

A Meta-Analysis Study on the Effect of Adaptive Learning Environments on Academic Achievement

Uyarlanabilir Öğrenme Ortamlarının Akademik Başarıya Etkisi Üzerine Bir Meta-Analiz Çalışması

Tuğba Oğuz
Bartın University

[0000-0003-0384-6119](https://orcid.org/0000-0003-0384-6119)

Yalçın Yavuz *
Bartın University

[0000-0003-2747-0072](https://orcid.org/0000-0003-2747-0072)

Received [Geliş]
26.12.2024

Accepted [Kabul]
13.3.2025

* Mail address
yalcinyavuz67@hotmail.com

Keywords
Adaptive learning environments, Academic achievement, meta-analysis

Anahtar Kelimeler
Uyarlanabilir öğrenme ortamları, Akademik başarı, Meta-Analiz



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

ABSTRACT

The primary aim of this study is to systematically compile experimental research examining the impact of adaptive learning environments on students' academic achievement and to synthesize the findings through a comprehensive analysis. To this end, a thorough literature search was conducted across multiple academic databases—including ERIC, Web of Science, ProQuest Dissertations and Theses, the Turkish National Thesis Center (YÖK Ulusal Tez Merkezi), and Google Scholar—using keywords such as adaptive learning environments, academic achievement, and personalized learning. As a result of this screening process, a total of 16 studies meeting the inclusion criteria were identified: 7 doctoral dissertations, 2 master's theses, and 7 peer-reviewed journal articles. For data analysis, the Comprehensive Meta-Analysis (CMA) software was employed, which is widely used to calculate overall effect sizes across multiple data sets in meta-analytical research. Given the heterogeneity among the included studies in terms of sample characteristics and implementation contexts, a random-effects model was adopted. This model accounts for potential variations across studies and allows for more generalizable conclusions. The findings indicate that adaptive learning environments have a statistically significant and positive impact on students' academic achievement. These results highlight the effectiveness of student-centered, flexible learning approaches that consider individual differences, thereby underscoring the pedagogical value of adaptive technologies in education.

ÖZ

Bu çalışmanın temel amacı, uyarlanabilir öğrenme ortamlarının öğrencilerin akademik başarıları üzerindeki etkisini inceleyen deneysel araştırmaları sistematik bir şekilde derlemek ve bu çalışmaların bulgularını bütüncül bir analizle sentezlemektir. Bu doğrultuda, literatürde yer alan nitelikli çalışmalara ulaşmak amacıyla “uyarlanabilir öğrenme ortamları”, “akademik başarı” ve “kişiselleştirilmiş öğrenme” anahtar kavramları kullanılarak ERIC, Web of Science, ProQuest Dissertations and Theses, YÖK Ulusal Tez Merkezi ve Google Scholar veri tabanlarında kapsamlı bir tarama gerçekleştirilmiştir. Tarama sonucunda, araştırma ölçütlerini karşılayan 7 doktora tezi, 2 yüksek lisans tezi ve 7 akademik makale olmak üzere toplam 16 çalışma analize dâhil edilmiştir. Verilerin analizinde, meta-analiz yöntemlerinden biri olan ve çoklu veri setlerinin ortak etki büyüklüklerini hesaplamada yaygın olarak tercih edilen Comprehensive Meta-Analysis (CMA) yazılımı kullanılmıştır. Dahil edilen çalışmaların yapısal ve bağlamsal farklılıkları göz önünde bulundurularak rastgele etkiler modeli tercih edilmiştir. Bu model, her bir çalışmanın farklı örneklem yapıları ve uygulama koşulları nedeniyle oluşabilecek varyasyonları hesaba katarak daha genellenebilir sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Analiz bulguları, uyarlanabilir öğrenme ortamlarının öğrencilerin akademik başarıları üzerinde anlamlı ve olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, bireysel farklılıkları dikkate alan, esnek ve öğrenci merkezli öğrenme yaklaşımlarının öğrenme çıktıları açısından değerini vurgulamaktadır.

Giriş

Günümüzde dijitalleşmenin hız kazanmasıyla birlikte, teknolojiye değişim ve dönüşümler, bilgi birikiminin değerlendirilmesini ve anlamlandırılmasını zorlaştırmaktadır. Bilgi miktarının sürekli artışı, bu bilginin yapılandırılarak beceriye dönüştürülmesini güçleştirmekte, ayrıca öğrenme ortamlarının grup dinamiklerine uygun olarak tasarlanması eğitim sürecinde yeni zorluklar yaratmaktadır. Uyarlanabilir öğrenme yaklaşımı, bireylerin farklı kişisel özellikleri ve çeşitli öğrenme stillerine sahip olmalarından kaynaklanan öğrenme güçlüklerine çözüm bulmak amacıyla geliştirilmiştir (Cültekin ve Burak, 2019).

Son yıllarda dijitalleşmenin hızlanmasıyla, eğitim teknolojilerinde de büyük bir ilerleme kaydedilmiştir. Öğrenme deneyimleri bireysel ihtiyaçlara göre özelleştirildiğinde, e-öğrenme içeriklerinin hem daha çeşitli hem de daha zengin hale geldiği görülmektedir (El-Sabagh, Hamed, 2020). E-öğrenme, öğrencilere zaman ve mekandan bağımsız olarak aktif bir öğrenme süreci sağlamak ve bu süreç, daha yapıcı öğrenme sonuçlarına olanak tanımaktadır (Chen ve diğerleri, 2010). Bu nedenle, uyarlanabilir öğrenme ortamları, farklı kurumlar tarafından yaygın şekilde kullanılan ve etkili bir yaklaşım haline gelmiştir. Uyarlanabilir öğrenme ortamları, öğrenme yönetim sistemleri (LMS) aracılığıyla, öğrenme süreçlerini öğrencilerin bireysel öğrenme tarzlarına göre şekillendirmeye yönelik olarak tasarlanan bir çalışma alanıdır. Bu sistemler, öğrenme materyallerinin bireylerin tercihleri veya öğrenme tarzlarına göre düzenlendiği bir öğrenme sürecini ifade etmektedir (El-Sabagh, 2021).

Uyarlanabilir öğrenme, literatürde genellikle bireyselleştirilmiş eğitimle eş anlamlı olarak kullanılmakla birlikte, aralarında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Bireyselleştirilmiş eğitim, özel yöntem ve stratejilerle bire bir sunulan ve kişisel öğrenme gereksinimlerini karşılamaya yönelik etkinlikleri kapsar. Ancak, bu eğitim süreci, öğrenme ihtiyaçlarına yeterince esnek şekilde yanıt veremediğinde uyarlanabilir bir yapıya sahip değildir. Bir grup ortamında gerçekleştirilen eğitim, hem bireysel hem de ortak ihtiyaçlara duyarlı hale getirildiğinde uyarlanabilir öğrenme olarak nitelendirilmektedir (Park ve Lee, 2003).

