir şekilde değerlendirebilme becerisini ifade etmektedir.

Günümüz dünyasında, fen bilgisi eğitimi bireylerin karar verme süreçlerini etkileyen temel bir unsur haline gelmiştir. Küresel ısınma, enerji kaynaklarının tükenmesi, çevre kirliliği gibi sorunların çözümünde bilimsel bilgilere dayalı düşünme becerileri önem kazanmaktadır. Fen bilgisi derslerinde geliştirilen problem çözme, eleştirel ve analitik düşünme becerileri, bireylerin bu tür sorunlara yönelik farkındalıklarını arttırmakta ve çözüm odaklı yaklaşımlar geliştirmelerini sağlamaktadır (Demirel, 2023).

Fen bilgisi eğitiminin bir diğer önemli yönü, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini geliştirmesidir. Gözlem yapma, hipotez kurma, deney tasarlama ve veri analizi gibi beceriler, bilimsel düşünme yetisinin temel taşlarını oluşturmaktadır. Bu beceriler, yalnızca akademik başarı için değil, aynı zamanda bireylerin yaşam boyu öğrenme süreçlerinde etkin bir şekilde yer almaları için de gereklidir (Harlen, 2010).

Fen bilgisi eğitimi aynı zamanda teknolojik gelişmelerin anlaşılması ve kullanılması açısından da kritik bir rol oynamaktadır. Dijitalleşen dünyada bireylerin teknolojiyi anlamaları ve bilinçli bir şekilde kullanmaları fen eğitimi ile desteklenmektedir. Özellikle STEM (Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) odaklı programlar, fen eğitimi aracılığıyla öğrencilere inovasyon ve yaratıcılık becerileri kazandırmayı hedeflemektedir (Breiner & ark., 2012).

Çocukların erken yaşlarda fen bilgisiyle tanıştırılması, onların bilimsel meraklarını arttırmakta ve yaşam boyu öğrenme motivasyonlarını güçlendirmektedir. Özellikle okul öncesi ve ilkokul düzeyindeki fen eğitimi, öğrencilerin çevrelerine yönelik sorular sormalarını ve bu sorulara yanıt aramalarını teşvik etmektedir. Bu süreç, bilimsel okuryazarlığın temellerini oluşturmada hayati bir önem taşımaktadır (Eshach & Fried, 2005).

Özetle, fen bilgisi eğitimi toplumsal sorunların çözümünde bireylerin daha bilinçli bir şekilde rol almasına katkıda bulunmaktadır. Bilimsel bilgiye dayalı karar verme süreçleri, sürdürülebilir bir gelecek için gereklidir. Bu bağlamda, fen bilgisi eğitimi yalnızca bireysel değil, toplumsal bir sorumluluğun da bir parçasıdır. Bireylerin temel ve üst düzey düşünme becerilerini geliştiren fen bilgisi eğitimi, onların çevresel ve toplumsal sorunlar karşısında duyarlı bireyler olarak yetişmelerine de katkı sağlamaktadır. Bu nedenle, etkili bir fen bilgisi eğitimi, akademik başarıyı ve toplumun geleceğini şekillendiren önemli bir süreçtir.

Öğrenci Aktivitesinin Tanımı ve Önemi

Eğitimde öğrenci aktivitesi, bireylerin öğrenme süreçlerine etkin bir şekilde katılmasını ifade etmektedir. Bu kavram, öğrenmenin pasif bilgi alımından ziyade aktif katılım ve keşif yoluyla gerçekleşmesini vurgulamaktadır. Öğrenci aktivitesinin temelinde, bireylerin düşüncelerini ifade etme, problem çözme ve yaratıcı fikirler üretme becerilerini geliştirme hedefi yer almaktadır. Fen bilgisi eğitimi bağlamında bu süreç, öğrencilerin bilimsel kavramları yalnızca öğrenmekle kalmayıp, aynı zamanda bu bilgiyi gerçek hayatta kullanabilme yeteneğini de kapsamaktadır (Dağyar & Demirel, 2015).

Öğrenci yetkinliğini arttıran öğretim yöntemleri, geleneksel öğretim anlayışından farklı olarak, öğrenme sürecini öğrenci merkezli bir yapıya dönüştürmektedir. Bu süreçte öğretmen, yönlendirici bir rehber rolü üstlenirken, öğrenciler aktif katılımcılar olarak süreçte daha fazla sorumluluk almaktadırlar. Bu yaklaşım, öğrencilerin öğrenme sürecine daha fazla dahil olmasını sağlayarak öğrenmeyi daha anlamlı ve kalıcı hale getirmektedir (Prince, 2004).

Aktif öğrenme, öğrencilerin merakını tetikleyen ve öğrenme motivasyonlarını arttıran etkinliklere dayanmaktadır. Fen bilgisi eğitimi, doğası gereği gözlem, deney ve sorgulama gibi süreçleri içerdiği için, aktif öğrenmenin uygulanması açısından son derece uygundur. Örneğin, laboratuvar çalışmaları, grup projeleri ve problem temelli öğrenme gibi yöntemler, öğrencilerin bilimsel kavramları daha iyi anlamalarına yardımcı olmaktadır. Öğrenci aktivitesinin artırılmasının bir diğer önemli yönü, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini geliştirmesidir. Bu süreçte bireyler, soru sorma, veri toplama, analiz yapma ve sonuç çıkarma gibi beceriler kazanmaktadır. Bu beceriler, yalnızca akademik başarıyı arttırmakla kalmaz, aynı zamanda bireylerin yaşam boyu öğrenme kapasitelerini de güçlendirmektedir. Bu nedenle, öğrenci aktivitesini arttıran yöntemler, öğrencilerin hem bireysel hem de toplumsal sorumlulukları yerine getirmelerine imkân sağlamaktadır (Freeman & ark., 2014).

Bu tür yaklaşımlar, özellikle fen bilgisi derslerinde soyut kavramların somutlaştırılmasına yardımcı olmaktadır. Öğrenciler, deney yapma veya problem çözme süreçlerine dahil olarak öğrenme deneyimini daha anlamlı ve unutulmaz bir hale getirmektedirler (Dağdalan & Taş, 2017). Özetle, öğrenci aktivitesinin artmasında öğrenmeye ilişkin etkinlik, anlamlılık ve kalıcılık parametrelerinin önemli rolleri bulunmaktadır. Fen bilgisi öğretiminde kalıcı öğrenmeyi garanti eden bu tür yaklaşımlar, öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerini geliştirirken, aynı zamanda onların öğrenme süreçlerinde daha fazla sorumluluk almalarını sağlamaktadır (Demir & Yavuz, 2017). Bu bağlamda, aktif öğrenme yöntemleri, fen bilgisi eğitiminde hem bireysel hem de toplumsal faydalar sunan ve öğrenci yetkinliğinin artmasında önemli rolü bulunan bir yaklaşımdır.

Aktif Öğrenme Kavramı

Aktif öğrenme, öğrencileri öğrenme sürecine katmayı teşvik eden ve bilgiye derinlemesine bir anlayışla yaklaşımlarını sağlayan bir yöntemdir. Bu kavram, geleneksel öğretim yöntemlerinden farklı olarak, öğrencilerin pasif dinleyiciler olmaktan çıkıp aktif bir şekilde rol almalarını öngörmektedir. Öğrenciler, öğretmen rehberliğinde kendi öğrenme süreçlerini şekillendirir, deneyimler yapar, çözüm yolları üretmekte ve sonuçlar çıkarmaktadırlar (Dağyar & Demirel, 2015). Dolayısıyla aktif öğrenme, öğrencilerin bilgi edinmelerini, edindikleri bilgiyi işleyerek anlamlandırmalarını ve yeni bilgilerle ilişkilendirmelerini sağlamaktadır.

