

MOBİL ÖĞRENMEDE MEKÂNSAL YAKINLIK: ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK VE İKİ BOYUTLU MATERYALLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Öğr. Gör. Cafer Ahmet ÇİNAR
Haliç Üniversitesi
caferahmetcinar@halic.edu.tr
ORCID: 0000-0002-3799-433

Prof. Dr. Muzaffer ÖZDEMİR
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
mozdemir@comu.edu.tr
ORCID: 0000-0002-5490-238X

Araştırma Makalesi

Geliş Tarihi: 05.11.2025

Revize Tarihi: 25.12.2025

Kabul Tarihi: 29.12.2025

Atıf Bilgisi: Çınar, C. A. ve Özdemir, M. (2025). Mobil öğrenmede mekânsal yakınlık: Artırılmış gerçeklik ve iki boyutlu materyallerin karşılaştırılması. *Ahi Bilge Eğitim Dergisi (ABED)*, 6(2), 148-167.

ÖZ

Bu araştırmanın amacı, mekânsal yakınlık ilkesi dikkate alınarak geliştirilen Artırılmış Gerçeklik (AG) tabanlı mobil sunum yönteminin, öğrencilerin akademik başarı, motivasyon ve bilişsel yük düzeylerine etkisini incelemektir. Araştırmada, Fen Bilimleri dersinde “Kuvvet ve Hareket” konusuna yönelik olarak, biri AG tabanlı mobil öğrenme materyali (AGMÖM), diğeri ise iki boyutlu (2B) geleneksel mobil öğrenme materyali (2BGMÖM) olmak üzere iki farklı öğrenme materyali geliştirilmiştir. Araştırmanın katılımcılarını, Çanakkale ilindeki bir ortaokulda öğrenim gören 94 altıncı sınıf öğrencisi (Deney grubu 46, Kontrol grubu 48) oluşturmaktadır. Yakınsayan paralel karma desen kullanılan araştırmada, nicel veriler “Kuvvet ve Hareket Başarı Testi”, “Motivasyon Ölçekleri” ve “Bilişsel Yük Ölçeği” ile; nitel veriler ise araştırmacı tarafından geliştirilen “Görüşme Formu” aracılığıyla toplanmıştır. Sonuç olarak, mekânsal yakınlık ilkesi dikkate alınarak geliştirilen AGMÖM ile 2BGMÖM karşılaştırıldığında, öğrencilerin akademik başarı, motivasyon ve bilişsel yük düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ancak elde edilen bulgular, AGMÖM’ün de en az 2BGMÖM kadar etkili olduğunu göstermektedir. Bu durum, AG destekli materyallerin de tıpkı 2B öğrenme materyalleri gibi mekânsal yakınlık ilkesine uygun olarak tasarlandığında öğrenme süreçlerine olumlu katkı sağlayabileceğini göstermektedir. Doğası gereği farklı teknolojik özellikler barındıran AG tabanlı materyallerin, mekânsal yakınlık ilkesine uygun şekilde geliştirildiğinde 2B materyallerle benzer düzeyde öğrenme çıktıları sağlayabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, AG tabanlı öğrenme materyallerinde çoklu ortam tasarım ilkeleri ve özellikle mekânsal yakınlık ilkesi temelinde yapılan araştırmaların sayıca sınırlı olması, bu çalışmanın literatüre katkı sağlayacak nitelikte olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Artırılmış gerçeklik, mekânsal yakınlık, akademik başarı, bilişsel yük, motivasyon.

SPATIAL CONTIGUITY IN MOBILE LEARNING: COMPARISON OF AUGMENTED REALITY AND TWO-DIMENSIONAL MATERIALS

ABSTRACT

The purpose of this study is to examine the effects of an Augmented Reality (AR)-based mobile presentation method, developed in accordance with the spatial contiguity principle, on students’ academic achievement, motivation, and cognitive load levels. Within the scope of the study, two different learning materials were developed for the “Force and Motion” unit in science education: one AR-based mobile learning material (ARMLM) and one two-dimensional traditional mobile learning material (2DMLM). The participants consisted of 94 sixth-grade students (47 females, 47 males) enrolled at Cevatpaşa Middle School in the central district of Çanakkale province. Employing a convergent parallel mixed methods design, quantitative data were collected using the “Force and Motion Achievement Test,” “Motivation Scales,” and the “Cognitive Load Scale,” while qualitative data were gathered through an interview form developed by the researcher. As a result, no statistically significant differences were found between ARMLM and 2DMLM in terms of students’ academic achievement, motivation, and cognitive load levels. However, the findings indicate that ARMLM is at least as effective as 2DMLM. This suggests that AR-supported materials, when designed in accordance with the spatial contiguity principle similarly to 2D learning materials can positively contribute to learning processes. Given their inherently different technological features, AR-based materials developed according to the spatial contiguity principle appear to yield comparable learning outcomes to two-dimensional materials. Moreover, the limited number of studies investigating AR-based learning materials grounded in multimedia design principles particularly the spatial contiguity principle highlights the contribution of this research to the existing literature.

Keywords: Augmented reality, spatial contiguity, academic success, cognitive load, motivation.

Giriş

Çağımızda dijital araçlarla oluşturulan resim, metin, video ve animasyon gibi çoklu ortam içeriklerinin büyük bir kısmı genellikle gerçek dünyadan bağımsız bir şekilde dijital bir ekran (Örn. bilgisayar veya mobil cihazların ekranları) aracılığıyla kullanıcılarına sunulmaktadır. Öğrenmeyi artırıcı yönde etkileyen çoklu ortam materyallerinin tasarımında referans olarak tercih edilebilecek birçok tasarım ilkesi ortaya atılmıştır. Bu tasarım ilkelerinden günümüzde öğretim tasarımcıları tarafından en çok tercih edileni ise Mayer'in (2002) geliştirdiği Çoklu Ortam Tasarım İlkeleri (ÇÖTİ)'dir. Artırılmış gerçeklik (AG) teknolojisi ise geleneksel çoklu ortam materyallerinden doğası gereği farklıdır. Öyle ki, bu teknoloji gerçek dünya nesneleriyle birlikte çoklu ortam içeriklerini üç boyutlu (3B) biçimde sunan ve kullanıcıların bu içeriklerle etkileşime geçmesine olanak tanıyan benzersiz bir teknolojidir (Azuma, 2017). AG tabanlı öğrenme materyalleri de çoklu ortam bileşenleri kullanılarak geliştirildiğinden, bu tür materyallerin çoklu ortam tasarım ilkeleri doğrultusunda etkililiğinin değerlendirilmesi yararlı olacaktır (İbili, 2019; Krüger ve Bodemer, 2022).

Bazı araştırmacılar, AG tabanlı öğrenme materyallerinin tasarımında Mayer'in (2002) ortaya koyduğu ÇÖTİ yol gösterici olabileceğini öne sürmektedir (Buchner, Buntins ve Kerres, 2022; Santos vd., 2016; Sommerauer ve Müller, 2018; Wasko, 2013). Örneğin, çoklu ortam ilkesi temel alınarak geliştirilen bir AG destekli materyalde bilgi hem sözel hem de görsel öğelerle zenginleştirilerek sunulabilir (Mayer, 2002). Buna ek olarak, AG ortamında yer alan iki ya da üç boyutlu görseller ya da animasyonlar, sesli anlatımla birlikte öğrenciye aktarılabilir (Sommerauer ve Müller, 2014). Bu sayede, materyal modalite ilkesine (Moreno, 2006) uygun biçimde tasarlanmış olur. Aynı zamanda içerik aktarımı sırasında öğrenciye yönlendirici görsel ipuçları veya açıklayıcı yönergeler sunularak, sinyal ilkesine (Mayer, 2002) dayalı bir tasarım yaklaşımı benimsenmiş olur (Sommerauer ve Müller, 2014; Wasko, 2013). Ancak tüm bu önerilere rağmen bu tasarım ilkelerinin AG tabanlı öğretim materyalleri için referans olarak kullanılması henüz netlik kazanmamıştır. Örneğin bazı araştırmacılar, ÇÖTİ gibi geleneksel tasarım ve değerlendirme ilkelerinin, AG gibi yenilikçi teknolojiler için doğrudan rehber olarak kullanılmasının yanıltıcı olabileceğini ve bu ilkelerin etkililiğinin AG bağlamında henüz yeterince araştırılmadığını ifade etmektedir (Dünser vd., 2007; Krüger ve Bodemer, 2022; Özdemir ve Baturay, 2020). Bu görüşe göre, geleneksel tasarım ilkeleri genellikle bilgisayar ekranı, klavye veya fare gibi araçlara dayalı, PowerPoint sunuları ya da iki boyutlu videolar gibi geleneksel sunum biçimlerine yönelik geliştirilmiştir (Özdemir ve Baturay, 2020). Oysa AG teknolojisi, bu klasik yaklaşımlardan farklı olarak kendine özgü bir yapıya, zorluklara ve tasarımsal gereksinimlere sahiptir. Ayrıca, AG sistemlerinin ve ilgili giriş/çıkış donanımlarının oldukça çeşitli uygulama biçimleri bulunmakta, bu da tasarım ilkelerinin yeniden değerlendirilmesini gerektirmektedir (Özdemir ve Baturay, 2020). Bu nedenle, AG teknolojisinin sınırlılıklarının farkında olmak ve bu teknolojinin eğitim bağlamında uygun ya da uygun olmayan yönlerini sistemli biçimde araştırmak büyük önem taşımaktadır (Radu, 2014).

