



## Artırılmış Gerçeklik Üzerine Son Gelişmelerin ve Uygulamaların İncelenmesi

Tarık İÇTEN<sup>1,\*</sup>, Güngör BAL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Bilişim Sistemleri, Çankaya/ANKARA

<sup>2</sup>Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Teknikokullar/ANKARA

### Öz

Bu makalede, günümüzde oldukça popüler olan Artırılmış Gerçeklik (AG) teknolojisi alanındaki son gelişmeler ve uygulamalar incelenmiştir. Verilerin ve görüntülerin gerçek dünya görüntülerine eklenmesiyle zenginleştirilmiş bir ortam oluşturan AG ilk kullanıma başladığı yıllarda dijital araçların yetersiz kabiliyetleri sebebiyle gelişimi sınırlı, kullanımı lüks, yapımı zahmetli bir teknoloji olarak görülmekteyken günümüzdeki yazılım ve donanım alanındaki gelişmelerle birlikte uygulama alanı genişleyerek sanayi, eğitim, trafik, sağlık, spor, eğlence ve askeri alanlarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Uygulama alanının çeşitliliği ve günümüzdeki bilimsel gelişmeler, “AG Teknolojisi” kavramını genişleterek “AG Ortamları” kavramını ortaya çıkarmıştır. Bu inceleme çalışmasında AG teknolojisini ve bu teknoloji ile yapılmış örnek ortam uygulamalarını konu alan ulusal ve uluslararası akademik çalışmalar ile özel sektör uygulamaları incelenerek çalışmaların ayrıntıları, özgün (güçlü ve zayıf) yanları, uygulama alanları, kullanım amaçlarına yönelik değerlendirmeler sunulmuştur.

### Makale Bilgisi

Başvuru: 01/02/2017

Kabul: 24/04/2017

### Anahtar Kelimeler

Artırılmış gerçeklik  
 Artırılmış gerçeklik ortamı  
 Artırılmış gerçeklik uygulamaları

### Keywords

Augmented reality  
 Augmented reality technology  
 Augmented reality applications

## Review of Recent Developments and Applications in Augmented Reality

### Abstract

Aim of this research is to investigate recent developments on Augmented Reality Technology which is so popular nowadays and creates an enriched environment by adding images to real world images. Whereas in early years the Augmented Reality Technology was considered as limited because of the inefficiency of technological instruments, very expensive to use and hard to build, under support of present day developments in software and hardware the application area has enlarged and it is used in industry, education, traffic, health, sport, entertainment and military fields. Varieties of application field and scientific developments have brought along to refer “Augmented Reality Technology” as “Augmented Reality Mediums”. In this review, national and international academic studies and private sector applications based on Augmented Reality Technology have been analyzed. Evaluation results on considered studies are presented in terms of details, characteristics (strong and weak sides), applications areas and application purposes.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Son yıllarda bilişim teknolojileri alanında en çok dikkat çeken çalışmalardan birisi de Artırılmış Gerçeklik(AG) olarak ifade edilen Augmented Reality(AR) teknolojisidir. Artırılmış gerçeklik birçok alanda çalışmanın yapıldığı, gün geçtikçe günlük hayatımızda daha fazla yer almaya başlamış bir teknolojidir. Gerçeklik teknolojisi terimi temelde sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik olarak ikiye ayrılabilir. Sanal gerçeklik, bilgisayar kaynaklı üç boyutlu oyunlarda karşılaşılan, kullanıcının bu ortama girdiğinde dünya ile ilişkisinin tamamen yok olduğu bir ortam olarak ifade edilebilir. Buna karşın artırılmış gerçeklik; gerçek dünya ile bağlantısını devam ettiren, veri ve görüntülerin gerçek dünya görüntülerine eklene bildiği, gerçek ve sanal nesnelerin aynı ortamda birlikte algılanmasını sağlayan bir ortam olarak ifade edilebilir. Şekil 1’de sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik kavramlarını ifade eden örnek resimler

\*İletişim yazarı, e-mail: ictentarik@gmail.com

gösterilmiştir. Bu resimlerden soldaki bilgisayar tarafından oluşturulmuş bir çevrede bilgisayar oyunu oynayan kullanıcının sanal gerçeklik ortamından, sağdaki gerçek dünya görüntüsü üzerine sayısal ve grafiksel verilerin eklenmesi ile oluşturulmuş artırılmış gerçeklik ortamından alınmış görüntülerdir.