Aktif öğrenme, öğrencilerin temel düşünme becerilerini geliştirmektedir. Dolayısıyla öğrenci yetkinliğinin artmasında önemli bir rol oynadığı söylenebilir. Bu süreçte, öğrenciler çeşitli alanlarda sorumluluk alarak öğrenme süreçlerini yönetmeye başlamaktadırlar. Öğrenme, bilginin pasif bir şekilde aktarılmasından çok, öğrencilere problem çözme, eleştirel düşünme, tartışma ve fikir paylaşımı gibi fırsatlar sunarak etkin bir şekilde gerçekleşmektedir (Prince, 2004). Öğrenciler, öğretim sırasında aktif olarak katıldıklarında, öğrendikleri bilgileri daha kolay hatırlamakta ve bu bilgiyi çeşitli bağlamlarda uygulama becerisi kazanmaktadırlar.

Bilimsel süreç becerilerinin kazandırılmasında önemli olan aktif öğrenme; gözlem yapma, hipotez kurma, veri toplama, analiz yapma ve sonuç çıkarma gibi temel becerilerin kullanılması, öğrencilerin aktif katılımını gerektirmektedir. Bu süreçte öğrenciler, kendi araştırma ve deneyimleriyle bilgiye ulaşarak problem çözme becerilerini geliştirmektedirler (Freeman & ark., 2014).

Grup çalışmaları, tartışmalar, proje bazlı öğrenme ve ortak problem çözme gibi etkinlikler, öğrencilerin işbirliği yapmalarını ve birbirleriyle iletişim kurmalarına yardımcı olmaktadır (Tekin, 2014). Aktif öğrenme özetle, öğrencilerin bilgi edinmelerini sağlarken, bilimsel düşünme, problem çözme ve eleştirel düşünme gibi becerilerini de geliştirmektedir. Bu yaklaşım, öğrencilerin öğrenmeye daha derinlemesine katılmalarına ve öğrendikleri bilgiyi yaşamlarında kullanmalarına imkân tanımaktadır. Böylece fen bilgisi eğitiminde kullanılan aktif öğrenme yöntemi kapsamındaki öğretim teknikleri, öğrencilerin akademik başarılarını ve bilimsel okuryazarlıklarını arttırmaktadır (Aslan, Ertaş & Kılıç, 2016).

Öğrenci Aktivitesinin Öğrenme Üzerindeki Etkisi

Öğrenci aktivitesinin öğrenme üzerindeki etkisi, eğitim literatüründe kapsamlı şekilde ele alınan ve üzerine birçok araştırma yapılan bir konudur. Aktif katılım, öğrencilerin öğrenme süreçlerine derinlemesine dahil olmalarını sağlayarak bilgiyi sadece pasif bir şekilde almak yerine, aktif bir şekilde keşfetmelerine ve anlamalarına imkân tanımaktadır. Bu süreçte, öğrenciler hem bilgi edinmektedirler hem de öğrendikleri bilgileri kendi deneyimleri kapsamında önce sorgulamakta, daha sonra da uygulamaktadırlar. Böylece bilgiler daha anlamlı bir şekilde yapılandırılmış olmaktadır (Dağyar & Demirel, 2015).

Öğrenci yetkinliğinin artmasında en önemli rolü bulunan paradigmalardan biri olan aktif öğrenme yöntemlerinin, öğrencilerin öğrenme sürecinde daha yüksek düzeyde katılım ve motivasyon sağladığına dair bulgular mevcuttur.

Öğrencilerin derslere aktif katılımı, bilgiye dair kalıcı bir anlayış geliştirmelerine katkı sağlamaktadır. Araştırmalar, öğrenci katılımının arttığı ortamlarda öğrencilerin kavramları daha iyi kavradıklarını, sorunları daha etkili bir şekilde çözebildiklerini ve öğrenilen bilgileri uzun vadede hatırlama becerilerinin arttığını göstermektedir (Freeman & ark., 2014). Bu, öğrenci aktivitesinin öğrenmeye olan etkisinin, sadece öğrencinin aktif katılımıyla sınırlı olmadığını, aynı zamanda bu katılımın öğrenme kalitesini ve başarısını doğrudan arttırdığını da ortaya koymaktadır. Aktif öğrenme stratejileri, öğrencilerin yalnızca öğretmenin aktardığı bilgileri almak yerine, kendi sorularını sormalarına, tartışmalar yapmalarına ve işbirlikçi bir şekilde çözüm üretmelerine imkân tanımaktadır. Bu süreç, öğrencilerin kendi öğrenme süreçlerine daha fazla sahip çıkmalarını ve öğrenmeye daha olumlu bir yaklaşım geliştirmelerini sağlamaktadır (Prince, 2004). Ayrıca, öğrenciler grup çalışmaları, projeler ve tartışmalar gibi etkinliklerde yer alırken, toplumsal becerilerini de geliştirme fırsatı bulmaktadırlar.

Fen bilgisi eğitiminde, öğrenci katılımının, aktivitesinin ve yetkinliğinin öğrenme üzerindeki etkisi belirgindir. Fen bilgisi, gözlem, deney, problem çözme gibi bilimsel süreçleri içerdiğinden, öğrencilerin yetkinliklerinin artması için aktif olarak bu süreçlere katılmaları gerekmektedir. Çünkü öğrencilerin bilimsel deneyler yaparak, veri toplayarak ve sonuçları analiz ederek katılım sağlamak suretiyle, bilimsel düşünme becerilerini geliştirmektedirler. Ayrıca, aktif öğrenme, öğrencilerin bilimsel kavramları somutlaştırmalarını sağlamakta ve bu kavramların daha kalıcı hale gelmesine yardımcı olmaktadır (Freeman & ark., 2014).

Öğrenci yetkinliğinin artırılması, öğrencilerin sorgulayıcı ve eleştirel düşünme becerilerini geliştirmelerine katkı sağlamaktadır. Öğrenciler, aktif öğrenme süreçlerinde karşılaştıkları problemleri çözmek için analitik düşünme, sorgulama ve hipotez oluşturma gibi becerileri kullanmaktadırlar. Bu tür aktiviteler öğrencilerin bilgiye dayalı bir öğrenme, bilgi üretme ve yaratıcı düşünme süreçlerine de katılmalarını teşvik etmektedir (Johnson & Johnson, 2013).

Öğrenci Merkezli Yaklaşımlar ve Fen Eğitimindeki Avantajları

Öğrenci merkezli yaklaşım, öğretim sürecindeki öğrenci ihtiyaçları, ilgi alanları ve öğrenme stillerine göre şekillendirilen bir eğitim modelini ifade etmektedir. Bu yaklaşımda öğretmen, öğrencilere hem bilgi aktarır hem de onların öğrenme süreçlerine rehberlik eder. Öğrenci merkezli öğretim, öğrenmenin daha anlamlı ve kalıcı hale gelmesini sağlamaktadır. Çünkü bu yöntem öğrencilerin aktif katılımını, sorumluluk almasını ve kendi öğrenme süreçlerini yönetmelerini teşvik etmektedir (Ramsden & Ramsden, 2003). Fen bilgisi eğitimi bağlamında öğrenci merkezli yaklaşımlar, öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerini geliştirmelerini sağlamak için son derece etkili bir yöntemdir (Demirel, 2023).

Fen bilgisi eğitiminde, öğrenci merkezli paradigmlar, öğrencilerin yetkinliklerinin artması bağlamında bilimsel kavramları somut olarak anlamalarına yardımcı olmaktadır. Bu paradigmlar sayesinde, öğrenci derste sadece pasif alıcı olarak bulunmamakta, öğretmen rehberliğinde etkin olarak derse katılmaktadır. Gözlem ve deney yapma, problem çözme gibi bu etkinlikler kapsamında çeşitli bilgiler edinmektedirler. Bu süreçte öğrenciler, fen bilgisi dersinin soyut ve teorik bilgilerini günlük yaşamla ilişkilendirmektedirler. Bu da öğrenilen bilgilerin anlamlı ve uygulanabilir olmasını sağlamaktadır (Fichten, 2019).