ÇÖTİ, temelde öğrenmenin etkililiğini artırmak amacıyla metinsel ve görsel bilgilerin geleneksel çoklu ortam materyallerinde nasıl bir arada sunulması gerektiğine ilişkin öneriler sunmaktadır. Ancak AG teknolojisinin gelişimiyle birlikte, fiziksel ve sanal unsurların bütünleşik bir biçimde sunulmasına olanak tanıyan yeni bir boyut ortaya çıkmıştır (Krüger ve Bodemer, 2022). Bu durum, özellikle ÇÖTİ içerisinde yer alan mekânsal yakınlık ilkesinin, AG tabanlı öğretim materyalleri bağlamında öğrenme çıktıları üzerindeki etkisinin öncelikli olarak ele alınmasını gerekli kılmaktadır. Mekânsal yakınlık ilkesi, ilişkili metin ve görsellerin çoklu ortam sunumlarında birbirinden ayrı değil, mekânsal olarak bütünleşik biçimde sunulmasının öğrenme açısından daha etkili olduğunu savunmaktadır (Mayer ve Fiorella, 2014). Bu doğrultuda yürütülen bu çalışma, AG tabanlı öğrenme materyallerinde mekânsal yakınlık ilkesinin etkililiğini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

AG, bilgisayar tarafından oluşturulan 3B sanal nesnelerin, gerçek dünya ortamına entegre edilerek kullanıcıya eşzamanlı bir deneyim sunmasını sağlayan bir teknolojidir (Azuma, 1997). Dias (2009), AG'yi gerçek ve sanal unsurların 3B modeller aracılığıyla etkileşime girdiği bir bilgisayar bilimi alanı olarak tanımlamaktadır. Görüntü tanıma gibi teknolojiler sayesinde AG, sanal içerikleri fiziksel çevreyle bütünleştirerek kullanıcıya karma bir gerçeklik ortamı sunar. Bu sayede bireyler,

gerçek dünyayı farklı açılardan algılama ve etkileşimde bulunma fırsatı elde eder (Wang, Kim, Love ve Kang, 2013). AG'nin reklam, pazarlama, oyun, eğlence, tarih-arkeoloji, mimarlık, inşaat ve sağlık gibi farklı alanlarda kullanımının yanı sıra eğitim alanındaki kullanımı giderek artan bir ilgiyle karşılanmaktadır (Chen, Liu, Cheng ve Huang, 2017; Lee, 2012; Wu, Lee, Chang ve Liang, 2013). AG'nin öğrencilerin akademik başarıları ve motivasyonları üzerindeki olumlu etkilerine dair pek çok çalışma bulunmaktadır (Ateş, 2018; Cai vd., 2014; Ersoy vd., 2016; Karadavut ve Çimen, 2021; Kırıkkaya ve Şentürk, 2018; Küçük vd., 2014; Núñez vd., 2008; İzgi-Onbaşılı, 2018; Özdemir ve Özçakır, 2019; Sırakaya ve Çakmak, 2018; Tarng, 2015). Pedagojik ve tasarım ilkeleri doğrultusunda özenle geliştirilmiş AG uygulamalarının, bilişsel yükü azaltarak, öğrenme başarısını ve motivasyonu artıran etkili öğrenme ortamları yaratmada önemli bir potansiyele sahip olduğu söylenebilir.

Motivasyon, bireyleri belirli hedeflere ulaşmak için harekete geçiren ve çaba göstermelerini sağlayan içsel veya dışsal güçlerin toplamıdır. Keller (1983) motivasyonu, öğrenme süreçlerinde bireylerin performansını artıran bir etken olarak tanımlarken; Weiner (1992) motivasyonun, bireylerin başarı ve başarısızlıklarını nasıl algıladıkları ve bu algıların davranışlarını nasıl etkilediği üzerine odaklanmıştır. Bu tanımlamalara göre motivasyon, bireylerin hedeflerine ulaşma sürecindeki enerjiyi ve yönelimleri belirleyen temel bir faktördür. Motivasyon, eğitim sürecinde öğrencilerin akademik başarılarını doğrudan etkileyen temel unsurlardan biridir (Ersoy vd., 2016). Özellikle öğretim materyallerinin tasarımında, öğrencilerin ilgi ve dikkatini çekecek unsurların dahil edilmesi, motivasyonu artıracak stratejilerin uygulanması ve öğrencilerin içsel ve dışsal motivasyonlarını destekleyecek öğelerin kullanılması büyük önem taşımaktadır. Bu şekilde hazırlanan materyaller, öğrencilerin öğrenme süreçlerine daha aktif katılımını sağlamakla kalmayıp öğrenme performanslarını yükseltebilmektedir. Keller (1987), ARCS modelini geliştirerek dikkat, ilgi, güven ve memnuniyet faktörlerinin öğretim tasarımında dikkate alınmasının motivasyonu artırdığını vurgulamıştır. Ayrıca, Deci ve Ryan'ın (1985) ortaya attığı Öz Belirleme Teorisi, içsel motivasyonun öğrenci katılımını ve öğrenme performansını olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Bu şekilde hazırlanan materyaller, öğrencilerin öğrenme süreçlerine daha aktif katılımını sağlamak ve öğrenme performanslarını yükseltmektedir (Deci ve Ryan, 1985; Keller, 1987).

Bilişsel yük teorisi, öğrenmenin kalıcılığını sağlama ve yeni bilgileri keşfetmede, kısa süreli bellekteki kaynakların önemli olduğunu savunur (Sweller vd., 2019). Kısa süreli bellekte işlenebilecek bilgi miktarı ve bilginin kalıcılık süresi sınırlı olduğundan bu sınırların aşılması öğrenende aşırı bilişsel yüklenmeye neden olabilir (Paas ve Van Merriënboer, 1994). Bu bağlamda çoklu ortam materyallerinin aşırı bilişsel yük oluşturacak şekilde tasarımı öğrenmeyi olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Mayer 2014). Bir öğretim materyalinde görsel karmaşıklık arttıkça, öğrenen tarafından yaşanılacak bilişsel yük etkileri düşünülmeli ve artan karmaşıklığın etkisini azaltabilecek öğretim tasarımları ele alınmalıdır (Mayer ve Moreno, 2003; Van Gog, 2014).

Bu bağlamda, bilişsel yükü azaltmaya yönelik etkili stratejilerden biri de mekânsal yakınlık ilkesidir. Bu ilke, öğretilmek istenen konuyla ilgili metinsel ve görsel bilgilerin birlikte sunulmasının öğrenmede daha etkili olduğunu ortaya koymaktadır (Ayres ve Sweller, 2005; Mayer ve Fiorella, 2014). Görselleri anlamak için metinlerin gerekli olduğu, anlaşılması zor olan ve etkileşim gerektiren materyallerin tasarımında mekânsal yakınlık ilkesinin rehber olarak ele alınması oldukça önemlidir (Mayer ve Fiorella, 2014).

Mekânsal yakınlık ilkesi, çoklu ortam sunumlarında konuya ilişkin metinsel ve görsel öğelerin birbirinden ayrı değil, yan yana ve ilişkilendirilebilir biçimde sunulması gerektiğini vurgulamaktadır (Mayer ve Moreno, 1998). Öğrenme sürecinde, ilgili metin ve görsellerin eş zamanlı ve bütünleşik şekilde sunulmasının daha etkili olduğu çeşitli araştırmalarla desteklenmiştir (Ayres ve Sweller, 2005; Mayer, 1997; Mayer ve Fiorella, 2014; Renkl ve Scheiter, 2017). Özellikle, görsel içeriklerin anlaşılmasının metinler aracılığıyla sağlandığı, kavramsal zorluğun ve etkileşim gereksiniminin yüksek olduğu öğrenme materyallerinin tasarımında mekânsal yakınlık ilkesinin temel bir rehber olarak benimsenmesi önem arz etmektedir (Mayer ve Fiorella, 2014).

Mekânsal yakınlık ilkesini geleneksel 2B öğrenme materyalleri bağlamında inceleyen birçok çalışma, bu ilkenin öğrenme performansı üzerinde olumlu etkiler yarattığını ortaya koymuştur (Ayres ve Sweller, 2005; Bodemer vd., 2004; Florax ve Ploetzner, 2010; Ginns, 2006; Johnson ve Mayer, 2012; Kablan, 2005; Kester vd., 2005; Mayer, 1997; Mayer ve Fiorella, 2014). Ancak AG ortamlarında bu ilkenin etkililiğine ilişkin çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. AGMÖM, 3B sanal nesneler ile gerçek dünyadaki nesneleri birlikte sunma özelliğine sahiptir. Bu bağlamda, geleneksel öğrenme materyalleri dikkate alınarak ortaya atılmış olan mekânsal yakınlık ilkesinin AGMÖM bağlamında da araştırılması gerekmektedir. Bu çalışmada, çoklu ortam tasarım ilkelerinden biri olan mekânsal yakınlık ilkesinin AGMÖM’ün tasarımı için bir rehber olup olmayacağına yönelik kanıtlar bulunmaya çalışılmıştır. Bu bağlamda çalışmanın amacı, mekânsal yakınlık ilkesi dikkate alınarak geliştirilen AG tabanlı mobil sunum yönteminin, öğrencilerin akademik başarı, motivasyon ve bilişsel yük düzeylerine etkisinin incelenmesidir. Bu amaç doğrultusunda aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır:

Fen bilimleri dersinde kuvvet ve hareket konusunun öğretiminde, mekânsal yakınlık ilkesi dikkate alınarak hazırlanmış AG uygulamalarıyla öğrenen öğrenciler ile 2B mobil uygulamalarıyla öğrenen öğrencilerin;

1. Akademik başarı puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?
2. Motivasyon puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?
3. Bilişsel yüklenme düzeyleri arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?
4. AG ve 2B mobil öğretim materyaline yönelik görüşleri nelerdir?

Yöntem

Bu bölümde, araştırmanın modeli, çalışma grubu, veri toplama araçları, materyal, verilerin toplanması ve analizi, araştırma etiğine yönelik bilgiler sunulmuştur.

Araştırma Modeli

Çalışmada karma araştırma yöntemlerinden yakınsayan paralel karma desen tercih edilmiştir. Bu desen nicel ve nitel verilerin yakın zaman aralığında birbirinden ayrı olarak toplanıp analiz edildikten sonra birlikte yorumlandığı bir yöntemdir (Creswell ve Creswell, 2017). Araştırmanın nicel aşamasında yarı deneysel desen tercih edilmiştir. Araştırmanın nitel aşamasında her iki öğrenme ortamına yönelik katılımcı görüşleri alınmış ve veriler analiz edilirken içerik analiz yöntemi kullanılmıştır.

Çalışma Grubu

Araştırmaya Türkiye’nin Çanakkale ilinde bulunan bir devlet ortaokulunun 6. sınıfında okuyan 94 ortaokul öğrencisi katılmıştır. Katılımcılar, 46’sı deney grubuna, 48’i kontrol grubuna olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Deney grubu, metinsel ve görsel bilgilerin mekânsal olarak birbirine yakın konumlandırıldığı AGMÖM ile öğrenirken, kontrol grubu ise metinsel ve görsel bilgilerin mekânsal olarak birbirine yakın konumlandırıldığı 2BGMÖM ile öğrenmiştir. Her iki uygulama ile öğrencilere fen bilimleri dersinin kuvvet ve hareket konusu öğretilmiştir.