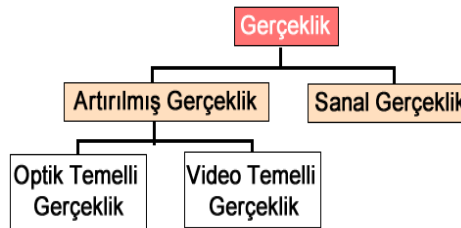
**Şekil 1.** Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik (Virtual reality and augmented reality)

Görüntüleri görsel (metin/grafik/animasyon) ve işitsel (ses) materyaller ile artırma teknolojisi uzun süredir gündemde olan bir teknolojidir ve gelişimi halen devam etmektedir. Son araştırmalara göre, artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik pazarının 2020 yılında tahmini 100 Milyar doları aşacağı öngörülmektedir [1]. AG pazarında akıllı telefonlar, tablet ve masaüstü bilgisayarlar gibi teknolojik ürünlerin günlük hayatımızda daha fazla yer alması AG teknolojilerinin de bu alanda daha etkin bir şekilde kullanılmasına yol açacağı söylenebilir.

Artırılmış gerçeklik uygulamaları askeri, mühendislik, sağlık, spor, turizm, reklamcılık vb. alanlarda kullanılmaktadır [2]. Bu bağlamda, son yıllarda yapılan çalışmalara bakıldığında AG alanında yazılım geliştiren şirket sayısının geçmiş yıllara göre kıyaslandığında bir artışın olduğundan bahsedilebilir. Bu alanlardaki gelişmelere öncülük eden birkaç uluslararası yazılım şirketi bulunmaktadır. Bu şirketler arasında, GPS, hızölçer ve pusula destekli mobil tarayıcı hizmeti sunan Hollanda merkezli LayAR [3], AG tabanlı mobil ticaret ve e-ticaret çözümlerinde öncü olan Fransa merkezli Total Immersion [4], IOS ve Android sistemler için ücretsiz mobil AG hizmeti sunan Almanya merkezli Metaio [5] örnek olarak verilebilir. Bunlara ek olarak, görüntü tanıma ve izleme alanında çalışan, IOS ve Android işletim sistemleri için lokasyon tabanlı AG çözümleri sunan Avusturya merkezli WikiTude [6], kullanıcılarına Webcam Sosyal Mağaza uygulama hizmeti sunan ABD merkezli Zugara [7], resim işleme teknolojisi alanında faaliyet gösteren İngiltere merkezli Aurasma [8] şirketleri de eklenebilir.

## 2. ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK (AUGMENTED REALITY)

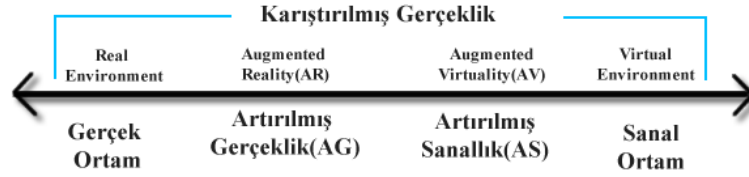
Gerçeklik uygulaması, kullanılan teknoloji dikkate alındığında optik temelli teknolojiler ve video temelli teknolojiler [9] olarak iki grupta değerlendirilebilir. Bu iki teknoloji arasındaki temel farklılık gerçek ve sanal dünyanın bütünleştirilmesiyle oluşan sahnenin görüldüğü yerdir. Optik sistemlerde bütünleştirilmiş sahne gözlük aracılığıyla gerçek dünyada görülürken, video temelli sistemlerde bütünleştirilmiş sahne bilgisayar/tablet/mobil cihaz üzerinde görülmektedir [10]. Gerçeklik uygulamalarına yönelik bir gruplama Şekil 2’de verilmiştir.



**Şekil 2.** Gerçeklik uygulamalarının gruplanması (Grouping of reality applications)

Artırılmış gerçeklik alanında yapılan çalışmaların sayısı son yıllarda artmasına rağmen bu alanda yapılan tanım ve terimler teknolojideki gelişmelere paralel olarak değişkenlik göstermektedir. Alanla ilgili literatürde yer alan tanımlamalar incelendiğinde, Milgram ve Kishino (1994) [11] artırılmış gerçekliği “Gerçek dünya nesnelere yerine dijital ortam ürünlerinin kullanıldığı gerçeklik ortamıdır” [12] şeklinde tanımlamakta iken, Özarslan (2011) çalışmasında artırılmış gerçekliği; “Bir kamera ya da görüntüleme cihazı aracılığıyla çoğunlukla gömülü bir hedefi okuyup sanal olarak bilgisayarda üretilen görüntü ve gerçek dünyanın görüntüsünün yazılımsal olarak bir araya getirilmesiyle oluşmaktadır” [13] şeklinde

tanımlamaktadır. Gelişim sürecince gerçek ve sanal ilişkisini anlatan birçok ifade kullanılmıştır. Şekil 3’de, sanal ve gerçek ilişkisini gösteren düzlem bu konudaki tanımları daha da anlaşılır kılacaktır.