Öğrenci merkezli yaklaşımda öğrencilerin aktif olarak rol alması, onların öğrenmeye daha fazla ilgi duymalarına ve motivasyonlarını arttırmalarına da yardımcı olmaktadır. Öğrenci merkezli paradigmlar, aynı zamanda öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerini geliştirmelerine imkân tanımaktadır. Bu paradigmlar, öğrencilerin bilgiye eleştirel bir bakış açısıyla yaklaşmalarını sağlamaktadır. Öğrenciler, fen bilgisi derslerinde karşılaştıkları problemleri çözmenin yanı sıra, bu bilgileri analiz etmekte, sorgulamakta ve kendi düşüncelerini oluşturmaktadırlar. Bu durum, öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerinin gelişmesine katkı sağlarken, onların öğrenmeye karşı daha aktif ve katılımcı bir tutum geliştirmelerine de yardımcı olmaktadır (Prince, 2004).

Fen bilgisi derslerinde kullanılan öğrenme ve öğretme yaklaşımları, öğrencilerin işbirliği yapma ve grup çalışmalarına katılma becerilerini de arttırmaktadır. Çünkü fen bilimleri dersleri genellikle takım çalışması ve problem çözme gibi etkinlikleri içerdiği için, öğrencilerin grup içinde etkili bir şekilde iletişim kurmaları ve birlikte çözüm yolları üretmeleri önemlidir. Bu yeni paradigmlar öğrencilerin birbirlerinden de bir şeyler öğrenmeleri da sağlamaktadırlar. Ayrıca, grup çalışmalarında öğrenciler farklı bakış açılarıyla tanışmaktadır. Bu da onların zihinsel esnekliklerini arttırmakta (Öztürk, 2021) ve öğrendikleri bilgileri farklı açılardan görmelerini sağlamaktadır (Batdı, Öztaş & Talan, 2021).

Öğrenci merkezli yaklaşım, öğrencilerin bilimsel kavramları anlamalarına, eleştirel düşünme ve problem çözme becerilerini geliştirmelerine, grup içinde etkili iletişim kurmalarına ve kendi öğrenme süreçlerini yönetmelerine yardımcı olmaktadır. Bu yaklaşım kapsamındaki eğitim, fen bilgisi derslerinde öğrencilere yetkinliği ve derse katılımı teşvik ederken, onları bilimsel okuryazarlık açısından donatmakta ve eğitimde daha kalıcı sonuçlar elde edilmesine katkı sağlamaktadır.

Öğrenci Aktivitesini Arttıran Öğretim Yaklaşımları

Aktiviteyi arttıran öğretim teknikleri, öğrencilerin derse olan katılımını ve ilgisini yükseltmek amacıyla kullanılan çeşitli yaklaşımlardır. Bu teknikler, öğrencilerin yalnızca pasif dinleyiciler olmaktan çıkıp, aktif katılımcılar haline gelmelerini sağlamaktadır. Öğrenci katılımını arttıran öğretim tekniklerinin etkin bir şekilde kullanılması, öğrenmenin daha derinlemesine ve kalıcı olmasına katkı sağlamaktadır. Fen bilgisi eğitimi bağlamında bu teknikler, öğrencilerin bilimsel kavramları daha iyi kavrayabilmesi ve günlük yaşamla ilişkilendirebilmesi için önemli bir rol oynamaktadır (Demirel, 2017). En önemli öğretim yöntemlerinden biri olan problem temelli öğrenme (PTÖ), öğrencilerin gerçek dünya problemleri üzerinden bilgi edinmelerini sağlayan bir yaklaşımdır. Bu yöntemde, öğrenciler önce belirli bir problemi tanımlamaktalar ve problemi çözmek için çeşitli kaynaklardan bilgi toplamaktadırlar.

Bilgi birikimi sağlayan öğrenciler işbirliği yaparak çözüm üretmekte ve bulgularını sunmaktadırlar. Bu süreç, öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerini geliştirirken, aynı zamanda sorun çözme, eleştirel düşünme ve grup çalışması gibi önemli becerileri de kazanmalarını sağlamaktadır (Barrows, 1996). Fen bilgisi derslerinde, problem tabanlı öğrenme öğrencilerin hem bilimsel hem de yaşamla ilgili beceriler kazanmalarına imkân tanımaktadır.

Bir diğer etkin öğretim yaklaşımı olan keşfederek öğrenme, öğrencilerin araştırma yaparak ve deneyim elde ederek bilgi edinme imkânı bulmaktadırlar. Bu noktada öğretmen öğrencilere doğrudan bilgi vermez, bunun yerine öğrencilerin soru sormalarını, gözlem yapmalarını ve keşiflerde bulunmalarını teşvik etmektedir. Keşfederek öğrenme, özellikle fen bilgisi gibi deneysel ve gözlemsel süreçlerin ön planda olduğu derslerde etkili bir yöntemdir. Öğrenciler, bilimsel süreci yaşarken bilgiyi kendi başlarına keşfetmektedirler. Bu sayede öğrenmeleri daha kalıcı olmaktadır (Dağyar & Demirel, 2015).

Grup çalışmaları da öğrenci aktivitesini arttıran etkili bir öğretim tekniğidir. Grup çalışmaları, öğrencilerin farklı bakış açılarıyla tanışmalarını, takım çalışması becerilerini geliştirmelerini ve sosyal etkileşimi arttırmalarını sağlamaktadır. Fen bilgisi derslerinde grup çalışmaları, öğrencilerin bilimsel bir problemi birlikte çözmeleri ve bu süreçte birbirlerinden öğrenmeleri için mükemmel fırsatlar sunmaktadır. Bu süreç, öğrencilerin bilimsel düşüncelerini daha derinlemesine analiz etmelerini sağlamaktadır (Johnson & Johnson, 2013). Simülasyonlar ve teknoloji destekli öğrenme öğrenci katılımını arttıran araçlar arasındadır. Fen bilgisi eğitiminde simülasyonlar, öğrencilerin soyut kavramları somutlaştırmalarını sağlamaktadır. Örneğin, bilimsel simülasyonlar ve sanal laboratuvarlar öğrencilerin deney yapma, veri toplama ve bu verileri analiz etme gibi etkinlikleri yapmalarına imkân tanımaktadır. Bu tür teknolojiler, öğrencilerin öğrenmeye olan ilgisini arttırırken, onların dijital okuryazarlık becerilerini geliştirmelerine de yardımcı olmaktadır (Savery, 2006).

Bir diğerk yaklaşımd çifti ise tartışma ve beyin fırtınasıdır. Bu teknikler, öğrencilerin aktif düşünme süreçlerine katılmalarını sağlamakta ve öğrenilen bilgilerin daha derinlemesine işlenmesine yardımcı olmaktadır. Fen bilgisi derslerinde, öğrenciler farklı bakış açılarıyla tartışmalar yaparak, bir konuya dair çeşitli çözüm yolları geliştirebilirler. Beyin fırtınası, öğrencilerin yaratıcı düşünme becerilerini geliştirmelerini sağlayarak, onların bilimsel problemleri daha yenilikçi yollarla çözmelerine imkân tanımaktadır. Ayrıca, bu tür tartışmalar, öğrencilerin iletişim becerilerini ve eleştirel düşünme kapasitelerini arttırmaktadır (Eshach & Fried, 2005).

Öğrenme niteliğinin artmasında önemli bir rolü bulunan yeni paradigmlar ve çağdaş öğretim teknolojileri, öğrencilerin öğrenme süreçlerine daha etkin bir şekilde katılmalarını sağlamakta ve onların yetkinliklerini daha ileri seviyelere taşımaktadır (Yanarates, 2021). Fen bilgisi eğitimi gibi deneysel, gözlemsel ve uygulamalı süreçlerin yoğun olduğu derslerde bu teknikler, öğrencilerin bilimsel düşünme, problem çözme, eleştirel düşünme ve işbirliği yapma gibi önemli beceriler kazanmalarına yardımcı olmaktadır. Bu paradigmların etkin bir şekilde uygulanması, öğrencilerin akademik başarılarının artmasının yanı sıra fen tutumlarını ve yaşam becerilerini geliştirmelerine de yardımcı olmaktadır.