Veri Toplama Araçları

Öğrencilerin uygulama öncesi ve sonrası akademik başarı düzeylerini belirlemek için Bıçak (2019) tarafından geliştirilen ve 17 madde içeren “kuvvet ve hareket başarı testi” kullanılmıştır (Cronbach alpha= ,76). AGMÖM ve 2BGMÖM kullanan öğrencilerin motivasyon düzeylerini ölçmek amacıyla, Keller’in (2010) geliştirdiği ve Dinçer ile Doğanay (2016) tarafından Türkçeye uyarlanan “Öğretim Materyali Motivasyon Ölçeği”nden yararlanılmıştır. Ölçek 33 maddeden oluşmakta olup Cronbach alpha değeri ,93’tür. Ayrıca, öğrencilerin fen bilimleri konularını öğrenmeye karşı olan motivasyon düzeylerini ölçmek amacıyla Dede ve Yaman (2008) tarafından geliştirilen ve 23 maddeden oluşan “Fen Öğrenmeye Yönelik Motivasyon Ölçeği”nden yararlanılmıştır (Cronbach Alpha = ,80).

Öğrencilerin her iki öğrenme materyali yardımı ile fen konularını öğrenme sürecinde gösterdikleri zihinsel çabayı ölçmek amacıyla, Paas ve Van Merriënber (1993) tarafından geliştirilen, Kılıç ve Karadeniz (2004) tarafından Türkçeye uyarlanan “Bilişsel Yük Ölçeği” kullanılmıştır. Ölçeğin Cronbach alpha değeri ,78 dir.

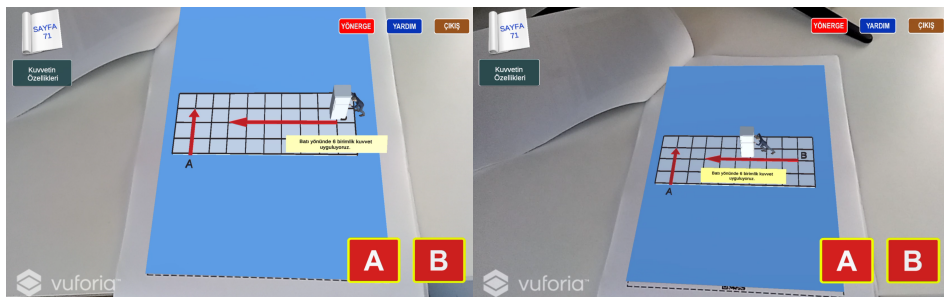
Öğrencilerin öğrenme materyallerine ilişkin görüşlerini ortaya koymak amacıyla 12 açık uçlu sorular içeren bir görüşme formu hazırlanmıştır. Görüşme formunda yer alan AGMÖM’e yönelik örnek sorular aşağıda verilmektedir;

- AG uygulamasını kullanırken herhangi bir sorunla karşılaştın mı? Karşılaştıysan bu sorunlardan bahseder misin?
- AG uygulamasını kullanırken konuyu anlamada zorluk yaşadın mı? Cevabın evet ise; hangi konuları anlamada zorluk yaşadın, neden?
- AG uygulamasını kullanmak dersteki motivasyonunu nasıl etkiledi?
- AG uygulamasını fen bilimleri dersinin başka hangi ünitelerindeki konuları öğrenmek için kullanmak istersin? Neden?

Materyal

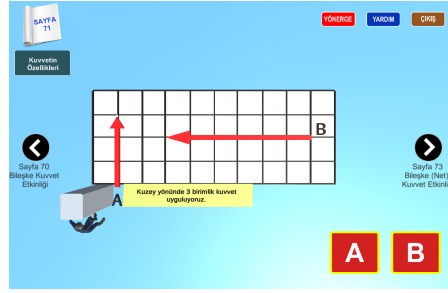
Çalışmada fen bilimleri dersinin kuvvet ve hareket ünitesindeki konuların öğretiminde kullanılmak üzere deney grubu için AGMÖM, kontrol grubu için 2BGMÖM geliştirilmiştir. AGMÖM’ün geliştirilmesinde Unity 3D oyun motoru ve Vuforia platformu kullanılmıştır. Uygulamada kullanılan bazı 3B modeller Unity Asset Store’den satın alınmıştır. Unity Asset Store’da bulunmayan modeller ise Zbrush, Tinkercad ve Blender araçları ile araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. AG uygulamaları için kullanılan işaretçiler öğrencilere verilen çalışma sayfalarındaki etkinlik görsellerinden oluşturulmuştur.

AGMÖM içeriğinde, metinsel ve görsel bilgiler Mayer (2002) tarafından ortaya atılan mekânsal yakınlık ilkesi dikkate alınarak konumlandırılmış, metin ile ilgili görsel birlikte hareket etmektedir (Şekil 1). Kullanıcılar çalışma sayfalarının üzerindeki 3B sanal nesnelere yaklaşıp uzaklaşabilmekte, bu sayede görselleri ve metinleri daha yakından veya uzaktan izleyebilmektedirler. Uygulamanın sağ aşağısında yer alan A ve B düğmeleri ile karakterin A veya B rotası üzerinde uyguladığı kuvvet gözlemlenebilmekte, sağ üstte menü düğmeleri, sol üstte ise canlandırılan içeriğin bulunduğu kitabın sayfası ve konusu yer almaktadır.



Şekil 1. AGMÖM’den Örnek Görüntüler

2BGMÖM’de AGMÖM ile aynı görseller ve animasyonlar kullanılmıştır. Bu uygulama ile öğrencilere sunulan içeriğe ait örnek görüntüler Şekil 2’de verilmektedir. 2BGMÖM’deki içerikte de yer alan metinsel ve görsel bilgiler Mayer (2002) tarafından ortaya atılan mekânsal yakınlık ilkesi dikkate alınarak konumlandırılmıştır. Etkinlikler arası geçiş uygulama ekranının sağ ve sol ortasında bulunan düğmeler aracılığıyla yapılmaktadır.



Şekil 2. 2BGMÖM’den Örnek Görüntüler

Araştırma kapsamında öğretilecek fen konuları öğrencilerin öğrenmede zorluk çektiği “Kuvvet ve Hareket” ünitesindeki konulardan oluşmaktadır. Bu konular 43 fen bilgisi öğretmeni ile yapılan ön görüşme ile ortaya konulmuştur. Uygulama öncesi AGMÖM ve 2BGMÖM kullanımına yönelik bilgilendirme yapılmıştır. Uygulama sürecinde ders kitaplarının sayfalarına karekodlar eklenmiştir ve ilgili konunun animasyonu materyaller aracılığıyla gösterilmiştir. Deney grubu fen konularını AGMÖM yardımıyla (Şekil 1), kontrol grubu ise 2BGMÖM yardımıyla öğrenmişlerdir (Şekil 2). Her iki uygulamada aynı öğrenme içeriği animasyonlar ile canlandırılmış olup metin ve görsel bilgiler mekânsal olarak birbirine yakın konumlandırılmıştır. AGMÖM ile öğrenen öğrenciler, öğrenme içeriğini çalışma sayfalarının üzerinde görüntülerken, 2BGMÖM ile öğrenenler ise mobil ekran üzerinden görüntülemişlerdir.

Verilerin Toplanması ve Analizi

Katılımcıların ön bilgilerini belirlemek amacıyla uygulama öncesinde başarı testi ön test olarak uygulanmıştır. Dört haftalık uygulama süreci sonunda ise başarı testi son test olarak uygulanmıştır. Aynı zamanda uygulama sonrası araştırma kapsamında kullanılan her iki öğrenme materyaline ve fen konularına yönelik motivasyon düzeylerini ölçmek amacıyla öğrencilere motivasyon ölçekleri uygulanmıştır. Uygulama süreci sonunda her iki gruptaki öğrencilerin bilişsel yük düzeylerini ölçmek amacıyla bilişsel yük ölçeği uygulanmıştır. Son olarak her iki uygulamaya yönelik öğrencilerin görüşlerine başvurulmuştur.

Nitel verilerin analizi SPSS paket programı ile gerçekleştirilmiştir. Öncelikle, hangi istatistiksel yöntemin kullanılacağına karar verebilmek için verilerin normal dağılıma uygunluğu test edilmiştir. Çalışma gruplarının dağılım özelliklerine bağlı olarak, veriler bağımsız örneklem t-testi ya da Mann-Whitney U testi ile değerlendirilmiştir. Araştırmanın nitel boyutundaki veriler ise, yarı yapılandırılmış görüşme formu yoluyla toplanmış ve analiz sürecinde içerik analizi yöntemi uygulanmıştır. İçerik analizi süreci; verilerin kodlanması, temaların oluşturulması, kod ve temaların organize edilmesi ile bulguların tanımlanarak yorumlanması olmak üzere dört temel aşamadan oluşmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2011). Nitel verilerin analiz ve görselleştirme sürecinde ise NVivo 11 yazılımından yararlanılmıştır.

Araştırma Etiği

Bu araştırma, “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında belirlenen etik ilkeler doğrultusunda yürütülmüştür. Çalışma süresince, söz konusu yönergede tanımlanan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” arasında yer alan hiçbir uygulamaya başvurulmamıştır.

Araştırmanın tüm aşamalarında etik standartlara riayet edilmiş, yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmadığı ve her bir yazarın çalışmaya aktif katkı sunduğu beyan edilmiştir. Ayrıca, araştırma birinci yazarın ikinci yazar danışmanlığında yürüttüğü yüksek lisans tezinden üretilmiştir ve öncesinde gerekli etik izinler temin edilmiştir. Bu kapsamda, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Bilimsel Araştırma Etik Kurulu'ndan 04.10.2021 tarihli ve E-84026528-050.01.04-2100184235 sayılı etik onay belgesi alınmıştır.