Uyarlanabilir öğrenme ortamları, doğru içerikleri, doğru bireylere, doğru zamanda ve en uygun yöntemle sunmayı amaçlamaktadır (Shute ve Towle, 2003). Bu sistemler, öğrenen bireylerin ihtiyaçlarına bağlı olarak sürekli güncellenmekte ve her bir öğrenciye özgü etkili öğrenme deneyimleri sunmaktadır (Tuna ve Öztürk, 2015).

Uyarlanabilir öğretim geliştirme ve uygulama çabaları öğretimin yönlerine dayalı olarak farklı yaklaşımlar benimsemiştir. Bu yaklaşımlar, öğretim hedefleri, müfredat içeriğinin derinliği ve sunum sistemleri gibi öğretimin yalnızca birkaç ana bileşeninin seçilmesinde farklı alternatiflere izin veren, okul ortamlarında geleneksel adım adım grup öğretimine alternatif olarak geliştirilen çoklu uyarlanabilir öğretim sistemini benimseyen, macro yaklaşım; belirli bir öğretim prosedürlerinin ve stratejilerinin belirli öğrenci özelliklerine uyarlandığı, öğretim için en uygun öğrenen özelliklerinin tanımlanmasını ve bu yeteneklere sahip öğrencilerin öğrenme sürecini en iyi şekilde kolaylaştıracak öğretim stratejilerinin seçimini benimseyen, yetenek-yöntem etkileşimi yaklaşımı; öğretim sırasında öğrencinin özel öğrenme ihtiyaçlarını teşhis eden ve ihtiyaçlar için öğretim reçeteleri sağlayan, öğrencinin öğretim hayatı boyunca devam eden öğrenme sürecine rehberlik etmek için tasarlanan, öğrencilerin ödev üzerindeki performansının sürekli olarak analiz edildiği, mikro yaklaşımdır (Park and Lee, 2003). Makro-uyarlanabilir sistemler, genellikle öğrencinin veya grubun ihtiyaçlarının önceden bir profiline dayalı olarak, öğrenmeyi bir hedef kitleye uyarlar. Makro-uyarlamalı sistemler, tipik olarak, kullanıcıyı veya hedef kitleyi bir kurs almadan önce değerlendirir ve ardından kursun bireye veya gruba nasıl sunulacağını önceden seçer. İki ana türe ayrılırlar: İlk tür, medyayı, bağlamı veya verilen öğrenme etkinliğinin tarzını uyarlamak için öğrencinin kişisel tercihleri hakkındaki bilgileri kullanır. İkinci tür, bir dersin öğelerini "denemelerine" izin vermek için öğrencinin mevcut yeteneklerinin veya bilgisinin bir profilini kullanır. Bu ön test sistemleri, öğrencinin bilgilerinin bir anlık görüntüsünü kullanarak öğrenme süresinden tasarruf sağlamaktadır. Mikro-uyarlanabilir sistemler, en etkili kişiselleştirme biçimini sunar ve kişiselleştirme üzerine temeldeki çalışmalarla en uyumludur ve üç ana türe ayrılır: İlk tür olan tercihe dayalı mikro uyarlamalı sistemler, tercih tabanlı makro uyarlamalı sistemlere benzer,

ancak kullanıcı ilerledikçe belirli kullanıcının tercihlerini öğrenir ve ardından buna göre içerik sunar. İkinci tür olan kural tabanlı sistemler, sistemin kullanıcının eylemlerine nasıl tepki verdiğinin önceden programlanmasına dayanır. Üçüncü tür olan algoritma tabanlı sıralama sistemleri, ilerledikçe her birey için en uygun öğrenme sırasını belirlemek için veriye dayalı algoritmalar kullanır. Bu tür bir sistem, öğrencinin herhangi bir noktada neye ihtiyacı olduğunu değerlendirmek için mevcut verileri kullanır (Thompson, 2013). Bunların yanında uyarlanabilir öğretim sistemlerini etkileyen bazı özel pedagojik yaklaşımlar da vardır. Bunlar yapılandırmacı öğrenme, koşullu öğrenme stratejileri, motivasyonel yeterlilik, üstbilişsel stratejiler ve işbirlikçi öğrenme gibi pedagojik yaklaşımlardır (Lee and Park, 2008).

Uyarlanabilir öğrenme ortamları genel olarak maliyet tasarrufu, performans ve stratejik yarar gibi çeşitliliklere sahiptir. Bunun yanında uyarlanabilir öğrenme ortamları sayesinde kullanıcılar, sınırsız öğrenme materyali erişimi, güvenli bir ortamda, aktif ve anında kişiselleştirilmiş bir eğitim gibi olanaklara sahip olmaktadır (Eryılmaz ve Şimşek, 2014). Geleneksel yapıda olan öğretim ortamlarının yanında bir alternatif olarak ortaya çıkan uyarlanabilir öğrenme modelleri, ilgili alan yazın incelendiğinde öğrencilerin akademik başarılarını artırdığı, derse olan ilgilerini üst seviyeye çıkardığı, öğrencilerin derse karşı tutumlarını pozitif şekilde etkilediği görülmektedir (Uysal, 2008; Aydoğdu ve diğerleri, 2019; Aslan ve diğerleri, 2018; Cesur, 2013; Despotović-Zrakić ve diğerleri, 2012; Horzum ve Balta, 2008; Jung ve diğerleri 2002; Hopcan, 2013; Chen ve diğerleri, 2010; El-Sabagh, 2021; El Bachari ve diğerleri, 2011; Younes, 2021; Özyurt ve diğerleri, 2014; Alam ve diğerleri, 2017; Eryılmaz ve Şimşek, 2014; Scarpiello, 2021; Harati, 2021; Spruel, 2020; Wang, 2020; Alwadei, 2019; Bağcı ve Yalın, 2018; Demirören, 2014; Erdoğan, 2020; Güngören, 2015). İncelenen çalışmalar doğrultusunda, uyarlanabilir öğrenme ortamlarının akademik başarıya etkisini test eden deneysel çalışmaların sonuçlarının özetlenebilmesi ve sentezlenebilmesi önem taşımaktadır. İstenen bu olay da ancak meta analiz ile mümkündür.