**Şekil 3.** Milgram'ın gerçeklik sanallık düzlemi (Milgram's reality-virtuality continuum)

Artırılmış gerçeklik uygulamalarının ilk olarak askeri alanda kullanıldığı görülmektedir [14]. Savaş pilotlarının kaskına yerleştirilen ve göz hizası seviyesinde kullanılan saydam özellikli ekranlar tasarlanmıştır. Bu ekranlar pilotların görmesi gereken uçuş verilerini anlık olarak göstermektedir. Donanımın saydam yapısı sayesinde pilotların gerçek görüntü ile veri ekran görüntüsünü aynı anda görmesi amaçlanmıştır. Savaş pilotlarındaki uygulama alanıyla başlayan bu teknoloji günümüzde birçok alanda kendisini göstermektedir. Bu alanlar:

- Eğitim ve insan bilimi
- Doğal afet ve nükleer kazalardan korunma
- Sanat, reklam ve pazarlama
- Eğlence, sağlık ve müzecilik
- GPS ve coğrafi etiketleme
- Mühendislik, askeri ve güvenlik

## 2.1. Artırılmış Gerçeklik için Kullanılan Çevre Birimleri (Peripherals used for Augmented Reality)

### 2.1.1. Donanım Altyapısı (Hardware Infrastructure)

Kullanıcının AG teknolojisini tam olarak kullanabilmesi ve yazılımın uygulama aşamasında kendisine verilen görevi yapabilmesi için donanım alt yapısı önemlidir. Artırılmış gerçekliğin dış ortamdan gelen veri ve görüntüleri alıp gerçek dünya ile birleştirme işlemi olduğu dikkate alınırsa her AG ortamı için bu verilere ulaşabilmenin yolu bazı donanımların kullanılmasını gerektirmektedir. Alan B. Craig, Artırılmış Gerçekliği Anlamak: Kavramlar ve Uygulamalar adlı kitabında AG sistemlerinin donanımsal anlamda gerçekleştirilmesi için algılayıcılar, görüntüleyiciler (ekranlar) ve hesaplama ve işlem birimi olarak üç temel bileşene gerek olduğunu vurgulamaktadır [15]. Bu bileşenler aşağıda verildiği gibi örneklendirilebilir.

Algılayıcılar: Kaliteli bir kamera, GPS ve Internet (konum ve web tabanlı AG ), Dijital Pusula, Navigasyon, İvmeölçer (konum ve hareket tabanlı AG)

Hesaplama ve işlem birimi: Bilgisayar, Tablet veya Mobil donanımlar

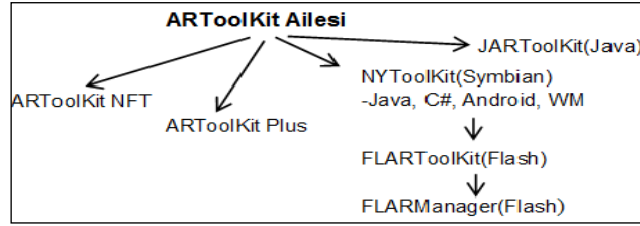
Görüntüleyiciler: Bilgisayar, Tablet veya Mobil cihaz ekranları

### 2.1.2. Yazılım Altyapısı (Software Infrastructure)

Artırılmış gerçeklik için öncelikle sanal ile gerçek ortamı bir arada yorumlayacak bir ara yüzey gerekmektedir. Çoğunlukla bu ara yüzey yazılım firmaları tarafından kendi tescilledikleri yazılım paketleri olarak piyasaya sürülmektedir. Bu yazılımlar, artırılmış gerçeklik uygulamalarında kolaylıklar sağlayan araçlarla beraber tasarlanmaktadır. Yazılımlar genelde modelleme aracı, işaretçi üretim aracı, performans artırıcı motor aracı ve mobil uygulama aracı isimleri altında gelmektedir [16].