Problem Temelli Öğrenme Yaklaşımı

Alanyazında, gerçek hayat problemleri üzerinden öğrenme olarak da karşılaşılan problem temelli öğrenme (PTÖ), öğrencilerin öğrenme süreçlerinde gerçek hayat problemleriyle karşılaşmalarını ve bu problemleri çözmek için bilgi ve becerilerini kullanmalarını teşvik eden bir öğretim yöntemidir. Bu yaklaşımda, öğrenciler, öğretmenin sunduğu soyut bilgiler yerine, gerçek dünyadan alınan problemlere odaklanarak çözüm üretme sürecine katılmaktadırlar. PTÖ, öğrencilere bilgi aktarmanın yanı sıra eleştirel düşünme, problem çözme, işbirliği yapma ve araştırma gibi becerileri kazandırmayı da hedeflemektedir (Barrows, 1996). Fen bilgisi eğitiminde problem temelli öğrenme, öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerini geliştirmeleri için son derece etkili bir yaklaşımdır.

Fen bilimleri genellikle doğrudan gözlemler ve deneyler yapmayı gerektiren bir alan olduğu için, öğrencilerin öğrendikleri kavramları gerçek dünyada uygulayabilmesi büyük önem taşımaktadır. Gerçek hayat problemleri üzerinden yapılan öğrenme, öğrencilerin bilimsel bilgileri somutlaştırmalarını ve bu bilgileri günlük hayattaki sorunlarla ilişkilendirmelerini sağlamaktadır. Bu tür problemler hem bilimsel bilgileri kullanmaya hem de çevreye karşı duyarlılık kazanmaya imkân tanımaktadır (Şenyiğit, 2021).

PTÖ, öğrencilere daha fazla sorumluluk vermekte ve onların öğrenme süreçlerine doğrudan dahil olmalarını sağlamaktadır. Öğrenciler, problem çözme aşamasında araştırma yapma, hipotez oluşturma, veri toplama ve bu verileri analiz etme ve çözüm yolları üretme gibi etkinlikleri yerine getirmektedirler. Bu süreç, öğrencilerin bilimsel yöntemleri kalıcı olarak öğrenmelerini sağlamaktadır. Ayrıca, öğrenciler hem bilgi öğrenmekte hem de öğrendikleri bu bilgiyi uygulayarak konuları derinlemesine anlamaktadırlar (Fichten, 2019).

Fen bilgisi derslerinde problem temelli öğrenme yaklaşımı kullanılması, öğrencilerin grup içinde işbirliği yaparak problem çözmelerini de teşvik etmektedir. Bu durum, bireyin sosyal becerilerini geliştirmesine ve farklı bakış açılarını kullanarak diğer bireylerle tanışmalarına imkân tanımaktadır. Öğrenciler, grup içinde fikirlerini paylaşarak birbirlerinin düşüncelerini sorgulamakta ve çözüm önerileri üzerinde tartışarak bilimsel düşünme becerilerini geliştirmektedirler. Ayrıca, grup çalışmaları öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerini de arttırmaktadır. Problem temelli öğrenme yaklaşımının önemli bir diğer avantajı ise öğrencilerin öğrenme süreçlerinde daha fazla sorumluluk almasıdır. Bu yöntem, bireylerin kendi öğrenmelerini yönetmelerine yardımcı olurken onları daha bağımsız bireyler haline getirmektedir. Ayrıca problem temelli öğrenme yaklaşımı, öğrencilerin kendi çözüm yollarını bulmalarını teşvik etmekte ve onlara araştırma yapma, sorunları analiz etme ve çözüm üretme gibi becerileri kazanmalarına yardımcı olmaktadır (Şahin & Öztürk, 2009).

Özetle PTÖ, fen bilgisi eğitiminde öğrencilerin yetkinliğini arttırmak, bilimsel düşünme becerilerini geliştirmek ve öğrenmeyi daha anlamlı hale getirmek için oldukça etkili bir yöntemdir. Çünkü, gerçek hayatta karşılaşılan problemleri kullanarak yapılan öğrenme, öğrencilerin bilgiyi günlük hayatla ilişkilendirmelerini ve bu bilgiyi uygulamalı olarak kullanmalarını sağlamaktadır. Bu bağlamda PTÖ, öğrencilerin işbirliği yapmalarını, eleştirel düşüncelerini ve kendi öğrenme süreçlerini yönetmelerini teşvik etmekte ve onların genel öğrenme becerilerini de geliştirmektedir. Böylece, PTÖ, fen bilgisi eğitiminde öğrencilere bilimsel bilgiler kazandırırken, beraberinde günlük hayatta kullanabilecekleri becerileri geliştirmelerine de yardımcı olmaktadır.

Sorgulamaya Dayalı Öğrenme Yaklaşımı

Sorgulamaya dayalı öğrenme, öğrencilerin bilgi edinme sürecinde aktif olarak sorular sorarak ve bu sorulara cevaplar arayarak öğrendikleri bir öğretim yöntemidir. Bu yöntem, öğrencilerin düşünme becerilerini geliştirmek, onların derinlemesine anlamalarını sağlamak ve bilimsel meraklarını arttırmak amacıyla kullanılmaktadır. Sorgulama, fen bilgisi eğitiminde öğrencilerin konuya dair merak ettikleri soruları gündeme getirmelerini ve bu soruları çözmek için araştırma yapmalarını sağlamaktadır. Bu yaklaşım, öğrencilerin aktif katılımını teşvik etmekte ve onların öğrenme süreçlerine daha fazla dahil olmalarını sağlamaktadır (Bransford, Brown, & Cocking, 2000).

Fen bilimleri, doğa olaylarını anlamak ve açıklamak için gözlem yapmayı, veri toplamayı ve hipotezler kurmayı gerektiren bir alandır. Sorgulama, bu süreçlerin doğal bir parçasıdır ve öğrenciler, fen bilgisi derslerinde araştırma yaparak veya gözlemlerle bulunarak sorularını cevaplamaya çalışmaktadırlar. Bu yöntem, öğrencilerin hem bilgiyi öğrenmelerine yardımcı olmakta hem de eleştirel bir bakış açısıyla konuları incelemelerini ve anlamalarını sağlamaktadır. Öğrenciler, bilimsel süreçlere aktif katılım gösterdikçe, fen bilimlerine olan ilgileri artmakta ve bu sayede fen tutumları ve motivasyonları yükselmektedir (Tekin & ark., 2016).

Öğrencilerin problem çözme, analitik ve eleştirel düşünme gibi becerilerini geliştirmelerine imkân tanıyan sorgulama temelli öğrenme yönteminde öğrenciler, çeşitli bilimsel problemleri çözmek için hipotez oluşturma, deney yapma, bulguları analiz etme ve sonuç çıkarma gibi bilimsel etkinlikleri yerine getirmektedirler. Bu süreç, onların bilimsel düşünme ve araştırma becerilerini geliştirmelerine yardımcı olmaktadır. Sorgulama, öğrencilerin bilimsel süreçlere daha fazla ilgi duymalarını ve bu süreçleri daha derinlemesine öğrenmelerini sağlamaktadır. Bu yöntem, öğrencilerin fen bilgisi derslerine olan ilgilerini arttırırken, öğrenmenin daha kalıcı olmasını sağlamaktadır (Batdı, Öztaş & Talan, 2021).

Bilişsel gelişimi destekleyen sorgulamaya dayalı öğrenme yönteminde öğrenciler, soru sorma ve bu soruların çözümü için bilgi arama gibi yaptıkları etkinlikler sayesinde öğrenme süreçlerini daha etkin hale getirmektedirler. Ayrıca, bu öğrenme yaklaşımı, öğrencilerin kendilerini keşfetmelerini ve daha fazla sorumluluk almalarını teşvik etmektedir. Bu süreçte öğrenciler, öğretmenin verdiği bilgileri öğrenerek bu bilgileri sorgulamakta ve kendi öğrenme yollarını belirlemektedirler. Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı, fen öğretiminin önemli bir parçasıdır. Bu yöntem ve kapsamı içinde bulunduğu yeni paradigmlar, öğrencilerin çeşitli kaynaklardan bilgi edinmelerine, bu bilgiyi sorgulamalarına, analiz etmelerine ve öğretmenden bağımsız bir şekilde kendi başlarına çözüm yolları üretmelerine yardımcı olmaktadır (Demirel, 2023).