Meta-analiz, farklı çalışmalardan toplanan çıkarımların birleştirilmesiyle genel bir kanı elde edilmesi için yapılan analiz anlamı taşıdığı gibi bir çalışmaya ait sonuçların tekrar değerlendirilip, analiz edilmesi anlamı da taşımaktadır (Dinçer, 2021, 2). Cohen ve diğerleri (2007:291) göre basit anlamda meta analizi "Analizlerin analizi." Diye adlandırmaktadır. Ayrıca meta analiz belirli bir konu alanıyla ilişkili yapılmış birincil nicel çalışmaların belirli ölçütlere göre seçim yapılarak, sonuçlarının birleştirilmesinde kullanılan bir çalışma sentezi yöntemidir. Yöntemin getirisi olan bir olay ya da olguların gerçekteki durumunu tahmin edebilmek durumundan yola çıkarak uyarlanabilir öğrenme ortamlarının akademik başarı üzerindeki etkisinin incelendiği deneysel çalışmalar konu edinmiştir. Bu çalışma, farklı sonuçları olan çalışmaları bir araya getirerek bir sentez yapması yönüyle önemlidir.

Bu çalışma, uyarlanabilir öğrenme ortamlarının akademik başarıya etki düzeyinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Bu amaca ulaşabilmek için aşağıdaki hipotez test edilmiştir:

Uyarlanabilir öğrenme ortamlarındaki öğrencilerin akademik başarıları ile uyarlama olmayan ortamlardaki öğrencilerin akademik başarıları arasında uyarlanabilir ortamlar lehine anlamlı bir fark vardır.

Günümüz eğitim sistemlerinde bireyselleştirilmiş ve öğrenci odaklı öğrenme yaklaşımları, teknolojinin hızlı gelişimiyle birlikte giderek daha fazla önem kazanmıştır. Uyarlanabilir öğrenme ortamları, bireysel farklılıkları dikkate alarak öğrencilere öğrenme süreçlerini optimize etme fırsatı sunmakta ve geleneksel yöntemlerin sınırlılıklarını aşmada önemli bir potansiyel taşımaktadır (Alam, Ullah, & Ali, 2018). Ancak bu teknolojilerin akademik başarı üzerindeki etkileri, farklı bağlamlarda çeşitli sonuçlar göstermiştir. Bu durum, uyarlanabilir öğrenme ortamlarının genel etkinliğini belirlemek ve bağlamsal farklılıkları anlamak adına kapsamlı bir meta-analiz çalışmasını gerekli kılmıştır.

Eğitimde uyarlanabilir öğrenme sistemlerinin artan önemi, öğrenme deneyimlerini kişiselleştirme çabalarıyla doğrudan ilişkilidir. Zhang ve Galaup (2023), uyarlanabilir öğrenme ekosistemlerinin öğrenme çıktıları artırmadaki kritik rolünü vurgulamış ve bu sistemlerin, bireysel öğrenme ihtiyaçlarını karşılamada diğer

yöntemlere göre daha etkili olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, El-Sabagh (2021) tarafından yapılan çalışmada, uyarlanabilir e-öğrenme ortamlarının, öğrencilerin derse katılımını ve öğrenme motivasyonunu artırdığı belirtilmiştir. Bununla birlikte, uyarlanabilir öğrenme ortamlarının etkinliği üzerine yapılan araştırmaların farklı yöntem ve bağlamlar nedeniyle birbirinden farklı sonuçlar ürettiği görülmektedir (Luo, Yang, & Wei, 2017).

Bu araştırmanın amacı, uyarlanabilir öğrenme ortamlarının akademik başarıya etkisine ilişkin mevcut bulguları sistematik bir şekilde analiz ederek bu sistemlerin genel etkisini değerlendirmektir. Ayrıca, bu etkilerin hangi bağlamlarda daha güçlü ya da zayıf olduğunu ortaya koyarak gelecekteki araştırmalar ve uygulamalar için yol gösterici bilgiler sunmayı hedeflemektedir. Literatürdeki bu çeşitlilik, bir meta-analiz çalışması yoluyla sistematik bir değerlendirme yapılmasını ve genel eğilimlerin ortaya konmasını gerekli kılmıştır. Bu doğrultuda, araştırma, literatürdeki boşlukları doldurmayı ve uyarlanabilir öğrenme ortamlarının eğitimdeki rolünü daha iyi anlamayı amaçlamaktadır.

Yöntem

Çalışma Modeli

Bu çalışmada, uyarlanabilir öğrenme ortamlarının akademik başarıya etkisinin incelendiği çalışmalara WEB'te bulunan bilimsel veri tabanlarının taranması sonucu ulaşılarak, çalışmalar üzerinden meta analiz yapılmıştır.

Materyal ve Veri Kaynakları

WEB veri tabanları kullanılarak sistemli şekilde, uyarlanabilir öğrenme ortamlarının akademik başarıya etkisinin araştırıldığı 7 yüksek lisans tezi, 2 doktora lisans tezi ve 7 makale olmak üzere toplam 16 çalışmaya ulaşılmıştır. Çalışmaların, 2002-2021 yılları aralığında yapılmış olduğu tespit edilmiştir.

Verilerin Toplanması

Çalışma kapsamındaki çalışmalar, uyarlanabilir öğrenme ortamları, akademik başarı ve bireyselleştirilmiş öğrenme ortamları anahtar kelimeler kullanılarak "Google Scholar, Web of Science, ERIC, ProQuest Dissertations and Theses, ve YÖK Ulusal Tez Merkezi" akademik veri tabanlarından derlenmiştir. Çalışmaya dahil edilen çalışmalarda, deney grubu katılımcılarına uyarlanabilir öğrenme ortamlarının, kontrol grubu katılımcılarına ise geleneksel öğrenme yöntemlerinin uygulandığı; deney ve kontrol gruplarına ilişkin son test ölçümlerinin yapıldığı; bu gruplara ait aritmetik ortalamaların, standart sapmaların ve katılımcı sayılarının net olarak belirtildiği; çalışmaların bilimsel yöntemlere dayalı olarak hazırlanmış makale ya da tez niteliğinde olduğu göz önünde bulundurulmuştur.

Verilerin Analizi

Çalışmaya dahil edilecek çalışmaları belirlemek için bir kodlama sistemi geliştirilmiştir. Bu kodlama sisteminde, bilimsel çalışmaların yazarı ya da yazarları, yayın yılı ve türü şeklinde bilgiler kayıt altına alınmıştır. Belirlenen çalışmalardan elde edilen veriler "Comprehensive Meta-Analysis (CMA)" yazılımına girilmiş ve analizler bu program aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.