Bulgular

Araştırmanın katılımcılarını, Çanakkale ilindeki bir ortaokulda öğrenim gören 94 altıncı sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Yakınsayan paralel karma desen kullanılan araştırmada, nicel veriler “Kuvvet ve Hareket Başarı Testi”, “Motivasyon Ölçekleri” ve “Bilişsel Yük Ölçeği” ile; nitel veriler ise araştırmacı tarafından geliştirilen “Görüşme Formu” aracılığıyla toplanmıştır. Uygulama sonrası hem deney hem de kontrol grubundaki öğrencilerin fen derslerinde kullandıkları öğrenme materyalleri hakkındaki görüşleri alınmıştır.

Akademik Başarı

Deney ve kontrol gruplarının fen dersine yönelik ön test başarı puanları arasındaki farkı belirlemek amacıyla bağımsız örneklem t-testi uygulanmıştır. T-testi sonucu deney grubunun ön test başarı puan ortalamaları ($X = 3,71$; $ss = 1,90$) ile kontrol grubunun ön test başarı puan ortalamaları ($X = 4,00$; $SS = 1,99$) arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır ($t(92) = -,703$; $p > ,05$). Böylece, grupların ön test başarı puanlarının uygulama öncesi benzer olduğu ortaya çıkmıştır.

Her iki grubun son test başarı puanları arasındaki farkı belirlemek amacıyla bağımsız örneklem t-testi uygulanmıştır. t-testi sonucu deney ($X = 8,71$; $ss = 2,53$) ve kontrol grubunun ($X = 8,93$; $ss = 2,36$) son test başarı puanları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır ($t(92) = -,437$; $p > ,05$) (Tablo 1).

Tablo 1

Grupların Akademik Başarı Puanlarına İlişkin Bağımsız Örneklem T-Testi Sonucu

Test	Gruplar	N	X	ss	sd	t	p
Ön test	Deney	46	3,71	1,90	92	-,703	,484
	Kontrol	48	4,00	1,99			
Son Test	Deney	46	8,71	2,53	92	-,437	,663
	Kontrol	48	8,93	2,36			

Bu bağlamda, mekânsal yakınlık ilkesi dikkate alınarak farklı sunum biçimlerinde (AGMÖM ve 2BGMÖM) geliştirilen öğrenme materyallerinin akademik başarı üzerindeki etkileri arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir; dolayısıyla AGMÖM, 2BGMÖM'e kıyasla kavramsal bilgi düzeyinde üstün bir öğrenme kazanımı sağlamamıştır. Bulgular Thees ve arkadaşları (2020)'nin çalışmasını destekleyici nitelikteydi. Thees ve arkadaşları (2020) çalışmasında zamansal ve mekânsal yakınlık ilkelerini dikkate alarak hazırladığı AG destekli bir içerik sunumunun, başarıyı geleneksel 2B ekran sunumuna göre daha da artırmadığını tespit etmiştir. Uygulama sonrası öğrenci görüşleri de akademik başarıyı etkileyen faktörler bağlamında her iki sunum şekli için de olumluydu. Katılımcılardan bazıları, her iki materyalinde öğrenmeyi kolaylaştırıcı yönde etkilediğine yönelik görüş bildirdiler. AGMÖM'ün öğrenmeyi kolaylaştırıcı etkisini bir öğrenci (Katılımcı 1) görüşünü; “Ben dördüncü sınıftan beri Kuvvet ve Hareket Ünitesi'ni zar zor anlıyorum, anlayamıyorum hatta. Bu daha çok benim anlamama yardımcı oldu.” şeklinde belirtirken, 2BGMÖM'ün öğrenmeyi kolaylaştırıcı etkisini ise başka bir öğrenci (Katılımcı 2) görüşünü şu şekilde belirtmiştir; “Bileşke kuvvet, dengelenmiş kuvvet gibi kavramları uygulama sayesinde anladım, öğretti”. Her iki materyalde yönergelerin etkili bir şekilde sunulmasının öğrenmeyi olumlu etkilediğini savunan öğrenciler de vardı. Örneğin AG tabanlı sunuş yöntemindeki yönergelerle ilişkin bir öğrenci “Mesela yönergeler olmasa anlayamazdım. Çünkü ittiriyor falan anlayamazdım. Nesnelerin üstünde metin var diye daha kolay anladım.” şeklinde bir görüş belirtirken, 2BGMÖM'e ilişkin başka bir öğrenci ise “Yardım ve yönergelerdeki anlatım hoşuma gitti. Anlamamı kolaylaştırdı.” görüşünü dile getirmiştir. Her iki sunuş şekline yönelik öğrenci görüşlerine göre, materyallerde kullanılan görsellerin ve tipografilerin öğrenme açısından uygun olduğu yönündeydi. AGMÖM'e yönelik bir öğrenci görüşünü “Mesela

metin olmasa anlayamazdım. Çünkü ittiriyor falan anlayamazdım. Üstündeki metin var diye daha kolay anladım” şeklinde belirtirken, geleneksel sunuş yöntemine yönelik öğrencilerden biri ise “Metin olmasa çok fazla anlayamazdım. Metin animasyonların üstünde olduğu için çok daha rahat anlaşılıyordu.” görüşünü dile getirmiştir. AGMÖM’in de çoklu ortam tasarım ilkelerine uygun biçimde tasarlandığında geleneksel yöntemlere alternatif olarak eğitimde etkili bir şekilde kullanılabileceği söylenebilir.

Motivasyon

Hem deney hem de kontrol grubundaki öğrencilerin kendilerine sunulan öğrenme materyallerine ilişkin motivasyonlarını değerlendirmek üzere Öğretim Materyalleri Motivasyon Ölçeği (ÖMMÖ) (Keller, 2009) uygulanmıştır. AG ve geleneksel sunum şekillerine yönelik deney ve kontrol gruplarının motivasyon puanları arasındaki farkı belirlemek amacıyla Mann-Whitney U testi uygulanmıştır. Her iki grubun motivasyon ön test puanları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Uygulama sonrası grupların her iki öğretim materyaline yönelik algıladıkları motivasyona ilişkin analiz sonuçları dikkat ($U=989,50$; $p>,05$), uygunluk ($U=1070$; $p>,05$), güven ($U=1060,50$; $p>,05$) ve memnuniyet ($U=1052,50$; $p>,05$) boyutlarıyla Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2

Grupların ÖMMÖ Puanlarına İlişkin Mann-Whitney U Testi Sonucu

Boyutlar	Gruplar	N	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	U	p
Dikkat	Deney	46	49,99	2299,50	989,50	,385
	Kontrol	48	45,11	2165,50		
Uygunluk	Deney	46	48,24	2219	1070	,797
	Kontrol	48	46,79	2246		
Güven	Deney	46	48,45	2228,50	1060,50	,742
	Kontrol	48	46,59	2236,50		
Memnuniyet	Deney	46	48,62	2236,50	1052,50	,696
	Kontrol	48	46,43	2282,50		

Çalışmada deney ve kontrol gruplarının motivasyon algılarında anlamlı bir farklılık yaşanmadı. Uygulama sonrası öğrenci görüşleri de motivasyon bağlamında her iki sunum şekli için de olumluydu. Katılımcılardan bazıları, her iki sunum şeklinin de motive edici yönde etki yaptığını yönelik görüş bildirdiler. AGMÖM’ün motive edici yönünü bir öğrenci “Bu konuya geçtiğimde daha çabuk anladım hem daha güzel, eğlenceli geçer ders daha güzel olur.” şeklinde ifade ederken, diğer bir öğrenci ise 2BGMÖM’ün motive edici yönü şu şekilde belirtmiştir; “Daha iyi anlamama yardımcı oldu. Hoşuma gitti. Derslerde kullanılabilir daha iyi anlayabiliriz” şeklinde görüş bildirmiştir. Sonuç olarak, mekânsal yakınlık ilkesi rehber alınarak hazırlanan AG tabanlı sunum şekli, öğrenci motivasyonunu aynı ilke bağlamında geliştirilen geleneksel sunum şekline göre anlamlı düzeyde değiştirmemiştir.

Gruplardaki öğrencilerin Fen Öğrenmeye Yönelik Motivasyon Ölçeği (FÖYMÖ) ile veri toplanarak analiz edilmiştir. Bu amaç doğrultusunda Mann-Whitney U testi uygulanmıştır. Analiz sonucunda her iki grubun motivasyon ön test puanları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Uygulama sonrası grupların fen öğrenmeye yönelik motivasyonlarına ilişkin analiz sonuçları araştırma ($U=732$; $p<,05$), performans ($U=935$; $p>,05$), iletişim ($U=968,50$; $p>,05$), iş birliği ($U=755,50$; $p<,05$) ve katılım ($U=1060,50$; $p>,05$) boyutlarıyla Tablo 3’te özetlenmiştir:

Tablo 3

Grupların FÖYMÖ Puanlarına İlişkin Mann-Whitney U Testi Sonucu

Boyutlar	Gruplar	N	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	U	p
Araştırma	Deney	46	55,59	2557	732	,005*
	Kontrol	48	39,75	1908		
Performans	Deney	46	51,17	2354	935	,198
	Kontrol	48	43,98	2111		
İletişim	Deney	46	50,45	2320,50	968,50	,303

	Kontrol	48	44,68	2144,50		
İş birliği	Deney	46	55,08	2533,50	755,50	,008*
	Kontrol	48	40,24	1931,50		
Katılım	Deney	46	48,45	2228,50	1060,50	,733
	Kontrol	48	46,59	2236,50		

*p<,05

Her iki grubun fen öğrenmeye yönelik motivasyonları performans, iletişim ve katılım boyutlarında anlamlı bir farklılık göstermemiştir, ancak iş birliği ve araştırma boyutlarında AG tabanlı sunum şekli lehine anlamlı bir fark tespit edilmiştir. Öğrenciler uygulama sırasında AG tabanlı materyalleri akranları ile iş birliği içinde çalışmadılar. Ancak test sonucuna göre bu tür materyalleri fen derslerinde iş birliğini destekleyici olarak görmüş olabilirler.

Bilişsel Yük

Her iki gruptaki öğrencilerin araştırmada kullanılan iki farklı öğrenme materyaline yönelik bilişsel yüklenme puanlarını belirlemek üzere Paas ve Van Merriënber'in (1993) geliştirdiği, Kılıç ve Karadeniz'in (2004) Türkçe'ye uyarladığı Bilişsel Yük Ölçeği kullanılmıştır. AG ve geleneksel sunum şekillerine yönelik deney ve kontrol gruplarının bilişsel yük düzeyleri arasındaki farkı belirlemek amacıyla Mann-Whitney U testi uygulanmıştır. Test sonucunda her iki grubun bilişsel yük düzeylerine yönelik ön test puanları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Uygulama sonrasında da grupların her iki öğretim materyaline yönelik bilişsel yük düzeyleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır (U= 950 ; p>,05) (Tablo 4).