Yazılım aracında, AG teknolojisini içeren birçok yazılım geliştirme araçları/platformları/Frameworks (SDK, Software Development Kit) mevcuttur. Bu yazılım araçlarından bazıları ücretsiz bazıları ücretlidir. Tarama sırasında tespit edilen ücretli yazılım geliştirme araçlarına WikiTude, LayAR, Kudan, FaceSDK, ücretsiz yazılım geliştirme araçlarına ARToolKit, SLARToolKit, FLARToolKit, OsgART, Droid AR örnek olarak verilebilir. Ücretsiz ve açık kaynak kod yazılımda bilinen ve bu alanda en çok kullanılan yazılım paketi ARToolKit'dir. ARToolKit'in farklı dilleri destekleyen sürümleri vardır. C dilinde yazılmıştır ve ücretsizdir. 1999 yılında Hirokazu Kato tarafından geliştirilmiş ve Washington üniversitesi HIT Laboratuvarı (The Human Interface Technology Laboratory) tarafından yayınlanmıştır. Bu kit kamera

ve marker olarak ifade edilen fiziksel bir işaretçinin (ing: marker) konumunu gerçek zamanlı hesaplayıp istenen görüntüyü işaretçi üzerinde görüntüleme becerisine sahip bir kütüphane olarak tanımlanabilir.



Şekil 4. ARToolKit ailesi (ARToolKit Family)

Şekil 4’de ARToolKit kütüphanesinden türetilmiş farklı dilleri destekleyen yazılım sürümleri gösterilmektedir. Uygulama geliştiriciler istedikleri programlama dilindeki ARToolKit yazılım paketini sistemlerine ekleyerek AG ortamları oluşturabilirler. Tablo 1’de açık kaynak kodlu AG platformları verilmiştir.

Tablo 1. Açık kaynak kodlu AG platformları (Open source AR platforms)

Donanım	İşletim Sistemi	Çalışma Ortamı	ARToolKit Ailesi	3D Motor
Masaüstü	Windows Mac OS	Flash	FLARToolKit	Away 3D Papervision 3D
		Silverlight	SLARToolKit	Silverlight 5 3D Balder
	IOS	Native (Objective C)	IOS için ARToolKit	OpenSceneGraph (OpenGL)
Mobil	Android	Native (Java)	ARToolKit/AndAR	OpenGL
	Windows Phone	Native(C#)/Mango/Silverlight	SLARToolKit	Native(C#)

ARToolKit’den başka Augment, Vuforia, Aurasma, Metaio, BazAR, D’Fusion gibi SDK araçları mevcuttur. Tablo 2’de bu SDK’lar hakkında daha ayrıntılı bilgi verilmektedir.

Tablo 2. AG uygulama geliştirme platformları(AR application development platforms)

AR Frameworks	Vuforia	ARToolKit	WikiTude	LayAR	Kudan
Şirket	PTC	DAQRI	Wikitude GmbH	BlippAR Grp	Kudan Limited
Lisans	Ücretsiz ve Ücretli	Ücretsiz	Ücretli	Ücretli	Ücretli
Desteklenen Platformlar	Android, IOS,Unity	Android, IOS, Windows, Linux, Mac OS X, SGI	Android, IOS, Google Glass, Epson Moverio, ,Optinvent ORA1, PhoneGap, Xamarin	IOS, Android, BlackBerry	Android, IOS, Unity

Modelleme aracında, program içinde kullanılacak üç boyutlu modelleme ve karakter tasarlama imkânı sağlayan araçlar mevcuttur ve bunlar X, Y ve Z koordinat sistemine göre çalışır. AG teknolojisinin en önemli bileşenidir. Gerçek hayattaki bir nesnenin bilgisayarda üç boyutlu modellenmesini sağlar. Blender, Unity3D, Google SketchUp, Cinema 4D, K-3D, Sweet Home 3D, Maya ve 3DS Max sayabilecek 3D model ve grafik tasarlama programlarıdır.

Performans artırıcı motor aracı, program içinde modelleme aracıyla yapılmış üç boyutlu nesnelere(3D API) çalışmasına imkân sağlar. Birçok motor yazılım türü mevcut olup Papervision3D, Away3D ve Sandy3D, WebGL ve Unity3D en çok bilinen ve yaygın kullanılan 3D motorlarıdır.