Meta-analiz, birden fazla bağımsız çalışmadan elde edilen nicel verilerin bir araya getirilerek sistematik bir şekilde analiz edilmesini sağlayan istatistiksel bir yöntemdir (Borenstein, Hedges, Higgins, & Rothstein, 2009). Bu yöntem, aynı konuda farklı çalışmalarda elde edilen bulguların genelleştirilmesini ve bu bulgular arasındaki tutarlılığın ya da farklılıkların belirlenmesini mümkün kılar (Cooper, Hedges, & Valentine, 2009). Meta-analiz, özellikle belirli bir konu üzerine yapılan çalışmalarda karşılaşılan metodolojik çeşitliliği ve sonuçlardaki farklılıkları açıklamada güçlü bir araçtır.

Bir meta-analizin temel amacı, belirli bir müdahalenin veya yöntemin etkisini, genel bir etki büyüklüğü hesaplayarak değerlendirmektir. Bu çalışmada, meta-analiz yöntemi, uyarlanabilir öğrenme ortamlarının akademik başarı üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla tercih edilmiştir. Literatürde, meta-analiz yönteminin özellikle eğitim araştırmalarında, bir konunun genelleştirilebilir etkisini ortaya koymak için yaygın olarak kullanıldığı ifade edilmektedir (Cheung, 2015).

Bu bağlamda, çalışmamızda meta-analiz yöntemi kullanılarak, uyarlanabilir öğrenme ortamlarının akademik başarı üzerindeki etkisini inceleyen farklı çalışmaların bulguları bir araya getirilmiş ve genel bir etki büyüklüğü hesaplanmıştır. Analiz sürecinde rastgele etkiler modeli tercih edilerek çalışmalardaki heterojenlikler dikkate alınmış ve bu modelin, çalışmalardan elde edilen farklı sonuçları daha güvenilir bir şekilde birleştirdiği vurgulanmıştır (Borenstein vd., 2009). Bu yöntem, araştırma sorularını yanıtlamada ve uyarlanabilir öğrenme ortamlarının etkilerini bağlamsal olarak değerlendirmede güçlü bir temel sağlamıştır.

Meta-analizin temel birimi olan etki büyüklüğü, değişkenler arasındaki ilişkinin gücünü ifade eden bir ölçüdür. Her çalışma için ayrı ayrı etki büyüklükleri hesaplanmış ve bu değerler arasında bir tutarlılık olup olmadığını değerlendirmek amacıyla ortalama bir etki büyüklüğüne ulaşmaya çalışılmıştır (Borenstein ve diğerleri, 2009, s. 3-4). Etki büyüklüğünü hesaplamak için kullanılan yöntemler çalışmanın doğruluğu açısından kritik öneme sahiptir. Literatürde sabit etkiler modeli ve rastgele etkiler modeli olmak üzere iki farklı model bulunmaktadır. Sabit etkiler modeli, tüm çalışmaların aynı ortak etkiyi paylaştığını varsayar. Rastgele etkiler modeli ise, her çalışmanın kendine özgü bir etki büyüklüğüne sahip olabileceğini kabul eder (Cheung, 2015, s. 83-87).

Hangi modelin kullanılacağına karar verirken Q istatistiği önemli bir rol oynamaktadır. Q istatistiği, çalışmaların ortak bir genel etkiyi paylaşıp paylaşmadığını belirlemeye yardımcı olur. Eğer yapılan istatistiksel analiz sonucu p değeri kritik eşiğin altında kalırsa, bu durum çalışmalar arasında homojenlik olmadığını ve sonuçların heterojen olduğunu göstermektedir.

Tablo 1. Etki Modeline Göre Ortalama Etki Büyüklükleri ve Güven Aralığı Alt ve Üst Değerleri

Model	N	%95 Güven Aralığı		Q-değeri	p
		Alt Sınır	Üst Sınır		
Sabit Etkiler Modeli	16	0.271	0.423	30,145	0.011
Rastgele Etkiler Modeli	16	0.317	0.571		

Çalışmaya dahil edilen çalışmaların Q değeri 30,145 olarak hesaplanmıştır. Bu değer 15 serbestlik derecesine göre kritik değerin üzerindedir ($Q > 24,996$). Ayrıca çalışmalar arası anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p < .05$). Bu değerler çalışmaların heterojen dağıldığını göstermekte ve bu sebeple etki büyüklüğü rastgele etkiler modeli ile hesaplanmıştır.

Araştırma Etiği

Bu meta-analiz çalışması, sistematik inceleme bulgularına erişim, analiz ve raporlama süreçlerinde etik hususlara titizlikle riayet edilerek gerçekleştirilmiştir.

Bulgular

Meta-analiz çalışmasına dahil edilen bilimsel çalışmaların özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Uyarlanabilir Öğrenme Ortamlarının Başarıya Etkisini İnceleyen Çalışmalara İlişkin Betimsel İstatistikler

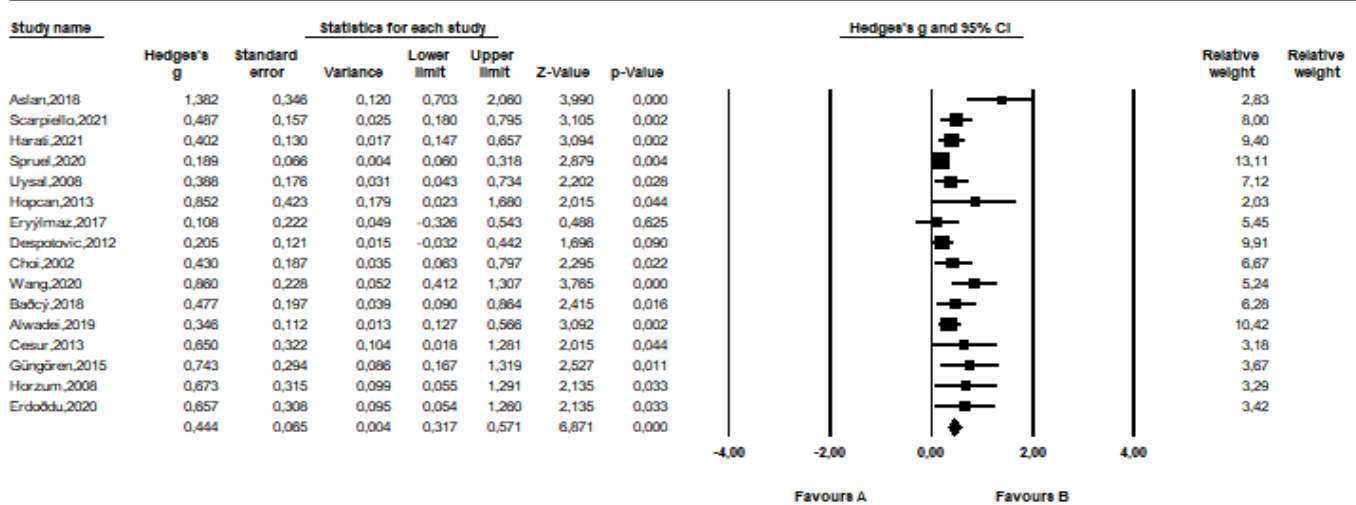
Değişken	Düzeyleri	N
Yayın Türü	Doktora Tezi	7
	Yüksek Lisans Tezi	2
	Makale	7
	Toplam	16
Yayın Bölgesi	Yerli	9
	Yabancı	7

Tablo 2’ye göre meta-analiz kapsamında alınan 16 çalışmanın 7’si doktora tezi, 2’si yüksek lisans tezi, 7’si makale çalışmasıdır. Ayrıca çalışmaların 9’u yerli, 7’si yabancı çalışmadır.