Tablo 4

Grupların Bilişsel Yük Düzeylerine İlişkin Mann-Whitney U Testi Sonucu

Gruplar	N	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	U	p
Deney	46	50,85	2339,00	950,000	,238
Kontrol	48	44,29	2126,00		

Sonuç olarak AGMÖM, 2BGMÖM'e göre öğrencilerin bilişsel yük seviyelerini anlamlı derecede etkilememiştir. Bu sonuç Altmeyer vd. 'in (2020) çalışmasını destekleyici nitelikteydi. Altmeyer vd. (2020) AG ve AG olmayan öğretim uygulamaları ile öğrenen öğrencilerin bilişsel yük düzeylerinde anlamlı fark bulamamıştır. Katılımcılar hem AGMÖM hem de 2BGMÖM kullanırken bilişsel yüklenme açısından herhangi bir olumsuz görüş belirtmemişlerdir. Örneğin katılımcılardan biri AG sunum şekline yönelik "Öğretmenimiz bir konuyu iki günde anlatırken Bunu bir derste veya iki derste anlayabildim." şeklinde görüşünü ifade ederken, geleneksel sunum şekline yönelik bir katılımcı ise "Kullanırken hiç zorlanmadım ve çabuk öğrendim. Zaten daha önce fen derslerinde kullandık." şeklinde görüş bildirmiştir. Sonuç olarak, mekânsal yakınlık ilkesi rehber alınarak hazırlanan AGMÖM, öğrencilerin bilişsel yük düzeylerini aynı ilke doğrultusunda geliştirilen geleneksel sunum şekline göre anlamlı düzeyde değiştirmemiştir.

Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Teknolojideki ilerlemeler ışığında geliştirilen öğrenme materyalleri, bireyin bilişsel sistemine uygun biçimde tasarlanmadığında öğrenmeyi kolaylaştırmak yerine engelleyici bir rol üstlenebilir (Leslie, Low, Jin ve Sweller, 2012). Bu doğrultuda, AG tabanlı öğrenme deneyimlerinin etkili bir biçimde sunulabilmesi için öğretim tasarımcılarının belirli tasarım stratejilerini dikkate almaları büyük önem taşımaktadır.

AG tabanlı öğretim materyalleri, sanal nesneleri gerçek dünyayla bütünleştirme özelliği sayesinde, öğrenme deneyimini zenginleştiren yenilikçi araçlar arasında yer almaktadır. Bununla birlikte, bu materyallerin yapısında yer alan çoklu ortam öğeleri (örneğin, 2B/3B görseller, videolar, animasyonlar, sesler) öğrenme sürecinde bilişsel işlemleri doğrudan etkileyebilir. Bu da AG tabanlı bir

öğrenme materyali tasarlarlarken, çoklu ortamla öğrenme üzerine gerçekleştirilen teorileri dikkate almanın gerekli olabileceğini düşündürmektedir. Bunun yanı sıra sanal nesneler ile gerçek nesneleri bir arada sunma özelliğine sahip olan AG tabanlı öğrenme materyallerinin geleneksel olanlara göre farklı bir doğası bulunmaktadır. Bu yüzden geleneksel öğrenme materyalleri dikkate alınarak ortaya atılmış olan çoklu ortam tasarım ilkeleri AG materyallerinin tasarımı için uygun olmayabilir. Bu araştırmada, mekânsal yakınlık ilkesi dikkate alınarak hazırlanan AG tabanlı sunum yönteminin ve 2B geleneksel mobil sunum yönteminin akademik başarı, motivasyon ve bilişsel yük bağlamında etkileri incelenmiştir.

Mekânsal yakınlık ilkesine uygun tasarlanan geleneksel çoklu ortam materyallerinin öğrenmeyi desteklediği bilinmektedir (Schroeder ve Cenkci, 2018). Fakat bu durum AG tabanlı öğretim materyalleri için netlik kazanmamıştır. Bu doğrultuda, araştırma kapsamında fen bilimleri dersinin "Kuvvet ve Hareket" konusuna yönelik olarak mekânsal yakınlık ilkesi temel alınarak AGMÖM ve 2BGMÖM geliştirilmiştir. Geliştirilen bu materyallerin, öğrencilerin akademik başarıları, motivasyon düzeyleri ve bilişsel yükleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Araştırma, Çanakkale ilindeki bir ortaokulda okuyan 94 altıncı sınıf öğrencisi ile gerçekleştirilmiştir. Yakınsayan paralel karma desen kullanılarak yürütülen bu çalışmanın sonuçları, AG tabanlı öğretim materyallerinin geleneksel yöntemlere kıyasla öğrenci performansı üzerinde çeşitli avantajlar sunduğunu ortaya koymaktadır.

Akademik başarı puanları incelendiğinde, AGMÖM ile 2BGMÖM arasında akademik başarı açısından anlamlı bir fark ortaya çıkmamıştır. Her iki materyalin de kavramsal öğrenme üzerinde benzer düzeyde etkili olduğu tespit edilmiştir. 2B mobil öğrenme ortamında mekânsal yakınlık ilkesine göre hazırlanan materyallerin akademik başarıya katkı sağladığı bilinmektedir (Hosseini vd., 2020). Nitekim, mekânsal yakınlık bağlamında incelenmemiş olsa da AG tabanlı materyallerinde önceki araştırmalarda akademik başarıyı artırdığı ortaya konmuştur (Altmeyer vd., 2020; Ateş, 2018; Cevahir vd., 2022; Christopoulos vd., 2022; Ersoy vd., 2016; Ibáñez vd., 2020; Kirikkaya ve Basgöl, 2019; Kırıkkaya ve Şentürk, 2018; Núñez vd., 2008). Bu çalışmada içerik aynıydı ancak sunum şekli farklıydı. Aynı içeriği deney ve kontrol grupları farklı sunum şekillerinde tabletler üzerinden öğrendiler. Hem AGMÖM hem de 2BGMÖM'nin sunum şeklinde de içeriğin aynı animasyonlar ile zenginleştirilmesi geleneksel içerik sunumlarına göre soyut kavramları anlamada benzer etki yaratmış olabilir. Ayrıca öğrencilerin mobil cihaz kullanımına aşinalığı ve konuları öğrenmek için bu cihazları kullanma isteği, iki farklı sunum şeklinin akademik başarı üzerinde fark yaratmamasının bir sebebi olabilir. Çünkü günümüz öğrencilerinin mobil cihazlar ile öğrenmeye karşı oldukça istekli oldukları söylenebilir. Baghcheghi ve Koohestani (2021) çalışmalarında mobil öğrenmeye isteklilik ile eğitim başarısı arasında pozitif anlamlı bir ilişki bulunmuş ve öğrencilerin mobil öğrenmeye yönelik oldukça istekli olmalarının daha iyi öğrenmelerine yardımcı olduğunu belirtmektedirler. Bu durumlar incelendiğinde, 2BGMÖM kadar etkili sonuçlar ortaya koyan AGMÖM'in de çoklu ortam tasarım ilkelerine uygun biçimde tasarlandığında geleneksel yöntemlere alternatif olarak eğitimde etkili bir şekilde kullanılabileceği sonucuna varılabilir.

Öğretim materyaline yönelik motivasyon kapsamında, AGMÖM ve 2BGMÖM ile öğrenen öğrencilerin motivasyon düzeyleri, Keller'in (1983) ARCS modeli doğrultusunda "Dikkat", "Uygunluk", "Güven" ve "Memnuniyet" alt boyutları açısından incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, deney grubu öğrencilerinin bu dört boyutta AGMÖM lehine küçük farklarla daha yüksek ortalamalara sahip olduğu görülmüştür. Ancak, bu farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Ancak bu durum Khan vd. (2019)'ın çalışması ile çelişiyordu. Khan vd. (2019) geleneksel öğretim sürecine kıyasla AG tabanlı öğretim sürecinde öğrencilerin dikkatinde önemli bir gelişme olduğunu tespit etmiştir. Bu durumun ise grafikler ile 3B animasyonların gerçek dünya ortamlarına entegre edildiğinde ilgi çekici hale geldiğinden ve bu yüzden öğrencilerin öğrendikleri konuya daha iyi odaklanmalarından kaynaklandığını belirtmiştir. Bu çalışmada ortaya çıkan sonucun ise her iki sunum şeklinde kullanılan görsellerin ve animasyonların aynı olmasından kaynaklanmış olabilir. İki farklı öğrenme materyalinde kullanılan animasyonların sadece sunum şekilleri farklıydı. Bu durum öğrencilerin dikkatlerini benzer oranlarda etkilemiş olabilir. Bu sonuç, mekânsal yakınlık ilkesine

uygun olarak tasarlanan AGMÖM ile 2BGMÖM'ün öğretim materyaline yönelik motivasyon üzerindeki etkilerinin benzer düzeyde olduğunu göstermektedir.

Fen öğrenmeye yönelik motivasyon açısından ise, "Araştırma" ve "İş birliği" boyutlarında AGMÖM kullanan öğrenciler lehine istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir. Diğer alt boyutlarda anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Bu durum, AG tabanlı öğretim materyallerinin özellikle bilimsel merak ve iş birliğine dayalı öğrenme süreçlerinde daha etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Nitekim katılımcı görüşleri de bu bulguları desteklemektedir; öğrenciler, AG tabanlı materyallerin fen derslerine olan ilgilerini artırdığını, öğrenmeyi daha anlamlı ve eğlenceli hale getirdiğini ifade etmişlerdir. AG sistemleri eğitim ortamlarında hem öğrenci-öğrenci hem de öğretmen-öğrenci iş birliğini destekleyen bir teknolojidir (Upadhyay vd., 2024). Birçok çalışma AG teknolojisinin işbirlikçi öğrenme bağlamında etkili olduğunu kanıtlamıştır (Chen, 2008; Kaufmann ve Schmalstieg, 2002; Klopfer vd., 2005; Lin vd., 2013; Martín-Gutiérrez vd., 2015). AG tabanlı sunum şeklinin araştırma boyutunda geleneksel sunum şekline göre daha motive edici olması, bu teknolojinin fen derslerinde kullanıma diğer bilim alanlarından daha uygun olmasından kaynaklanabilir. Eğitim bilimlerinde yapılan araştırmalar, AG teknolojisinin en yoğun olarak fen bilimleri alanında kullanıldığını göstermektedir (Bacca vd., 2014; Özdemir, 2017). Bu durum, AG'nin soyut kavramları görselleştirme ve somutlaştırma konusunda sunduğu olanaklarla ilişkilendirilmektedir (Enyedy vd., 2012; Ibanez vd., 2014; Lin vd., 2013). Ayrıca, yapılan çalışmalar AG simülasyonlarının öğrencilerin öğrenme sürecine daha aktif katılımını sağladığını ve sorgulama temelli öğrenmeyi desteklediğini ortaya koymuştur (Wang vd., 2014). Sonuç olarak, mekânsal yakınlık ilkesi rehber alınarak hazırlanan AGMÖM, fen öğrenmeye yönelik öğrenci motivasyonunu aynı ilke bağlamında geliştirilen 2BGMÖM'e göre performans, iletişim ve katılım boyutlarında anlamlı düzeyde değiştirmemiştir. Ancak AGMÖM, 2BGMÖM'e göre fen araştırmaları için daha motive edici ve iş birliğini destekleyici bulundu.