Fen bilgisi derslerinde öğrencilerin bilimsel kavramları daha derinlemesine anlamalarını sağlayan sorgulama temelli öğrenme, onların temel bilimsel becerilerini geliştiren ve eleştirel düşünme becerilerini arttıran etkili bir öğrenme yaklaşımıdır. Bu paradigma sayesinde öğrenciler, bilimsel çalışmalar aracılığıyla hem akademik başarılarını arttırmakta hem de sosyal etkileşim becerilerini geliştirmektedirler. Böylece öğrenme süreci daha anlamlı ve kalıcı hale gelirken, öğrencilerin sorgulayıcı düşünme becerileri de güçlenmektedir (Yanarateş & Yılmaz, 2022). Ayrıca öğretmenlerin, öğrencilere rehberlik etme ve onların gelişimlerini izleme fırsatları bulmasıyla öğrenme deneyimi daha verimli hale gelmektedir.

Oyun Tabanlı Öğrenme Yaklaşımı

Oyun tabanlı öğrenme, öğrencilerin oyunlar aracılığıyla bilgi edinmelerini ve beceri kazanmalarını sağlayan bir yöntemdir. Bu yöntem, öğrenme süreçlerini daha eğlenceli ve etkileşimli hale getiren, öğrencilerin derse katılımlarını ve bilimsel yetkinliklerini arttıran eğlenceli bir yaklaşımdır.

Oyun tabanlı öğrenme, özellikle fen bilgisi gibi karmaşık ve soyut kavramların öğretildiği derslerde, öğrencilerin daha derinlemesine öğrenmelerine ve bilgiyi kalıcı hale getirmelerini sağlamaktadır. Oyunlar, öğrencilerin eğlenmelerini sağlarken, öğrenme sürecine aktif katılım göstermelerini ve çeşitli beceriler geliştirmelerini de teşvik etmektedir. Fen bilgisi eğitiminde oyun tabanlı öğrenme, soyut bilimsel kavramları somutlaştırma ve bu kavramları öğrencilere etkili bir şekilde aktarabilme konusunda önemli bir araçtır (Okur & Koca Akkuş, 2021). Örneğin, öğrenciler bir bilimsel deneyin nasıl yapıldığını veya doğal olayların nasıl gerçekleştiğini sanal ortamda, oyun şeklinde keşfetmektedirler. Ayrıca, oyunlar, öğrencilerin günlük hayatla bağlantılı bilgileri daha iyi kavramalarını sağlamaktadır.

Oyun tabanlı öğrenme, aynı zamanda öğrencilerin problem çözme ve eleştirel düşünme becerilerini geliştirmektedir. Oyunlar, genellikle belirli hedeflere ulaşmak için çözülmesi gereken problemler içermektedir. Bu problemleri çözmek için öğrenciler stratejiler geliştirebilir, çeşitli senaryoları değerlendirebilir ve doğru çözümü bulmak için deneyler yapabilirler. Fen bilgisi derslerinde oyun tabanlı öğrenme, öğrencilerin bilimsel düşünme süreçlerine katılımlarını teşvik etmekte ve onların bilgiye dayalı kararlar almalarını sağlamaktadır. Özellikle çok oyunculu oyunlar, öğrencilerin grup çalışması yapmalarını, işbirliği içinde çalışarak çözüm üretmelerini ve birbirlerinden öğrenmelerini sağlamaktadır (Okur & Koca Akkuş, 2021). Bu tür oyunlar, fen bilgisi eğitiminde öğrencilerin bilimsel problemlere farklı açılardan yaklaşmalarını ve işbirliği yaparak takım çalışması içinde çözüm yolları bulmalarına yardımcı olmaktadır.

Tasarım Temelli Öğrenme Yaklaşımı

Tasarım temelli öğrenme, öğrencilere belirli bir sorunu çözmek için yaratıcı süreçler ve tasarım stratejileri kullanarak öğrenme fırsatları sunan bir öğretim yöntemidir. Bu yaklaşımda, öğrenciler, öğretmenlerin belirlediği öğretim hedeflerine ulaşmak için tasarım süreçlerini takip etmektedirler. Fen bilgisi eğitiminde tasarım temelli yaklaşımlar, öğrencilerin soyut bilimsel kavramları daha somut bir şekilde öğrenmelerine imkân tanımaktadır. Bu yöntem, öğrencilerin yaratıcı düşünme, problem çözme ve inovasyon becerilerini geliştirmelerine yardımcı olmaktadır. Tasarım temelli öğrenme, genellikle öğrencilere projeler ve gerçek dünya problemleri üzerinde çalışacakları fırsatlar sunarak, onları aktif katılım gösteren öğrenciler haline getirmektedir (Jonassen, 1999; Pirci & Torun, 2020). Bu süreçte öğrenciler, tasarım süreci boyunca karşılaştıkları sorunlara çözüm bulmaya çalışırken, mantıklı ve yaratıcı çözümler geliştirebilmek amacıyla düşüncelerini daha derinlemesine analiz etmektedirler (Okumuş, 2021).

Öğrenciler, ürettikleri bu tasarımları sürekli olarak gözden geçirmekte, giderek iyileştirmekte ve geliştirmektedirler. Bu aşamalar, onların problem çözme ve yenilikçi düşünme becerilerini arttırmaktadır (Arslanhan & İnaltekin, 2020). Dolayısıyla diğer paradigmalarda olduğu gibi tasarım temelli öğrenme yöntemi de öğrencilerin yetkinliğini arttırmada önemli bir rol üslenmektedir.

Tasarım temelli paradigmalar, öğrencilere öğrenmelerini kendi hızlarında ve tarzlarında gerçekleştirme fırsatı da sunmaktadır. Öğrenciler, projelerine odaklanarak, çeşitli kaynaklardan bilgi edinerek bu bilgileri tasarım süreçlerinde kullanmaktadırlar. Bu yaklaşımda öğretmen, öğrencilerin öğrenme süreçlerini yönlendiren bir rehber olarak rol almakta ve öğrencilerin tasarım süreçlerini keşfetmelerine yardımcı olmaktadır. Öğrenciler, projelerinin her aşamasında aktif olarak yer alırken, öğrenme sürecinde daha fazla sorumluluk almakta ve böylece öğrenme daha anlamlı ve kalıcı hale gelmektedir (Jonassen, 1999).

İşbirlikli Öğrenme Yaklaşımı

İşbirlikli öğrenme, öğrencilerin gruplar halinde çalışarak ortak bir hedefe ulaşmaya çalıştıkları bir öğretim yaklaşımıdır. Yeni paradigmalara takviye niteliğinde olan bu yaklaşımda, öğrenciler birbirlerinin bilgi ve becerilerinden faydalanarak, takım çalışması yapmakta ve birlikte çözüm yolları geliştirilmektedirler (Johnson & Johnson, 2013).

Fen bilgisi gibi soyut kavramların öğretildiği derslerde, öğrencilerin konuyu daha somut bir şekilde anlamalarına yardımcı olmaktadır. Ayrıca grup çalışması, bireye deney yapma ve gözlemlerini başkalarına aktarma fırsatı sunarken, öğrenmeyi de kalıcı hale getirmektedir (Nazeef & ark., 2024).

Geleneksel öğrenme yöntemlerine kıyasla, işbirlikli öğrenme yönteminin bir diğer avantajı ise öğrencilerin sosyal becerilerinin gelişmesindeki etkileridir. Bu yaklaşım, öğrencilere grup içinde etkili bir şekilde iletişim kurma, başkalarının görüşlerine saygı gösterme ve birlikte çalışma becerileri kazandırmaktadır. Bu süreçte öğrenciler birbirlerinden öğrenme imkânı bulmakta ve onların grup dinamiklerini anlamalarını sağlamaktadır.

Ayrıca, öğrenciler, grup içindeki rol dağılımlarına göre sorumluluk alarak, ekip çalışmasına katkıda bulunurlar. Bu tür bir sosyal etkileşim, öğrencilerin fen bilgisi derslerine olan ilgilerini arttırırken, öğrenmenin daha derin ve kalıcı olmasını sağlamaktadır (Öner & Karamustafaoğlu, 2023).