Uyarlanabilir Öğrenme Ortamlarının Akademik Başarıya Etkisine İlişkin Bulgular

Çalışmada etki büyüklüğünün hesaplanmasına geçilmeden önce, çalışmalar arasında heterojenlik olduğu tespit edilmiştir ($Q= 30,145$, $p<.05$). Yapılan analiz sonucunda çalışmaların heterojenlik düzeyinin %50 olduğu belirlenmiştir ($I^2=50,241$). Cooper ve diğerleri (2009, s. 263), I^2 değerinin %50’yi aşması durumunda heterojenliğin orta düzeyde olduğunu ifade etmektedir. Bu veriler doğrultusunda, gerçek etki büyüklüğünün tahmin edilmesinde rastgele etkiler modelinin kullanılmasının uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Rastgele etkiler modeli ile hesaplanan etki büyüklüğü değerleri ile bu çalışmalara ait meta-analizdeki ağırlıklar, Şekil 1’de detaylı bir şekilde sunulmaktadır.

Meta Analysis



Meta Analysis

Şekil 1. Uyarlanabilir Öğrenme Ortamlarının Akademik Başarıya Etkisine İlişkin Orman Grafiği (Forest Plot)

Çalışmaya dahil edilen çalışmaların teker teker etki büyüklükleri incelendiğinde, birtakım çalışmaların deney grubunun lehine anlamlı etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Tablo 3'te rastgele etkiler modeline göre yapılan meta-analiz sonuçları yer almaktadır.

Tablo 3. Rastgele Etkiler Modeline Göre Hesaplanan Meta-Analiz Etki Büyüklüğüne İlişkin Bulgular

EB	Z	I^2	S_{hata}	EB_{alt}	$EB_{üst}$
0.444	6,871	50,242	0.065	0.317	0.571

$p<.05$

Tablo 3'e göre, ortalama etki büyüklüğü değerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($Z=6,871$, $p<.05$). Ortalama etki büyüklüğü 0,444 olarak hesaplanmış ve bu değer pozitif bir yönelim gösterdiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, uyarlanabilir öğrenme ortamlarının deney grubu üzerindeki etkisinin olumlu olduğunu ve bu grubun lehine bir durum oluşturduğunu göstermektedir. Uyarlanabilir öğrenme ortamlarında gerçekleştirilen etkinliklere katılan öğrencilerin, geleneksel yöntemlerle öğrenim gören öğrencilere kıyasla daha yüksek başarı seviyelerine ulaştığı görülmektedir.

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma, uyarlanabilir öğrenme ortamlarının akademik başarı üzerindeki etkilerini inceleyen meta-analiz bulgularını ortaya koymuş ve bu bağlamda, hem literatürdeki destekleyici hem de çelişkili bulgularla karşılaştırmalı olarak değerlendirmiştir. Uyarlanabilir öğrenme ortamlarının etkisi üzerine yapılan çalışmalardan elde edilen bulgular, bireyselleştirilmiş ve dinamik öğretim yaklaşımlarının, geleneksel yöntemlere kıyasla öğrencilerin akademik başarılarını artırabileceğini ortaya koymuştur. Ancak, bu sonuçlar farklı bağlamlarda yapılan araştırmalardan elde edilen bulgularla kıyaslandığında heterojenlik göstermekte, bazı durumlarda olumlu etkiler gözlemlenirken, diğer durumlarda sınırlı veya anlamlı olmayan etkiler rapor edilmektedir.

Uyarlanabilir öğrenme ortamlarının akademik başarı üzerindeki etkilerini destekleyen çalışmaların başında Alam, Ullah ve Ali (2018) gelmektedir. Bu araştırmada, 3D sanal öğrenme ortamlarında uygulanan uyarlanabilir öğrenme yaklaşımlarının, öğrencilerin performansını anlamlı düzeyde artırdığı belirtilmiştir. Çalışmamızın bulgularıyla paralel şekilde, bu çalışmada da uyarlanabilir sistemlerin bireysel öğrenme ihtiyaçlarına göre uyarlanmasının, öğrenme sürecini daha etkili hale getirdiği ve öğrencilerin derse katılımını artırdığı belirtilmiştir. Benzer şekilde, El-Sabagh (2021) tarafından yapılan çalışma, öğrenme stillerine dayalı olarak tasarlanan uyarlanabilir e-öğrenme ortamlarının, öğrencilerin katılımını ve akademik başarılarını geliştirdiğini ortaya koymuştur. Bu durum, meta-analizimizde gözlemlenen pozitif etki büyüklüğü ile örtüşmektedir.

Bununla birlikte, farklı bağlamlarda yapılan çalışmalarda, uyarlanabilir öğrenme ortamlarının etkilerinin sınırlı kaldığına dair bulgular da bulunmaktadır. Örneğin, Despotović-Zrakić ve arkadaşları (2012), Moodle tabanlı öğrenme yönetim sistemlerinde sağlanan uyarlanabilirliğin, bazı öğrenci gruplarında beklenen düzeyde bir etki yaratmadığını belirtmiştir. Bu durum, uyarlanabilir sistemlerin etkisinin, sistemin tasarımına, hedef kitlenin özelliklerine ve kullanılan içeriklerin niteliğine bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir. Özellikle, meta-analizimizde heterojenliğin %50 düzeyinde olması ($I^2=50,241$) ve çalışmaların bağlama özgü farklılıklar göstermesi, bu çeşitlilikle uyumludur.

Uyarlanabilir öğrenme ortamlarının etkinliğini etkileyen önemli bir diğer faktör, öğrencilerin bireysel farklılıklarıdır. Aydoğdu ve arkadaşları (2019), Felder ve Silverman öğrenme stillerine göre uyarlanmış içeriklerin, öğrencilerin akademik başarılarını artırdığını belirtmiştir. Ancak, Cohen, Manion ve Morrison (2007), bireysel öğrenme stillerinin dikkate alınmamasının, uyarlanabilir öğrenme ortamlarının etkinliğini sınırlayabileceğini

vurgulamaktadır. Bu durum, meta-analiz kapsamındaki çalışmalarda kullanılan uyarlanabilir sistemlerin, bireysel farklılıkları dikkate alma düzeyine bağlı olarak değişen sonuçlarla ilişkilendirilmektedir.