Literatürde yer alan Hwang ve Wu (2014) de, mekânsal yakınlık ilkesi gibi öğrenme stratejilerini içeren iki boyutlu mobil uygulamaların öğrenci motivasyonunu artırma potansiyeline sahip olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca bu ilkenin, AG gibi yenilikçi teknolojilerle bütünleştirilerek kullanılmasının, literatüre önemli katkılar sağlayabileceği belirtilmiştir. Bu bağlamda, çalışmamızın bulguları, AG destekli öğrenme materyallerinin mekânsal yakınlık ilkesine uygun şekilde tasarlandığında, en az 2B mobil uygulamalar kadar motive edici olabildiğini ortaya koymaktadır. Katılımcıların görüşleri de bu sonucu destekler niteliktedir; öğrenciler her iki tür materyalin de dikkat çekici ve fen öğrenimini teşvik edici özellikler taşıdığını belirtmiştir.

Bilişsel yük düzeyleri incelendiğinde, mekânsal yakınlık ilkesi dikkate alınarak hazırlanan AGMÖM kullanan deney grubu ile 2BGMÖM kullanan kontrol grubunun bilişsel yük puanları sırasıyla 50.85 ve 44.29 olarak belirlenmiş ve AGMÖM'ün bilişsel yük seviyesini anlamlı bir şekilde artırmadığı ortaya çıkmıştır. Altmeyer vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, mekânsal yakınlık ilkesine uygun AG tabanlı materyallerin bilişsel yük üzerinde anlamlı bir fark yaratmadığı bulunmuştur. Bu bulgular, mevcut çalışmanın sonuçlarıyla tutarlıdır. Katılımcıların görüşleri, her iki materyalin de öğrenmeyi kolaylaştırıcı ve etkili görsel içerik sunduğunu belirtmiştir. Sonuç olarak, mekânsal yakınlık ilkesi dikkate alınarak hazırlanan AG tabanlı materyaller ile 2B mobil uygulamaların bilişsel yük açısından benzer etkiler gösterdiği söylenebilir.

Sonuç olarak, mekânsal yakınlık ilkesi dikkate alınarak geliştirilen AGMÖM ile 2BGMÖM karşılaştırıldığında, öğrencilerin akademik başarı, motivasyon ve bilişsel yüklerine ilişkin ölçümlerde anlamlı bir istatistiksel fark tespit edilmemiştir. Ancak elde edilen bulgular, AGMÖM'ün de en az 2BGMÖM kadar etkili olduğunu göstermektedir. Bu durum, AG destekli materyallerin de tıpkı 2B öğrenme materyalleri gibi mekânsal yakınlık ilkesine uygun olarak tasarlandığında öğrenme süreçlerine olumlu katkı sağlayabileceğini göstermektedir. Doğası gereği farklı teknolojik özellikler barındıran AG tabanlı materyallerin, mekânsal yakınlık ilkesine uygun şekilde geliştirildiğinde 2B materyallerle benzer düzeyde öğrenme çıktıları sağlayabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, AG tabanlı öğrenme materyallerinde ÇOTİ ve özellikle mekânsal yakınlık ilkesi temelinde yapılan

araştırmaların sayıca sınırlı olması, bu çalışmanın literatüre katkı sağlayacak nitelikte olduğunu göstermektedir.

Bu çalışma yalnızca mekânsal yakınlık ilkesine odaklanmakta, çoklu ortam kuramının diğer ilkeleri olan zamansal yakınlık, modalite gibi ilkeleri kapsam dışında bırakmaktadır. Bu bağlamda, ilerleyen araştırmalarda farklı çoklu ortam ilkeleri de dikkate alınarak tasarlanmış AG materyallerinin etkilerinin karşılaştırmalı biçimde analiz edilmesi, öğrenme süreçlerine dair daha bütüncül bir bakış açısı sunabilir.

Mevcut çalışma, örneklem itibarıyla fen bilimleri öğretimi ile sınırlıdır. Ancak AG teknolojisinin sunduğu çok duyuğu öğrenme ortamlarının, sadece fen dersleriyle değil, sosyal bilgiler, matematik, yabancı dil gibi farklı disiplinlerde de uygulanabilirliği mümkündür. Bu nedenle, AG materyallerinin farklı branşlarda ve disiplinler arası yaklaşımlarla kullanımı üzerine yapılacak araştırmalar, teknolojinin öğretimdeki çok yönlü katkılarını ortaya koyma açısından önemlidir. Ayrıca çalışma sadece ortaokul düzeyindeki öğrencilere uygulanmıştır. Gelecekte yapılacak araştırmalarda farklı yaş grupları, örneğin ilkokul veya lise düzeyindeki bireylerle yürütülecek çalışmalar, yaşa bağlı öğrenme farklılıklarının AG materyallerine yansımaları analiz etme olanağı sunabilir.

Öte yandan, bireysel farklılıkların da bu tür materyallerin etkililiği üzerindeki rolü göz ardı edilmemelidir. Bireysel değişkenlerin, AG materyalleriyle etkileşimde ne ölçüde farklılık yarattığının araştırılması, kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimlerinin tasarlanmasında önemli veriler sunacaktır. Ayrıca, AG materyallerinin akademik başarı, motivasyon, kalıcılık ve bilişsel yük gibi çok boyutlu öğrenme çıktıları üzerindeki etkisinin, çeşitli bireysel özellikler ekseninde analiz edilmesi, öğretim teknolojilerinin pedagojik tasarımı açısından yeni perspektifler kazandırabilir. Farklı tasarım ilkelerinin, disiplinlerin, yaş gruplarının ve bireysel özelliklerin dikkate alındığı araştırmalar, AG'nin öğretimde daha etkin ve verimli kullanımına ilişkin yol gösterici olacaktır.

Araştırma Etiği

Kurul adı: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Etik Kurulu
Karar tarihi: 04.10.2021
Belge sayı numarası: E-84026528-050.01.04-2100184235

Yazarların Katkı Oranı

Çalışmaya yazarların katkı oranı eşittir.

Çıkar Çatışması

Çalışmada çıkar çatışması oluşturabilecek herhangi bir durum yoktur.

Açıklama

Bu çalışma birinci yazarın, ikinci yazar danışmanlığında yürütmüş olduğu 2022 yılında yayımlanan yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Akbaba, S. (2006). Eğitimde motivasyon. *Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13, 343-361.
- Altmeyer, K., Kapp, S., Thees, M., Malone, S., Kuhn, J. and Brünken, R. (2020). The use of augmented reality to foster conceptual knowledge acquisition in STEM laboratory courses:

- Theoretical background and empirical results. *British Journal of Educational Technology*, 51(3), 611-628. doi:10.1111/bjet.12900
- Ateş, A. (2018). 7. sınıftan fen ve teknoloji dersi “maddenin tanecikli yapısı ve saf maddeler” konusunda artırılmış gerçeklik teknolojileri kullanılarak oluşturulan öğrenme materyalinin akademik başarıya etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Ayres, P. and Sweller, J. (2005). The split-attention principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 135-146). Cambridge University Press.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385. doi:10.1162/pres.1997.6.4.355
- Azuma, R. T. (2017). Making augmented reality a reality. In *Propagation Through and Characterization of Atmospheric and Oceanic Phenomena*. Optical Society of America.
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S. and Kinshuk. (2014). Augmented reality trends in education: A systematic review of research and applications. *Educational Technology & Society*, 17(4), 133–149.
- Baghcheghi, N. and Koohestani, H. R. (2021). Nursing students’ readiness for mobile learning and its effect on learning achievement: A cross-sectional study. *BMC Medical Education*, 21, Article 64. doi:10.1186/s12909-021-02502-3
- Bıçak, F. (2019). Simülasyonlarla zenginleştirilmiş etkileşimli tahta kullanımının fen bilimleri dersinde akademik başarıya etkisi: 6. sınıf kuvvet ve hareket örneği. Yüksek Lisans Tezi, Trabzon Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Trabzon.
- Billinghurst, M., Clark, A. and Lee, G. (2015). A survey of augmented reality. *Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction*, 8(2–3), 73–272. doi:10.1016/10.1561/11000000049
- Bodemer, D., Ploetzner, R., Feuerlein, I. and Spada, H. (2004). The active integration of information during learning with dynamic and interactive visualisations. *Learning and Instruction*, 14(3), 325-341. doi:10.1016/j.learninstruc.2004.06.006
- Buchner, J., Buntins, K. and Kerres, M. (2022). The impact of augmented reality on cognitive load and performance: A systematic review. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(1), 285-303. doi:10.1111/jcal.12617
- Cai, S., Wang, X. and Chiang, F. K. (2014). A case study of augmented reality simulation system application in a chemistry course. *Computers in Human Behavior*, 37, 31-40. doi:10.1016/j.chb.2014.04.018
- Cevahir, R., Yılmaz, A. ve Demir, M. (2022). The effect of augmented reality-based content on students’ academic achievement. *Journal of Educational Technology Studies*, 10(2), 55–68.
- Chen, C.-M. (2008). An intelligent mobile learning system for supporting collaborative learning. *Educational Technology & Society*, 11(3), 1–17.