İşbirlikli öğrenme yaklaşımı, öğrencilerin yüksek düzeyde eleştirel düşünme becerileri geliştirmelerine yardımcı olmaktadır. Grup içindeki tartışmalar ve fikir alışverişleri, öğrencilerin kendi düşüncelerini sorgulamalarına, yeni bakış açıları geliştirmelerine ve yeni kazanımlar elde etmelerine fırsat tanımaktadır. Yeni ve çağdaş paradigmalarda birçoğunda olduğu gibi bu yaklaşım da öğrencilerin bilimsel becerilerini, problem çözme becerilerini ve öğrenci yetkinliklerini arttırmaktadır.

Öğrenciler, birbirlerinin fikirlerini değerlendirerek, daha kapsamlı ve doğru çözüm yolları geliştirebilirler. İşbirlikli öğrenme, öğrencilerin aktif katılımını ve eleştirel düşüncelerini teşvik etmektedir., bu da öğrenme süreçlerini daha anlamlı ve etkili hale getirir (Nazeef, Khan, & Ali, 2024).

Yeni paradigmlarla ilgili önceki kısımlarda da bahsedildiği gibi fen bilgisi eğitiminde işbirlikli öğrenme yöntemi de öğretmen rehberliğinde daha etkin olduğu bilinen bir öğrenme yaklaşımdır.

İşbirlikli öğrenme yaklaşımının öne çıkan en belirgin özelliği, diğer yeni paradigmalarda olduğu gibi öğrenci merkezli ve öğretmenin rehber konumunda olmasıdır. Başka bir deyişle, öğretmenin öğrencilere grup çalışması için uygun görevler vermesi, onların grup içindeki etkileşimlerini sağlaması ve onlara takım çalışması ruhunu kazandırmasıdır.

Grup çalışmaları sırasında öğretmenler, öğrencilere geri bildirim vererek, onların gelişmelerini izlemekte ve yukarıda bahsedildiği gibi onlara rehberlik etmektedirler. Bu bağlamda süreç, öğrencilerin etkinliklere daha fazla katılmalarını sağlamakta ve onların öğrenme sürecinde aktif bir rol oynamalarını teşvik etmektedir (Nazeef & ark., 2024).

Öğrenci Yetkinliğini Arttıran Faliyetler (Etkinlikler)

DeneySEL Etkinlikler (Problem Temelli Öğrenme)

Fen bilgisi derslerinde öğrencilerin aktif katılımını arttırmak için yapılan deneyler, teoriden pratiğe geçmeyi sağlamaktadır. Birey, doğal olayları gözlemleyebilir ve sonuçları analiz edebilir.

Etkinlik Örneği- Asit-Baz Deneyi:

Öğrenciler, çeşitli asit ve baz çözeltilerini karıştırarak, pH seviyelerini ölçer ve asit-baz özelliklerini keşfederler. Bu süreçte öğrenciler, hipotez oluşturur, deney yapar ve bulgularını raporlarlar. Bu etkinlik, problem çözme ve eleştirel düşünme becerilerini geliştirir.

Soru-Cevap ve Tartışma (Sorgulamaya Dayalı Öğrenme)

Bu öğrenme türü, bireyin aktif bir şekilde düşünmesini ve sorgulamasını teşvik etmektedir. Öğrenciler, fen bilgisi konuları hakkında sorular sorarak ve bu soruları tartışarak anlamlarını derinleştirir.

Etkinlik Örneği- Bilimsel Tartışma:

Öğrenciler, bir bilimsel konu (küresel ısınma, enerji verimliliği) hakkında araştırma yapar ve bu konu sınıfta tartışılır. Tartışmalar, belirli bir soruyu sorgulama ve farklı bakış açılarıyla analiz yapma fırsatı sunmaktadır.

Gruplarla Proje Çalışması (İşbirlikli Öğrenme)

İşbirlikli öğrenme etkinlikleri, öğrencilerin grup çalışması yaparak ortak bir hedefe ulaşmalarını sağlamaktadır. Bu tür etkinlikler, sosyal becerilerin gelişmesini ve öğrencilerin birlikte problem çözme yeteneklerini artırır.

Etkinlik Örneği- Ekosistem Modeli Tasarımı:

Öğrenciler, bir ekosistem tasarımı yaparlar. Bu etkinlikte öğrenciler, doğal yaşam alanları ve ekosistemler hakkında araştırma yaparak, öğrendikleri bilgileri kullanarak bir model oluştururlar. Grup içindeki işbirliği, öğrencilerin fikirlerini paylaşmalarına ve çözümler üretmelerine imkân tanımaktadır.

Oyun Tabanlı Etkinlikler (Oyun Tabanlı Öğrenme)

Oyun tabanlı öğrenme, öğrencilerin öğrenme sürecini daha eğlenceli ve etkileşimli hale getirir. Fen bilgisi dersinde, öğrenciler bilimsel konuları oyunlar aracılığıyla öğrenirler.

Etkinlik Örneği- Bilimsel Kavramlar Bingo:

Öğrencilere, bilimsel kavramların yazılı olduğu kartlar dağıtılır. Öğrenciler, öğretmenin verdiği ipuçlarıyla bu kavramları bulurlar. Oyun bitiminde, öğrenciler öğrendikleri kavramları sınıfla paylaşarak pekiştirme yaparlar.

Simülasyonlar ve Modelleme (Tasarım Temelli Öğrenme)

Simülasyonlar, öğrencilerin sanal ortamda deney yaparak öğrenmelerini sağlamaktadır. Modelleme etkinlikleri, öğrencilerin fen bilgisi bilgilerini somutlaştırmalarına yardımcı olmaktadır.

Etkinlik Örneği- Elektrik Devresi Tasarımı: Öğrenciler, bir elektrik devresi tasarlamak için sanal bir simülasyon kullanarak devre elemanlarını birleştirirler. Bu etkinlik, öğrencilerin elektrik devreleri hakkında derinlemesine bilgi edinmelerini ve modelleme becerilerini geliştirmelerini sağlamaktadır. Bu bağlamda, tasarım temelli öğrenme yaklaşımı, yeni paradigmalar içerisinde öğrenme sürecini daha anlamlı ve öğrenmeyi de daha kalıcı hale getiren yaklaşımların başında gelmektedir.

Rol Yapma Etkinlikleri (Aktif Öğrenme)

Rol yapma, öğrencilerin belirli bir durumu ya da fen bilimleriyle ilgili bir olayı canlandırmalarına imkân tanımaktadır. Bu etkinlik, öğrencilerin bilgilerini farklı senaryolarda uygulamalarına yardımcı olmaktadır.

Etkinlik Örneği- Doğa Olayı Canlandırma: Her bir öğrenci, bir doğa olayı (örneğin, bir deprem, volkan patlaması veya hortum) hakkında rol yapma etkinliği düzenler. Öğrenciler, bir bilim insanı, afet uzmanı veya doğa olayını deneyimleyen bir kişi olarak rol alır ve bu olayın nasıl gerçekleştiğini ve nasıl etkilendiğini açıklar.

Fikir Paylaşımı ve Beyin Fırtınası (Sorgulamaya Dayalı Öğr.)

Fikir paylaşımı, öğrencilerin birbirlerinin düşüncelerini dinleyerek ve tartışarak öğrenmelerine yardımcı olmaktadır. Beyin fırtınası, öğrencilerin yaratıcı düşünme becerilerini geliştirmelerini teşvik etmektedir.

Etkinlik Örneği- Yenilenebilir Enerji Kaynakları Beyin Fırtınası: Öğrenciler, yenilenebilir enerji kaynaklarını inceleyip, bu kaynakların avantajlarını ve zorluklarını tartışır. Beyin fırtınası ile yeni enerji çözüm önerileri geliştirilir ve bu çözüm önerileri sınıf içinde paylaşılır.