Uyarlanabilir öğrenme ortamlarının etkilerinin değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler de tartışmanın önemli bir boyutunu oluşturmaktadır. Borenstein ve diğerleri (2009), meta-analiz çalışmalarında kullanılan rastgele etkiler modelinin, heterojen verilerle çalışırken daha güvenilir sonuçlar verdiğini ifade etmiştir. Bu bağlamda, çalışmamızda rastgele etkiler modeli kullanılarak elde edilen ortalama etki büyüklüğü ($EB=0,444$), uyarlanabilir öğrenme ortamlarının olumlu etkilerini ortaya koymakta, ancak bu etkinin homojen bir şekilde tüm bağlamlarda gözlemlenemediğini de göstermektedir. Bu durum, Alwadei (2019) tarafından yapılan çalışmada ortaya konan bulgularla paralellik göstermektedir. Alwadei, uyarlanabilir öğrenme analizlerinin, bazı öğrenci gruplarında daha fazla başarı sağladığını, ancak diğer gruplarda etkisiz kaldığını ifade etmiştir.

Öte yandan, bazı çalışmalar uyarlanabilir öğrenme ortamlarının potansiyel olumsuz etkilerine de işaret etmektedir. Chen, Lambert ve Guidry (2010), web tabanlı uyarlanabilir sistemlerin, öğrencilerde bilişsel yükü artıracabileceğini ve bu durumun akademik başarı üzerinde olumsuz bir etki yaratabileceğini belirtmiştir. Bu bulgu, meta-analizimize dahil edilen bazı çalışmalarda uyarlanabilir öğrenme ortamlarının kontrol grubu ile karşılaştırıldığında anlamlı bir farklılık yaratmamasıyla ilişkilendirilmektedir. Ayrıca, Gültekin ve Burak (2019) tarafından yapılan içerik analizi çalışmasında, Türkiye’de yapılan uyarlanabilir öğrenme çalışmaları arasında, bireyselleştirme düzeyinin yeterli olmadığı ve bu durumun başarısızlıkla sonuçlandığı ifade edilmiştir.

Uyarlanabilir öğrenme ortamlarının akademik başarıya etkisini inceleyen mevcut meta-analiz çalışması, bu alanda yapılan farklı bağlamlardaki araştırmaları bir araya getirerek geniş bir perspektif sunmaktadır. Uyarlanabilir öğrenme ortamları, bireysel öğrenme ihtiyaçlarını karşılamak üzere tasarlanmış ve dinamik olarak yapılandırılmış eğitim modelleri olarak tanımlanmaktadır (Alam, Ullah, & Ali, 2018). Bu çalışmanın bulguları, uyarlanabilir öğrenme ortamlarının akademik başarı üzerindeki genel etkisinin olumlu olduğunu göstermiştir. Ancak, literatürde bu bulguları destekleyen ve yer yer farklı bağlamlarda çelişen çalışmalar bulunmaktadır.

Alam ve diğerleri (2018), 3D sanal öğrenme ortamlarında Uyarlanabilir öğrenme ortamlarının kullanımıyla ilgili çalışmalarında, bu sistemlerin öğrencilerin öğrenme performansını artırma potansiyeline sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmanın bulguları, bizim araştırmamızda gözlemlenen olumlu etkilerle örtüşmektedir. Özellikle bireyselleştirilmiş öğrenme yollarının, öğrenci katılımını artırdığı ve öğrenme süreçlerini optimize ettiği ifade edilmiştir. Aynı şekilde, Zhang ve Galaup (2023), uyarlanabilir öğrenme ekosistemlerinin yapılandırılmasında kullanılan model ve stratejilerin, öğrenci başarısını artırmada önemli bir role sahip olduğunu vurgulamışlardır. Çalışmamızda rastgele etkiler modeliyle hesaplanan $0,444$ ’lük ortalama etki büyüklüğü, bu tür uyarlanabilir sistemlerin bireysel öğrenme süreçleri üzerindeki olumlu etkilerini destekler niteliktedir.

Bununla birlikte, uyarlanabilir öğrenme ortamlarının etkilerinin bağlama bağlı olarak değişkenlik gösterebildiği de bilinmektedir. Örneğin, Luo, Yang ve Wei (2017) tarafından önerilen uyarlanabilir mobil işbirlikçi öğrenme sistemi (AMCLS), öğrenme çıktılarını artırmada etkili bir model olarak tanımlanmıştır. Ancak bu tür sistemlerin, özellikle sınıf içi öğrenme bağlamında, tüm öğrenme stillerine hitap etme kapasitesinin sınırlı olabileceği ifade edilmiştir. Bu durum, çalışmamızda tespit edilen heterojenlik düzeyiyle uyumlu bir şekilde açıklanmaktadır. Literatürde de belirtildiği üzere, heterojenliğin %50 seviyesinde olması ($I^2=50,241$), Uyarlanabilir öğrenme ortamlarının etkilerinin bağlamdan bağlama değişebileceğini göstermektedir (Busemeyer, Myung, & McDaniel, 1993).

Zhu ve diğerleri (2024), uyarlanabilir öğrenme hızının bilişsel süreçlerdeki etkisini ele almış ve bu süreçlerin insan davranışlarını anlamada önemli olduğunu belirtmişlerdir. Özellikle, öğrenme hızının bireyselleştirilmesi, öğrencilerin öğrenme deneyimini optimize etmektedir. Ancak, bu sürecin yanlış yönetilmesi durumunda, öğrenciler üzerinde bilişsel yük oluşturabileceği de ifade edilmiştir (Chen, Lambert, & Guidry, 2010).

Çalışmamızda da benzer şekilde, Uyarlanabilir öğrenme ortamlarının olumlu etkilerine rağmen, bazı bağlamlarda bu sistemlerin etkinliğinin sınırlı olabileceği gözlemlenmiştir.

Zhou (2010, 2012), kişiselleştirilmiş öğrenme ağlarının tasarımı üzerine yaptığı çalışmalarında, Uyarlanabilir öğrenme ortamlarının teorik temellerini tartışmış ve veri madenciliği teknikleriyle bireyselleştirilmiş modellerin oluşturulabileceğini öne sürmüştür. Ancak, bu tür sistemlerin uygulanabilirliğini artırmak için kullanıcı ihtiyaçlarının doğru bir şekilde analiz edilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Qu, Wang ve Zhong (2009) da benzer şekilde, web tabanlı uyarlanabilir öğrenme modellerinin bireyselleştirme potansiyelini vurgulamakla birlikte, bu modellerin teknik altyapısının karmaşıklığı nedeniyle yaygın olarak benimsenemediğini belirtmişlerdir.