Bu bağlamda incelenen akademik çalışmalarda, 3D nesnelere kullanıldığı görülmektedir. Tarama sırasında bu nesnelere oluşturulmasında, 3DMax, Blender, Swift3D ve Unity3D motor araçlarından yararlandığı belirlenmiştir. İncelenen AG çalışmalarda 3D nesnelere ek olarak, resim, yazı, video ve ses de kullanıldığı görülmektedir. Yazı, resim, video ve ses gibi nesnelere gerçek görüntü üzerine eklenerek kullanıcıya ek

bilgilendirme imkânı sağlayabilmektedir. Araştırmacılar tarafından gelecekte yapılacak çalışmalarda, 3 boyutlu olarak görülen nesnelerin boyutlarının kullanıcı tarafından değiştirilebilme, örnek videolar ile desteklenebilme, açıklayıcı resim ve yazı eklenebilme özelliklerine yer verilebilir. Bu özellikler çalışmanın durumuna göre bir veya birden fazla özelliğin kullanımı ile sağlanabileceği düşünülmektedir.

### 2.1.3. Artırılmış Gerçeklik Türleri (AR Types)

Cheng ve Tsai (2013) [17], artırılmış gerçeklik sistemlerini kullandıkları teknolojik altyapısına göre konum tabanlı ve görüntü tabanlı olmak üzere iki kategori altında toplamışlardır. Görüntü tabanlı yöntemlerde kendi içinde işaretçi tabanlı AG (İTAG) ve işaretçi tabanlı olmayan AG (İTOAG) sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır [18-19]. Swaminathan, Mao ve Wu (2006) [20], izleme yöntemlerini genel olarak yansıtma (Projection based AR), tanılama (Recognition based AR), konum (Location based AR) ve anahat (Outlining AR) tabanlı olarak dörde ayırmaktadır.

#### 2.1.3.1. Konum Tabanlı AG (KTAG) Sistemler

KTAG yöntemlerinin Küresel Konumlama (GPS), Kablosuz Yerel Alan Ağı (WLAN), Radio Frekanslı Tanımlama (RFID) ya da sensörlerden gelen verilerle kullanıcının konumunu tespit ederek, gerçek görüntü üzerine ortam zenginleştirme verilerinin eklenmesi esasına dayandığı söylenebilir. Sırakaya ve Seferoğlu (2016) [18] tarafından yapılan tanım; “Konum tabanlı AG sistemleri kullanıcının bulunduğu yeri GPS, WLAN vb. cihazlar ile tespit ederek gerçek görüntü üzerine sanal veriler ekler.” şeklindedir. KTAG sistemlerin, taşınabilir cihazlara olan uyumu, ihtiyaç duyduğu pusula, GPS ve hız ölçüm gibi donanımlara sahip taşınabilir cihaz sayısının fazlalığı ve uygun maliyeti, açık hava uygulamalarındaki etkinliği bu sistemlerin avantajları arasında gösterilebilir. KTAG, “eğitim” [21], “mimari” [22], “turizm” [23], “tarihi ve coğrafi” [24] gibi alanların tanıtımlarında etkin bir şekilde kullanılabilir. Junaio ve WikiTude, KTAG özelliğine sahip araçlardır [25] ve bu alanda en çok kullanılan konum tarayıcısı WikiTude AR uygulamasıdır [26]. Literatürdeki KTAG çalışmalara, Squire ve Klopfer (2007) [27] tarafından yapılmış çevre bilimi alanındaki çalışması, Esengün (2016) [28] tarafından yapılmış 2 boyutlu harita ve AG mobil navigasyon uygulamalarının kıyaslanması konulu yüksek lisans tezi örnek olarak verilebilir. Bunlara ek olarak; Dunleavy, Dede ve Mitchell (2009) [29] tarafından yapılmış matematik alanındaki çalışma ile tarama sırasında incelenen Tsai, Liu ve Yau (2013) [30] tarafından yapılmış doğal afet ve nükleer kazalardan korunma çalışması da verilebilir.

#### 2.1.3.2. Görüntü Tabanlı AG (GTAG) Sistemler

GTAG sistemler, artırılmış gerçeklik ortamına tanımlanan nesnelere (resim, grafik, logo, fotoğraf, hareket ve ses algılama) işaretçi olarak kullanmakta, işaretçinin kamera tarafından alınan görüntüsünün analizi sonucunda belirlenen noktalara göre sanal veriler, grafikler veya 3D/2D nesnelere eklemektedir. AG alanında sunulan yazılımlar ve bu yazılımlarla geliştirilen uygulamalar incelendiğinde en çok görüntü tabanlı çalışmalara rastlanmaktadır [31].