Fen Bilgisi Günlükleri ve Yansıtma (Aktif Öğrenme)

Fen bilgisi günlükleri, öğrencilerin öğrendikleri bilgileri yazılı olarak ifade etmelerini sağlamaktadır. Yansıtma, öğrencilerin öğrenme sürecini anlamalarına ve kendi gelişimlerini değerlendirmelerine imkân tanımaktadır.

Etkinlik Örneği- Bilimsel Keşif Günlüğü: Öğrenciler, her dersin sonunda öğrendikleri fen bilgisi kavramlarını ve yaptıkları gözlemleri bir bilimsel keşif günlüğüne yazarlar. Bu etkinlik, öğrencilerin bilgilerini organize etmelerini ve öğrendiklerini günlük yaşamla ilişkilendirmelerini sağlamaktadır.

Sonuç ve Öneriler

Eğitim öğretimde, özellikle fen eğitiminde başvuru olan yeni paradigmlar, öğrenci yetkinliğinin artmasında önemli birtakım roller üstlenmektedirler. Geleneksel yöntemlerin yerine, teknolojik, sorgulamaya dayalı öğrenme, oyunlaştırma ile öğrenme ve tasarım temelli öğrenme gibi öğrenci merkezli yaklaşımların benimsenmesi, öğrencilerin bilimsel düşünme, problem çözme ve yaratıcılık gibi bilimsel becerilerini geliştirmektedir.

Yeni paradigmlar, öğrencilere bilgiyi yalnızca öğrenmekle kalmayıp, aynı zamanda bu bilgiyi gerçek yaşam bağlamında kullanma becerisi kazandırmaktadır.

Eğitimciler ve politikacılar, fen bilgisi eğitiminin etkinliğini arttırmak için yenilikçi öğretim yaklaşımlarını yaygınlaştırmayı hedeflemelidir. Özellikle dijitalleşmenin eğitim ortamlarıyla entegre olması, öğrencilerin soyut bilimsel kavramları somut bir şekilde anlamalarını ve öğrenme süreçlerinin zenginleşmesinin önünü açmıştır (Benzer, 2020; Okur & Koca Akkuş, 2021). Örneğin, sanal laboratuvarlar ve simülasyonlar karmaşık deneylerin güvenli bir şekilde yapılmasını mümkün kılmakta ve fen eğitimi alanında geniş uygulama alanları sunmaktadır.

Öğrenci merkezli yaklaşımların fen bilgisi eğitimine entegre edilmesi, öğretmenlerin rolünü de yeniden tanımlamaktadır (MEB, 2018). Öğretmenler, artık bilgi aktarıcısı olmaktan çıkıp rehberlik ve öğrenme süreçlerini yönlendirme görevlerini üstlenmektedir. Bu bağlamda öğretmenlerin profesyonel gelişimlerine yönelik kapsamlı eğitim programları düzenlenmeli ve bu yeni öğretim yöntemleri konusunda bilgi ve beceri kazanmaları sağlanmalıdır (Yılmaz, 2023). Ayrıca, fen bilgisi eğitimi müfredatı; öğrenci ihtiyaçlarını ve ilgi alanlarını göz önünde tutarak yeniden yapılandırılmalıdır.

Öğrencilerin derslere aktif katılımı sağlanmalıdır: Fen bilgisi derslerinde öğrencilere aktif rol alma fırsatları sunulmalıdır. Deneyler, grup çalışmaları, oyun tabanlı öğrenme ve tartışmalar gibi etkinlikler, öğrencilerin öğrenmeye daha fazla dahil olmalarını sağlamaktadır. Öğrencilerin kendi keşiflerini yapmalarına ve problemleri grup içinde çözmelerine imkân tanımak, öğrenmelerinin kalıcılığını artırır.

Öğrencilere problem temelli öğrenme teşvik edilmelidir: Fen bilgisi öğretmenleri gerçek hayat problemleri üzerinden öğrenme fırsatları sunarak öğrencilerin teorik bilgilerini pratikte kullanmalarını sağlayabilirler. Öğrencilerin bilimsel problemlerle karşılaşması ve bu problemleri çözme sürecine aktif katılım göstermeleri, onların problem çözme becerilerini geliştirmektedir. Bu tür etkinlikler, öğrencilerin fen bilgisine olan ilgilerini arttırmakta ve onların çözüm üretme yeteneklerini pekiştirmektedir.

İşbirlikli öğrenme yaklaşımı kullanılarak sosyal beceri gelişimi desteklenmelidir: İşbirlikli öğrenme, öğrencilere birlikte çalışarak sorunları çözme, fikirlerini paylaşma ve başkalarının görüşlerine saygı gösterme fırsatı sunmaktadır. Öğretmenler, grup çalışmaları sırasında öğrencilerin etkin bir şekilde işbirliği yapmalarını teşvik etmelidir. Bu yaklaşım, öğrencilerin hem akademik hem de sosyal becerilerini geliştirmelerine yardımcı olmaktadır. İşbirlikli öğrenme teknikleri, fen bilgisi gibi sosyal etkileşim gerektiren derslerde öğrencilerin daha derinlemesine öğrenmelerini sağlamaktadır.

Derslerle teknoloji arasında entegrasyon sağlanmalıdır:

Teknolojinin eğitim-öğretimde kullanımı, öğrencilerin öğrenme deneyimlerini daha interaktif ve etkileşimli hale getirebilir. Fen bilgisi öğretmenleri, dijital araçları ve sanal laboratuvarları kullanarak öğrencilerin farklı fen bilimleri konularını daha derinlemesine keşfetmelerini sağlayabilir. Çünkü teknoloji, öğrencilerin dijital okuryazarlık becerilerini geliştirmelerine ve bilimsel keşifleri daha hızlı yapmalarına yardımcı olmaktadır.

Öğrencilerin yansıtıcı düşünme becerileri geliştirilmelidir:

Fen bilgisi öğretmenleri, öğrencilerin ders sonunda öğrendiklerini değerlendirmelerini ve yansıtıcı düşünme yapmalarını teşvik etmelidirler. Bu durum, öğrencilerin öğrenme süreçlerini gözden geçirmelerine ve kendi öğrenme stillerini anlamalarına yardımcı olmaktadır. Yansıtıcı düşünme, öğrencilerin öğrenmeyi daha anlamlı hale getirmelerine imkân tanımakta ve öğrendiklerinin günlük hayatta nasıl kullanılabileceği konusunda onlara fikir vermektedir.

Bireysel farklılıklar göz önünde bulundurulmalıdır:

Her öğrencinin öğrenme tarzı farklıdır. Fen bilgisi öğretmenleri, derslerinde farklı öğretim tekniklerini birleştirerek öğrencilerin bireysel öğrenme ihtiyaçlarına daha iyi yanıt verebilirler. Çünkü görsel, işitsel ve kinestetik (harekete dayalı) öğrenme stillerine hitap eden etkinlikler, öğrencilerin öğrenme süreçlerine daha fazla katılmalarını sağlamak ve onların başarılarını arttırmaktadır.

Geri bildirim süreçleri etkin olarak kullanılmalıdır:

Fen bilgisi öğretmenleri, öğrencilere düzenli olarak geri bildirimde bulunarak onların öğrenme süreçlerini yönlendirebilirler. Çünkü öğrencilerin güçlü yanlarını ve geliştirmeleri gereken alanları belirlemek, onların öğrenmelerine katkı sağlayabilir. Ayrıca, öğretmenler, öğrencilerin öğrenme süreçlerini değerlendirmek için çeşitli değerlendirme yöntemleri kullanarak, öğretim sürecini sürekli olarak iyileştirebilirler.

Sonuç olarak, fen bilgisi ğretmenlerinin, öğrencilerin aktif katılımını sağlamak için çeşitli ğretim yaklaşımlarını kullanmaları önemlidir. Bu yaklaşımlar öğrencilerin sadece bilgiyi almakla kalmayıp aynı zamanda öğrenme sürecine aktif olarak katılmalarını da sağlayacaktır. Öğrencilerin ğrenmeye daha fazla ilgi duymalarını ve bilgiye dair derin bir anlayış geliştirmelerini sağlamak, öğretmenlerin en önemli hedeflerinden biri olmalıdır. Teknolojik araçların ve ğrenci merkezli ğretim tekniklerinin entegrasyonu, fen bilgisi öğretimini daha etkili ve verimli hale getirmektedir. Öğretmenler, ders içeriklerini öğrencilerin ilgi alanlarına göre uyarlayarak bilimsel konuları daha eğlenceli ve anlamlı hale getirebilirler.