Wan ve diğerleri (2008) tarafından önerilen model adaptif öğrenme sistemi, endüstriyel uygulamalarda başarıyla kullanılmıştır. Ancak bu çalışma, Uyarlanabilir öğrenme ortamlarının yalnızca teknik bağlamlarda değil, aynı zamanda pedagojik bağlamlarda da dikkatlice tasarlanması gerektiğini ifade etmiştir. Aynı şekilde, Zhang ve diğerleri (2012), uluslararası ve yerel Uyarlanabilir öğrenme ortamları arasındaki farkları ele almış ve bu farkların, öğrenme çıktılarında önemli bir rol oynayabileceğini belirtmiştir.

Zhang (2010), programlama öğrenimi için özelleştirilmiş bir uyarlanabilir model geliştirmiştir. Bu çalışmada, Uyarlanabilir öğrenme ortamlarının, özellikle teknik derslerde, öğrencilerin öğrenme sürecini kolaylaştırdığı ve öğrenme hedeflerine ulaşmayı hızlandığı belirtilmiştir. Ancak bu modelin, yalnızca belirli bir konuya odaklanmış olması, genellenebilirliğini sınırlamaktadır. Benzer şekilde, Bai, Li ve Wang (2013), süreç kontrolü için Uyarlanabilir öğrenme ortamlarını tanıtmış ve bu sistemlerin, doğru ayarlandığında yüksek doğruluk sağladığını belirtmişlerdir. Ancak, bireysel farklılıkların göz ardı edilmesi durumunda bu sistemlerin etkisinin sınırlı kalabileceği de ifade edilmiştir. Bu bakımdan, uyarlanabilir öğrenme ortamlarının akademik başarı üzerindeki etkisine dair literatür, genelde bu sistemlerin olumlu etkilerini vurgulamakla birlikte, bu etkinin bağlama, sistem tasarımına ve kullanıcıların bireysel farklılıklarına bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir. Mevcut meta-analiz çalışması, uyarlanabilir öğrenme ortamlarının genel olarak olumlu bir etkiye sahip olduğunu doğrulamış, ancak bu etkinin daha homojen bir yapıya kavuşturulabilmesi için gelecekteki araştırmalarda daha fazla standardizasyon ve bireyselleştirme gerekliliğini vurgulamaktadır. Literatürdeki farklılıkların daha iyi anlaşılması için, gelecekte yapılacak çalışmalarda bu sistemlerin farklı bağlamlarda nasıl performans gösterdiği detaylı bir şekilde incelenmelidir.

Uyarlanabilir öğrenme ortamlarının akademik başarıya olan etkisi dikkate alınarak, öğretmenlere yönelik her seviyede daha kapsamlı hizmet içi eğitim programları düzenlenmelidir. Bu bağlamda, uygulamalı ve deneysel çalışmaların sayısı artırılarak, uyarlanabilir öğrenme ortamlarının çeşitli yönlerinin daha derinlemesine incelenmesi sağlanmalıdır. Ayrıca, uyarlanabilir öğrenme ortamlarının farklı uyarlanma seviyelerini ele alan deneysel çalışmaları bir araya getirecek ve bu çalışmaların bulgularını sistematik şekilde analiz edecek yeni bir meta-analiz çalışmasının yapılması, alan yazına önemli bir katkı sağlayacaktır.

Bu çalışmada, uyarlanabilir öğrenme ortamlarının akademik başarıya etkisi meta-analiz yöntemiyle incelenmiş ve önemli bulgular elde edilmiştir. Ancak, çalışma bazı sınırlılıklar içermektedir. Öncelikle, analiz edilen çalışmaların büyük bir kısmı belirli bir coğrafi bölgeyle sınırlı olup, küresel düzeyde genelleştirilmesi güçtür. Literatürün büyük bir bölümü, uyarlanabilir öğrenme ortamlarının etkilerini değerlendirme açısından sınırlı metodolojik çeşitlilik göstermektedir. Ayrıca, dahil edilen çalışmalarda kullanılan uyarlanabilir sistemlerin tasarım farklılıkları, genel etki büyüklüğünün yorumlanmasında zorluk yaratmaktadır.

Gelecek araştırmalarda, farklı kültürel ve eğitim bağlamlarında gerçekleştirilecek kapsamlı meta-analizlerin yürütülmesi önerilmektedir. Uyarlanabilir öğrenme ortamlarının uzun vadeli etkilerini inceleyen boylamsal çalışmalar yapılmalıdır. Ayrıca, sistemlerin tasarım özelliklerinin ve kullanıcı ihtiyaçlarına uyum düzeylerinin etkisini daha detaylı şekilde analiz eden çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Daha homojen veri setleriyle, öğrenme ortamlarının bireysel farklılıklar üzerindeki etkilerini ele alan incelemeler gerçekleştirilmelidir.

Son olarak, gelecek araştırmalarda, öğrenci motivasyonu, bilişsel yük ve öğrenme süreçlerine yönelik diğer etkenlerin uyarlanabilir öğrenme ortamlarıyla ilişkisi kapsamlı bir şekilde incelenmelidir. Bu doğrultuda yürütülecek çalışmalar, eğitim teknolojilerinin tasarımına ve uygulanmasına yönelik daha sağlam bilimsel temeller sağlayacaktır.

Çıkar Çatışması

Bu makalenin yazarları herhangi bir çıkar çatışması beyan etmemektedir.

Yayın Etiği Beyanı

Yazarlar, yayın etiği ilkelerine uyduğunu beyan eder. Bu çalışma meta-analiz çalışması olduğu için herhangi etik kurul onayı alınmamıştır.

Yazar Katkı Oranı

Yazar 1: Makalenin tüm aşamalarına katkı sağlamıştır. **Yazar 2:** Makalenin tüm aşamalarına katkı sağlamıştır.