- Chen, P., Liu, X., Cheng, W. and Huang, R. (2017). A review of using augmented reality in education from 2011 to 2016. In J. Herrington, A. Couros, & V. Irvine (Eds.), *Innovations in smart learning* (pp. 13-18). doi:10.1007/978-981-10-2419-1_2
- Chiang, T. H., Yang, S. J. and Hwang, G. J. (2014). An augmented reality-based mobile learning system to improve students' learning achievements and motivations in science learning. *Computers & Education*, 81, 1-14. doi:10.1016/j.compedu.2014.08.014
- Christopoulos, A., Conrad, M. and Shukla, M. (2022). The impact of augmented reality on education: A meta-review. *Computers & Education*, 179, 104429. doi:10.1016/j.compedu.2021.104429
- Christopoulos, A., Pellas, N., Kurczaba, J. and Macredie, R. (2022). The effects of augmented reality-supported instruction in tertiary-level medical education. *British Journal of Educational Technology*, 53(2), 307–325. doi:10.1111/bjet.13167
- Clark, R. C. and Lyons, C. (2010). Graphics for learning: Proven guidelines for planning, designing, and evaluating visuals in training materials. *John Wiley & Sons*. doi:10.5555/1952046
- Creswell, J. W. and Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (5th ed.)*. Sage Publications.
- Deci, E. L. ve Ryan, R. M. (1985). The general causality orientations scale: Self-determination in personality. *Journal of Research in Personality*, 19(2), 109–134.
- Dede, Y. ve Yaman, S. (2008). Fen öğrenmeye yönelik motivasyon ölçeği: Geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 2(1), 19–37.
- Dias, A. (2009). Technology enhanced learning and augmented reality: An application on multimedia interactive books. *International Business and Economics Review*, 1(1), 69–79.
- Dinçer, S. ve Doğanay, A. (2016). Öğretim materyaline ilişkin motivasyon ölçeği (ÖMMÖ) Türkçe uyarlama çalışması. *İlköğretim Online*, 15(4), 1131–1148. doi:10.17051/io.2016.19056
- Dünser, A., Grasset, R., Seichter, H. and Billingham, M. (2007). Applying HCI principles to AR systems design. In *Proceedings of MRUI'07 workshop at the IEEE Virtual Reality 2007* (pp. 37–42). Charlotte, NC, USA.
- Enyedy, N., Danish, J. A., Delacruz, G. and Kumar, M. (2012). Learning physics through play in an augmented reality environment. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 7(3), 347–378. doi:10.1007/s11412-012-9150-3
- Ersoy, H., Duman, E. ve Öncü, S. (2016). Artırılmış gerçeklik ile motivasyon ve başarı: Deneysel bir çalışma. *Öğretim Teknolojileri ve Öğretmen Eğitimi Dergisi*, 5(1), 39–44.
- Ersoy, M., Yıldız, E. ve Aydın, B. (2016). Effects of augmented reality learning materials on academic success and retention. *Education and Science*, 41(186), 133–147.
- Florax, M. and Ploetzner, R. (2010). What contributes to the split-attention effect? The role of text segmentation, picture labelling, and spatial proximity. *Learning and Instruction*, 20(3), 216–224. doi:10.1016/j.learninstruc.2009.02.021

- Ginns, P. (2006). Integrating information: A meta-analysis of the spatial contiguity and temporal contiguity effects. *Learning and Instruction*, 16, 511–525. doi:10.1016/j.learninstruc.2006.10.001
- Hosseini, A., Ghaemi, H. and Karami, M. (2020). Comparing two forms of spatial contiguity principle in student learning: 'Text linked to image' versus 'Text in image adjacency'. *Iranian Journal of Virtual Learning in Medical Sciences*, 11(2), 1–9. doi:10.30476/ijvlms.2020.85968.1029
- Hwang, G. J. and Wu, P. H. (2014). Applications, impacts and trends of mobile technology-enhanced learning: A review of 2008–2012 publications in selected SSCI journals. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 8(2), 83–95. doi:10.1504/IJMLO.2014.062346
- Ibáñez, M. B. and Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109–123. doi:10.1016/j.compedu.2018.05.002
- Ibáñez, M.-B., Di Serio, Á., Villarán, D. and Kloos, C. D. (2014). Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness. *Computers & Education*, 71, 1–13. doi:10.1016/j.compedu.2013.09.004
- İbili, E. (2019). Effect of augmented reality environments on cognitive load: Pedagogical effect, instructional design, motivation and interaction interfaces. *International Journal of Progressive Education*, 15(5), 42–57.
- İzgi-Onbaşılı, Ü. (2018). Artırılmış gerçeklik uygulamalarının ilkökul öğrencilerinin artırılmış gerçeklik uygulamalarına yönelik tutumlarına ve fen motivasyonlarına etkisi. *Ege Eğitim Dergisi*, 19(1), 320–337. doi:10.12984/egcedf.390018
- Johnson, C. I. and Mayer, R. E. (2012). An eye movement analysis of the spatial contiguity effect in multimedia learning. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 18(2), 178–188.
- Kablan, Z. (2005). *Bilgisayar destekli fen bilgisi öğretiminde yazılı metin ve animasyonların uygulanan mekânsal konumlandırma yaklaşımlarının (ekranda ayırma, ekranda bütünleştirme) bilişsel yük açısından karşılaştırılması*. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Karadavut, Z. ve Çimen, O. (2021). The effect of augmented reality applications on the academic success of 11th grade students in the circulatory system. *European Journal of Education Studies*, 8(12), 237–264. <https://doi.org/10.46827/ejes.v8i12.4030>
- Kaufmann, H. and Schmalstieg, D. (2002). Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality. *ACM SIGGRAPH 2002 Conference Abstracts and Applications*, (pp. 37–41). doi:10.1145/1242073.1242090
- Keller, J. M. (1987c). *IMMS: Instructional materials motivation survey*. Tallahassee, FL: Florida State University.
- Keller, J. M. (2010). Motivational design research and development. *Motivational Design for Learning and Performance*, 3, 297–323. doi:10.1007/978-1-4419-1250-3_12
- Keller, J. M. (2010). The ARCS model of motivational design. *Motivational Design for Learning and Performance*, 3, 43–74. doi:10.1007/978-1-4419-1250-3_3

- Kester, L., Kirschner, P. A. and Van Merriënboer, J. J. (2005). The management of cognitive load during complex cognitive skill acquisition by means of computer-simulated problem solving. *British Journal of Educational Psychology*, 75(1), 71-85. doi:10.1348/000709904X19254
- Khan, T., Johnston, K. and Ophoff, J. (2019). The impact of an augmented reality application on learning motivation of students. *Advances in Human-Computer Interaction*, 2019, Article 7208494. doi:10.1155/2019/7208494
- Kılıç, E. ve Karadeniz, Ş. (2004). Hiper ortamlarda öğrencilerin bilişsel yüklenme ve kaybolma düzeylerinin belirlenmesi. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 40(40), 562-579.
- Kırıkkaya, E. B. ve Şentürk, M. (2018). Güneş sistemi ve ötesi ünitesinde artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanılmasının öğrenci akademik başarısına etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 26(1), 181-189. doi:10.24106/kefdergi.375861
- Kırıkkaya, E. B. ve Başgöl, Ş. (2019). The effect of augmented reality supported science activities on students' academic achievement and motivation. *International Journal of Educational Research Review*, 4(2), 200-210.
- Klopfer, E., Squire, K. and Jenkins, H. (2005). Environmental detectives: The development of an augmented reality platform for environmental simulations. *Educational Technology Research and Development*, 56(2), 203-228. doi:10.1007/s11423-007-9037-6
- Krüger, J. M. and Bodemer, D. (2022). Application and investigation of multimedia design principles in augmented reality learning environments. *Information*, 13(2), 74-82. doi:10.3390/info13020074
- Küçük, S., Yılmaz, R. M. and Göktaş, Y. (2014). Augmented reality for learning English: Achievement, attitude, and cognitive load levels of students. *Education and Science/Eğitim ve Bilim*, 39(176), 393-404. doi:10.15390/EB.2014.3595
- Lee, K. (2012). Augmented reality in education and training. *TechTrends*, 56(2), 13-21. doi:10.1007/s11528-012-0559-3
- Leslie, K. C., Low, R., Jin, P. and Sweller, J. (2012). Redundancy and expertise reversal effects when using educational technology to learn primary school science. *Educational Technology Research and Development*, 60(1), 1-13. doi:10.1007/s11423-011-9199-0
- Lin, T.-J., Duh, H. B.-L., Li, N., Wang, H.-Y. and Tsai, C.-C. (2013). An investigation of learners' collaborative knowledge construction performances and behavior patterns in an augmented reality simulation system. *Computers & Education*, 68, 314-321. doi:10.1016/j.compedu.2013.05.011
- Martín-Gutiérrez, J., Mora, C. E., Añorbe-Díaz, B. and González-Marrero, A. (2015). Virtual technologies trends in education. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(2), 469-486. doi:10.12973/eurasia.2017.00626a
- Mayer, R. E. (1997). *Multimedia learning: Are we asking the right questions?*
- Mayer, R. E. (2002). Multimedia learning. In J. P. Mestre and B. H. Ross (Eds.), *Psychology of learning and motivation*, 41, 84-139. Academic Press. doi:10.1016/S0079-7421(02)80005-6
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning (2nd ed.)*. Cambridge University Press.