Özetle, fen bilgisi ğretiminde ğrenci yetkinliğini arttıran yeni paradigmlar ve yöntemler uygulanması, öğrencilerin öğrenme süreçlerine daha fazla katılım göstermelerini ve fen bilimlerine olan ilgilerinin artmasını sağlayacaktır. Böylece ğretim süreçlerine ilişkin niteliğin yükselmesi ve buna bağlı olarak da öğrencilerin akademik başarılarının artması sağlanabilir.

Kaynakça

Arslanhan, H., & İnaltekin, T. (2020). Tasarım temelli öğrenme uygulamalarının fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM anlayışlarını geliştirmeye etkisi. *Van Yüüüncü Yıl Üni. Eğitim Fakültesi Dergisi*, 17(1), 231-265. Doi: 10.33711/yyuefd.691585

Aslan, S., Ertaş, H., & Kılıç, D. (2016). *Bilimsel Süreç Becerileri*. Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.

Barrows, H. S. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. *New Directions for Teaching and Learning*, 1996(68), 3-12.

Batdı, V., Öztaş, C., & Talan, T. (2021). Fen bilgisi dersinde yapılandırmacı yaklaşım uygulamalarının karma-meta yöntem ile analizi. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 40, 33-44. Doi: 10.14582/DUZGEF.2021.175

Benzer, E. (2020). Bilimsel okuryazarlık ve medya okuryazarlığı arasındaki ilişki: Fen bilgisi öğretmen adayları örneği. *Araştırma ve Deneyim Dergisi*, 5(1), 10-23.

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington: National Academy Press.

Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What Is STEM? A Discussion about Conceptions of STEM in Education and Partnerships. *School Science and Mathematics*, 112, 3-11.

Dağdalan, G., & Taş, E. (2017). Simülasyon destekli fen öğretiminin öğrencilerin başarısına ve bilgisayar destekli fen öğretime yönelik tutumlarına etkisi. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi*, 5(2), 160-172.

Dağyar, M., & Demirel, M. (2015). Probleme dayalı öğrenmenin akademik başarıya etkisi bir meta analiz çalışması. *Eğitim ve Bilim*, 40, 181, 139-174.

Demir, A., & Yavuz, B. (2017). Aktif öğrenmenin öğrenci başarısı ve tutumuna etkisi. *Eğitim ve Bilim Der.*, 42(189), 125-140.

Demirel, Ö. (2017). *Öğretim İlke ve Yöntemleri: Öğrenci Merkezli Öğretim Yaklaşımları*. Ankara: Pegem Akademi.

Demirel, Ö. (2023). *Öğretim İlke ve Yöntemleri: Öğretme Sanatı*. Ankara: Pegem Akademi.

Eshach, H., & Fried, M. N. (2005). Should science be taught in early childhood? *Journal of Science Education and Technology*, 14(3), 315-336.

Fichten, W. (2019). *Inquiry-based Learning in teacher training*. P.129-137. Berlin: Springer.

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410-8415.

Harlen, W. (2010). *Principles and Big Ideas of Science Education*. Hatfield: Association for Science Education.

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2013). The impact of cooperative, competitive, and individualistic learning environments on achievement. In J. Hattie & E. Anderman (Eds.), *International handbook of student achievement* (372-374). New York: Routledge.

Jonassen, D. H. (1999). Designing constructivist learning environments. *Instructional design theories and models*, 2, 215-239.

Kahyaoğlu, İ., & Torun, G. (2021). 8. sınıf cebirsel ifadeler ve özdeşlikler konusunun 7E öğrenme modeli ile öğretiminin öğrencilerin akademik başarıları ile öğrenmenin kalıcılığına etkisi ve öğrenci görüşleri. *Türk Akademik Yayınlar Dergisi (TAY Journal)*, 5(2), 229–252.

MEB. (2018). *Fen bilimleri dersi öğretim programı, ilkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. Sınıflar*. Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, Ankara: MEB Yayınevi.

Nazeef, N. M., Khan, A., & Ali, J. (2024). Impact of collaborative learning on student`s academic performance in teacher`s education program. *Journal of Asian Development Studies*, 13(1), 1054-1068.

Okumuş, S. (2021). Fen bilgisi öğretmen adaylarının öğrenci merkezli etkinlik tasarlama becerilerinin geliştirilmesi: Bir eylem araştırması. *Milli Eğitim Dergisi*, 50(229), 93-127.

Okur, M., & Koca-Akkuş, B. (2021). Fen eğitiminde oyun temelli öğrenmenin öğrencilerin fen dersine yönelik tutuma etkisi: Bir meta-analiz çalışması. *Journal of Computer and Education Research*, 9(17), 327-352. Doi: 10.18009/jcer.860779

Öner, İ., & Karamustafaoğlu, M. (2023). Fen bilimleri öğretmen adaylarının öğrenme stilleri ile işbirlikli öğrenmeye karşı tutumları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research*, 10(101), 3112-3120. Doi: 10.5281/zenodo.10255681

Öztürk, B. (2021). Fen öğretiminde sıklıkla kullanılan aktif öğrenme model, yöntem ve teknikleri. M. Okur & A.T. Orhan (Eds.). *İlkokulda fen öğretimi içinde* (321-344). Ankara: Vizetek Yayıncılık.

Pirci, H. A., & Torun, G. (2020). Cebirsel ifadeler konusunun öğretiminde 5E öğrenme modelinin 6. sınıf öğrencilerinin akademik başarısı üzerine etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 28(1), 494-511.

Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223-231.

Ramsden, P., & Ramsden, P. (2003). *Learning to Teach in Higher Education* (2nd ed.). New York: Routledge.

Sahin, C., & Ozturk, S. (2009). Problem-based learning applications and their effects. *Journal of Educational Research*, 7(3), 20-35.

Savery, J. R. (2006). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1), 9-20.

Şenyiğit, Ç. (2021). The effect of problem-based learning on pre-service primary school teachers' conceptual understanding and misconceptions. *International Online Journal of Primary Education*, 10(1), 50-72.

Tekin, N., Aslan, O., & Yağız, D. (2016). Fen bilimleri öğretmen adaylarının bilimsel okuryazarlık düzeyleri ve eleştirel düşünme eğilimlerinin incelenmesi. *Amasya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 5(1), 23-50.

Tekin, O. (2014). Fen bilimlerinde aktif öğrenme yöntemlerinin kullanımına dair bir inceleme. *Milli Eğitim Dergisi*, 2014(203), 22-29.

Yanarateş, E. (2021). Fen bilimleri öğretimi ve teknoloji kullanımında güncel yaklaşımlar. T. Talan (Ed.), *Eğitimde dijitalleşme ve yeni yaklaşımlar* içinde (s. 59-104), İstanbul: Efe Akademi Yayıncılık.

Yanarateş, E., & Yılmaz, A. (2022). Fen öğretiminde 21. yüzyıl becerilerinin önemi. S. Karabatak (Ed.), *Eğitim & Bilim 2022-III* içinde (s.75-90). İstanbul: Efe Akademi Yayıncılık.

Yılmaz, A. (2021). Planetaryum ve gözlemevlerinde STEM eğitimi. B. Bakioğlu ve M. Çevik (Eds.), *Okul Dışı Öğrenme Ortamlarında Uygulamalı STEM Eğitim* içinde (s. 211-236), Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

Yılmaz, A. (2023). Fen bilimleri eğitiminde dijital uygulamalar, yapay zekâ ve akıllı yazılımlar: Tehditler ve fırsatlar. A. Akpınar (Ed.). *Matematik ve Fen Bilimleri Üzerine Araştırmalar-II* içinde (ss.1-20). Gaziantep: Özgür Yayınları.