Kaynakça

- Alam, A., Ullah, S., & Ali, N. (2018). The effect of learning-based adaptivity on students' performance in 3D-virtual learning environments. *IEEE Access*, 6, 3400-3407. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.3400>
- Alwadei, A. (2019). Adaptive learning analytics: Understanding student learning behavior and predicting academic success (Master's thesis). University of Illinois at Chicago.
- Aslan, A., Göksu, İ., & Karaman, S. (2018). Uyarlanabilir uzaktan hizmet içi eğitimin başarı ve eğitimin tamamlama süresine etkisi ile öğretmen görüşleri. *Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 45, 103-115.
- Aydoğdu, Y. Ö., Aydoğdu, Ş., & Ocak, M. A. (2019). Uyarlanabilir öğrenme ortamlarında Felder ve Silverman öğrenme stillerine göre geliştirilmiş içeriklerin öğrenci başarıları üzerindeki etkisinin incelenmesi. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 9(1), 189-205. <https://doi.org/10.12973/etku.2019.189205>
- Bağcı, H., & Yalın, H. İ. (2018). Harmanlanmış öğrenme ortamında denetim odağına göre uyarlanmış 5E öğrenme modelinin öğrencilerin akademik başarısına etkisi. *Kuramsal Eğitim Bilim Dergisi*, 11(3), 562-585. <https://doi.org/10.30831/akukeg>
- Bai, J. L., Li, X., & Wang, J. S. (2013). Model adaptive learning in process control of strip cold rolling. *Applied Materials and Technologies for Modern Manufacturing, Pts 1-4*, 423-426, 775+.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., & Rothstein, H. R. (2009). *Introduction to meta-analysis*. Wiley.
- Canbaloglu, G., Treur, J., & Roelofsma, P. (2023). An adaptive self-modeling network model for multilevel organizational learning. In *Proceedings of Seventh International Congress on Information and Communication Technology (ICICT 2022)* (Vol. 2, pp. 179-191).
- Cesur, E. G. (2013). Uyarlanabilir öğretimin kaybolma ve bilişsel yüklenmeye etkisinin öğrencilerin bilişsel stilleri açısından incelenmesi (Yüksek lisans tezi). Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Chen, P. D., Lambert, A. D., & Guidry, K. R. (2010). Engaging online learners: The impact of web-based learning technology on college student engagement. *Computers & Education*, 54(4), 1222-1232. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.11.008>

- Demirören, S. (2014). Başarım ölçütlü uyarlanabilir öğrenmenin etkililiğinin ve verimliliğinin değerlendirilmesi. *Eğitim Bilimleri ve Uygulama*, 13(25), 47-64.
- Despotović-Zrakić, M., Marković, A., Bogdanović, Z., Barać, D., & Krčo, S. (2012). Providing adaptivity in Moodle LMS courses. *Educational Technology & Society*, 15(1), 326-338.
- El Bachari, A., Abelwahed, E. H., & El Adnani, M. (2011). E-learning personalization based on dynamic learners' preference. *International Journal of Computer Science & Information Technology*, 3(3), 200-216. <https://doi.org/10.5121/ijcsit.2011.3309>
- El-Sabagh, H. A. (2021). Adaptive e-learning environment based on learning styles and its impact on development students' engagement. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 18(53), 1-20. <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00277-7>
- Erdoğan, F. (2020). Uyarlanabilir motivasyon stratejileri kullanmanın öğrenci motivasyonu ve başarısına etkisi. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 10(2), 189-204. <https://doi.org/10.12973/etku.2020.189204>
- Eryılmaz, M., & Şimşek, N. (2014). Uyarlanabilir ortamlarda öğrenci başarısının değerlendirilmesi. *Eğitim ve Bilim*, 39(173), 383-395.
- Graf, S. (2007). Adaptivity in learning management systems focusing on learning styles (Doctoral thesis). Vienna University of Technology Faculty of Informatics.
- Gültekin, M., & Burak, D. (2019). Türkiye'de uyarlanabilir öğrenme yaklaşımı kapsamında yapılan tezler üzerine bir içerik analizi. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 9(2), 438-462.
- Güngören, Ö. C. (2015). Uyarlanabilir eğitsel web ortamlarının öğrencilerin akademik başarılarına ve motivasyonuna etkisi (Doktora tezi). Sakarya Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Hopcan, S. (2013). Öğrenme güçlüğü yaşayan 1.-3. sınıf öğrencileri için web destekli uyarlanabilir öğrenme sistemi geliştirilmesi, uygulanması ve değerlendirilmesi (Yüksek lisans tezi). Sakarya Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- IEEE. (2014). Evaluating adaptive learning model. In *2014 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)* (pp. 818-822).
- Kuniyoshi, K., & Kurahashi, S. (2020). How to use adaptive learning in the classroom? Teaching simulation with adaptive learning on the complex doubly structural network. In *2020 59th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE)* (pp. 1043-1048).
- Luo, L., Yang, Y., & Wei, Y. (2017). Research on adaptive mobile collaborative learning system. In *Data Science, Pt II* (Vol. 728, pp. 414-423).
- Özyurt, Ö., Özyurt, H., Baki, A., & Güven, B. (2014). Reflections from a mathematics instruction conducted with individualized adaptive and intelligent e-learning environment. *Education and Science*, 39(174), 129-142.
- Park, O., & Lee, J. (2003). Adaptive instructional systems. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Van Merriënboer, & M. P. Driscoll (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 651-684). Lawrence Erlbaum Associates.
- Qu, Y. T., Wang, C. N., & Zhong, L. L. (2009). The research and discussion of web-based adaptive learning model and strategy. In *Hybrid Learning and Education, Proceedings* (Vol. 5685, pp. 412-420).

- Wan, Z., Wang, X. D., & Wu, J. D. (2008). Model adaptive learning for steel rolling mill control. In *2008 IEEE International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling Workshop Proceedings, Vols 1 and 2* (pp. 903–906).
- Zhang, G., Zhou, D. D., & Bi, F. Y. (2012). Research on learner characteristics models of international and domestic adaptive learning systems. In *Fifth International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE 2012)* (pp. 545–555).
- Zhang, H. B., & Galaup, M. (2023). Reflection on the construction and impact of an adaptive learning ecosystem. *International Journal of Technologies in Higher Education*, 20(2), 125–138.
- Zhang, J. H. (2010). An adaptive model customized for programming learning in e-learning. In *Proceedings of 2010 3rd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology (ICCSIT 2010)* (Vol. 6, pp. 443–447).
- Zhou, F. (2010). Personalized learning network teaching model. In *2010 International Colloquium on Computing, Communication, Control, and Management (CCCM 2010)* (Vol IV, pp. 705–708).
- Zhou, F. (2012). Personalized learning network teaching model. In *International Conference on Applied Physics and Industrial Engineering 2012, Pt C* (Vol. 24, pp. 2026–2031).
- Zhu, C. B., Zhou, K., & Si, B. L. (2024). Adaptive learning rate in dynamical binary environments: The signature of adaptive information processing. *Cognitive Neurodynamics*, 18(6), 4009–4031. <https://doi.org/10.1007/s11571-024-09999-2>
- Zhu, Y., Liu, S., & Jin, S. J. (2016). Design of adaptive electrician learning system based on user model. In *2016 8th International Conference on Information Technology in Medicine and Education (ITME)* (pp. 513–516).