- Mayer, R. E. (2014). Incorporating motivation into multimedia learning. *Learning and Instruction*, 29, 171–173. doi:10.1016/j.learninstruc.2013.04.003
- Mayer, R. E. and Fiorella, L. (2014). Principles for reducing extraneous processing in multimedia learning: Coherence, signaling, redundancy, spatial contiguity, and temporal contiguity principles. In R. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 279–315). Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. and Moreno, R. (1998). A cognitive theory of multimedia learning: Implications for design principles. *Journal of Educational Psychology*, 91(2), 358–368. doi:10.1037/0022-0663.91.2.358
- Mayer, R. E. and Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 43–52. doi:10.1207/S15326985EP3801_6
- Núñez, M. C., Gallardo, S. and Pino, J. A. (2008). Collaborative augmented reality for inorganic chemistry education. In *Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, (pp. 95–97). doi:10.1109/ICALT.2008.38
- Núñez, M., Quirós, R., Núñez, I., Carda, J. B., Camahort, E. and Mauri, J. L. (2008). Collaborative augmented reality for inorganic chemistry education. *WSEAS International Conference. Proceedings. Mathematics and Computers in Science and Engineering*, 5, 271–277.
- Özdemir, D. ve Özçakır, B. (2019). Kesirlerin öğretiminde artırılmış gerçeklik etkinliklerinin 5. sınıf öğrencilerinin matematik başarılarına ve tutumlarına etkisinin incelenmesi. *Adıyaman University Journal of Educational Sciences*, 9(1), 21–41. doi:10.17984/adyuebd.495731
- Özdemir, M. ve Baturay, M. H. (2020). Eğitimde artırılmış gerçeklik kullanımı ve tasarım ilkeleri rehberliğinde örnek bir uygulama. *Güncel Öğrenme Teknolojileri ve Materyal Tasarımı*, 137–190. Ankara: Pegem Akademi.
- Özdemir, M. (2017). Artırılmış gerçeklik teknolojisi ile öğrenmeye yönelik deneysel çalışmalar: Sistematik bir inceleme. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(2), 609–632. doi:10.17860/mersinefd.336746
- Paas, F. G. and Van Merriënboer, J. J. (1993). The efficiency of instructional conditions: An approach to combine mental effort and performance measures. *Human Factors*, 35(4), 737–743. doi:10.1177/001872089303500412
- Paas, F. G. and Van Merriënboer, J. J. (1994). Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks. *Educational Psychology Review*, 6(4), 351–371. doi:10.1007/BF02213420
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: A meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533–1543. doi:10.1007/s00779-013-0747-y
- Renkl, A. and Scheiter, K. (2017). Studying visual displays: How to instructionally support learning. *Educational Psychology Review*, 29(3), 599–621. doi:10.1007/s10648-017-9411-6
- Santos, M. E. C., Chen, A., Taketomi, T., Yamamoto, G., Miyazaki, J. and Kato, H. (2013). Augmented reality learning experiences: Survey of prototype design and evaluation. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 7(1), 38–56. doi:10.1109/TLT.2013.37

- Schroeder, N. L. and Cenkci, A. T. (2018). Spatial contiguity and spatial split-attention effects in multimedia learning environments: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 30(3), 679–701. doi:10.1007/s10648-018-9435-1
- Sırakaya, M. ve Kılıç Çakmak, E. (2018). Effects of augmented reality on student achievement and self-efficacy in vocational education and training. *International Journal for Research in Vocational Education and Training*, 5(1), 1–18. doi:10.13152/IJRVET.5.1.1
- Sommerauer, P. and Müller, O. (2014). Augmented reality in informal learning environments: A field experiment in a mathematics exhibition. *Computers & Education*, 79, 59–68. doi:10.1016/j.compedu.2014.07.013
- Sweller, J., Ayres, P. and Kalyuga, S. (2011). Cognitive load theory. *Springer Science & Business Media*. doi:10.1007/978-1-4419-8126-4
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. and Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261–292. doi:10.1007/s10648-019-09465-5
- Tarng, W., Ou, K. L., Yu, C. S., Liou, F. L. and Liou, H. H. (2015). Development of a virtual butterfly ecological system based on augmented reality and mobile learning technologies. *Virtual Reality*, 19(3–4), 253–266. doi:10.1007/s10055-015-0265-5
- Thees, M., Kapp, S., Strzys, M. P., Beil, F., Lukowicz, P. and Kuhn, J. (2020). Effects of augmented reality on learning and cognitive load in university physics laboratory courses. *Computers in Human Behavior*, 108, Article 106316. doi:10.1016/j.chb.2020.106316
- Upadhyay, B., Brady, C., Madathil, K. C., Bertrand, J., McNeese, N. J. and Gramopadhye, A. (2024). Collaborative augmented reality in higher education: A systematic review of effectiveness, outcomes, and challenges. *Applied Ergonomics*, 121, Article 104360. doi:10.1016/j.apergo.2023.104360
- Van Gog, T. (2014). The signaling (or cueing) principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning*, 2, 263-278. Cambridge University Press.
- Yıldırım, A. ve Şimşek H. (2011). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Seçkin Yayıncılık: Ankara.
- Wang, T.-H., Wang, K.-H., Wang, W.-L., Huang, S.-C. and Chen, S.-Y. (2014). Assessing creative problem-solving with online peer assessment and the role it plays in supporting learning. *Computers & Education*, 70, 24–35. doi:10.1016/j.compedu.2013.07.034
- Wang, X., Kim, M. J., Love, P. E. and Kang, S. (2013). Augmented reality in built environment: Classification and implications for future research. *Automation in Construction*, 32, 1–13. doi:10.1016/j.autcon.2012.11.021
- Wasko, C. (2013). What teachers need to know about augmented reality enhanced learning environments. *TechTrends*, 57(4), 17–21. doi:10.1007/s11528-013-0672-y
- Weiner, B. (1992). *Human motivation: Metaphors, theories, and research*. Sage Publications.

- Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y. and Liang, J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41–49. doi:10.1016/j.compedu.2012.10.024

Extended Abstract

Introduction

In recent years, alongside the diversification of digital educational environments, the impact of instructional materials enriched with multimedia elements on the learning process has increasingly gained prominence. The integrated presentation of components such as text, visuals, animations, and videos is considered a significant factor supporting students' cognitive processes. These principles, particularly articulated by Mayer (2002), focus on the effective and efficient delivery of elements like text, visuals, and audio within learning materials. Additionally, the Cognitive Load Theory developed by Sweller, Ayres, and Kalyuga (2011) holds a crucial role in this context, providing guidance on optimizing information presentation to avoid exceeding the learner's mental capacity (Sweller, Ayres, and Kalyuga, 2011). However, emerging technologies integrated into educational settings have necessitated a reevaluation of traditional multimedia approaches. One such technology, Augmented Reality (AR), enhances the learning experience by presenting digital content interactively within the physical world (Billinghurst, Clark, and Lee, 2015). In AR applications, multimedia components such as text, visuals, and audio are presented in conjunction with three-dimensional physical objects, thereby requiring different design principles to be considered in the development of learning materials.

Determining design principles applicable to AR-based materials has become a significant research topic within the field of educational technology. For instance, Wu et al. (2013) emphasized the necessity of restructuring design principles for AR-supported learning environments. Some studies in the literature suggest that traditional multimedia design principles can also serve as a guide within the context of AR (Ibáñez and Delgado-Kloos, 2018). However, other researchers (Bacca, Baldiris, Fabregat, Graf, and Kinshuk, 2014) argue that the direct applicability of these principles is limited, and that AR's unique interaction modalities require novel design approaches. Indeed, interaction between the user and content in AR systems is often facilitated through tactile or spatial inputs, which provides a user experience distinct from traditional screen-based designs.

Within this framework, investigating how principles related to the spatial contiguity of visual elements function in AR environments—particularly the spatial contiguity principle—is of critical importance. This principle posits that presenting text and visuals physically close to each other positively influences learning (Clark and Lyons, 2010). However, in AR applications, such contiguity must be planned not only on the digital screen but also within the physical environment. Therefore, examining the applicability and effectiveness of the spatial contiguity principle in AR-based instructional materials can yield valuable insights from both theoretical and practical perspectives.

In this study, the effects of an AR-based mobile learning material (ARMLM) designed according to the spatial contiguity principle and a 2D mobile learning material (2DMLM) also designed in accordance with the same principle were examined in terms of academic achievement, motivation, and cognitive load.

Method

The participants were 94 sixth-grade students. The Force and Motion topic was taught to the experimental group using ARMLMs designed according to the spatial contiguity principle, while the control group learned through 2DMLMs developed with the same principle. A preliminary survey of 43 science teachers identified *Force and Motion* as the most challenging topic, forming the basis for material development.

A convergent parallel mixed-methods design was used to ensure a comprehensive understanding. The quantitative phase followed a quasi-experimental pre-test–post-test design using intact groups. The qualitative phase involved open-ended questions exploring students' experiences and perceptions, analyzed through content analysis to identify key themes.

Before the intervention, students were introduced to the learning materials and completed an Academic Achievement Test. Afterward, data were collected using several instruments: the Instructional Material Motivation Scale, Science Learning Motivation Scale, Cognitive Load Scale, and a re-administered Academic Achievement Test. Additionally, a semi-structured interview form with 12 open-ended questions was used to explore students' experiences, challenges, motivation, and views on applying AR to other science topics.

Findings

According to the research findings, no significant differences were found between the ARMLM and 2DMLM groups in terms of academic achievement, motivation, or cognitive load. Both materials supported student learning. However, significant differences were found in favor of AR-based materials in the "research" and "collaboration" dimensions of motivation for science learning. Students stated that both materials facilitated conceptual understanding and that the instructions were helpful for learning. In conclusion, AR materials developed with the principle of spatial proximity did not increase overall achievement compared to traditional 2D materials; however, they did support collaboration and research motivation.

Conclusion, Discussion and Recommendations

This study examined learning materials developed in two presentation formats ARMLM and 2DMLM both designed according to the spatial contiguity principle. Results showed no significant difference in conceptual learning between the two groups, consistent with Thees et al. (2020), who found similar outcomes for AR and traditional methods. Student interviews indicated that both materials supported learning through visuals and explanations that clarified complex concepts such as Force and Motion. Although presentation formats differed, both groups accessed identical mobil materials enriched with the same animations, explaining their comparable learning outcomes. Students' familiarity and interest in mobile devices may also have contributed to these results. Thus, AR-based materials did not show a significant advantage in academic achievement over traditional 2D presentations.

Motivational comparisons revealed no overall difference, yet subdimensions of collaboration and inquiry favored the ARMLM. Since visuals and animations were identical, attention and motivation levels likely remained consistent. Feedback confirmed that both materials were motivating, but AR's interactive features enhanced collaboration and inquiry—findings consistent with prior studies.

Regarding cognitive load, no significant differences emerged, aligning with Altmeyer et al. (2020). Students reported that both formats were easy to follow and did not impose mental strain. Hence, ARMLM neither increased nor reduced cognitive load relative to 2DMLM.

In summary, with proper instructional design, AR can serve as an effective alternative to traditional methods. Future studies should explore other multimedia learning principles and test AR-based designs across different subjects, age groups, and learner characteristics such as digital literacy and learning style.