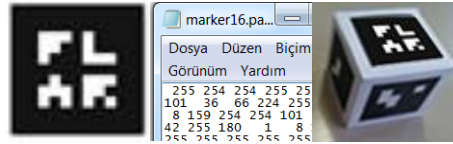
*İTAG Sistemler:* Bu sistemlerde, görüntülenmesi istenen nesne ile ilişkilendirilmiş bir işaretçinin sisteme önceden yüklenmesi/tanımlanması gerekmektedir. Bu veri, yoldaki veya kitaptaki bir görüntü (tanılama tabanlı) veya iki işaretçinin birbirleri arasındaki konumla ilişkili olabilir. Literatürdeki örnek İTAG çalışmasına, Wojciechowski ve Cellary (2013) [32] tarafından yapılmış kimya uygulaması örnek olarak verilebilir. Bu sistemlerin avantajları arasında; geliştirilme aşamasındaki kolaylıklar, birden fazla yazılım desteği, ek donanım ihtiyaçlarına (GPS, ivmeölçer, RFID, hızölçer) gerek duymaması ve geniş uygulama alanı gösterilebilir.

*İTOAG Sistemler:* İşaretsiz takip sistemi [33] olarak da ifade edilen bu sistemler, sisteme işaretçi verisi yerine ortamdaki bir nesnenin hareketi veya bir yüzeye AG yapısının yansıtılması (yansıtma tabanlı) şeklinde ifade edilebilir. Bahsi konu olan eylem bir el hareketi veya bir ses olabilir. Literatürdeki örnek İTOAG çalışmasına, Mirzaei, Ghorshi ve Mortazavi (2012) [34] tarafından duyma engelli kişilerin konuşmasını yazıya çevirebilen uygulama örnek olarak verilebilir. Bu sistemlerin en önemli avantajı modelin gösterileceği yerin sabit olmamasıdır [18]. Bu avantajından dolayı yol çizgisi (düz ve kesik çizgi, yaya çizgisi) [35] bu sistemler tarafından algılanabilir. Bu bağlamda yol çizgi tiplerine göre yol durumunu,

aracın olması gereken hızını, yola ait bilgileri gösteren ön cam ekranları [26] tasarlanmakta ve yakın zamanda hayatımızda daha fazla yer alacağı anlaşılmaktadır.

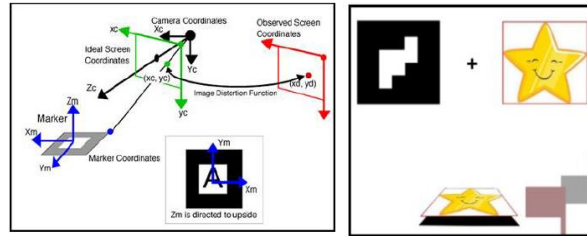
Taramada incelenen akademik düzeydeki çalışmalarda, eğitim, insan bilimi, doğal afet ve nükleer kazalardan korunma, sanat, fen bilimleri (matematik, fizik, kimya, biyoloji), mühendislik, trafik ve engelli uygulamalarının incelenmesine yer verilmektedir. Akademik alanda, akademisyenler tarafından İTAG teknolojisi, İTOAG ve KTAG teknolojisine göre daha fazla tercih edildiği görülmektedir. Bu tercihin sebebi, İTAG'nin işaretçi izleme teknolojisini kullanmasından, bu teknolojisine üzerine yapılmış yayın sayısının fazlalığından, açık kaynak yazılımı olan ARToolKit ve türevlerinin İTAG yapısını kullanmasından kaynaklı olduğu söylenebilir.

ARToolKit aracı geliştiriciler tarafından en çok tercih edilen araç olması dolayısıyla bu kısımda örnek olarak İTAG uygulama araçlarından açık kaynak kod tabanlı ARToolKit aracının işaretçi yapısı açıklanmaya çalışılacaktır. Genellikle bu işaretçiler kameradan iyi bir görüntü almak için beyaz kenarlık ile çevrelenmiş siyah zemin içine beyaz desenlerle resmedilmektedir. Şekil 5'de gösterildiği gibi her işaretçi deseni, işaretçi üretim programlarıyla uzantısı pat olan dosyalarda 0-255 arasında değişen renk kodları ile saklanmaktadır. Daha sonraki gelişmeler bu işaretçileri renkli ve görsel hale getirmiştir. Günümüzde gerçek dünyadaki bir nesne (veya resim) işaretçi olarak kullanılabilir.

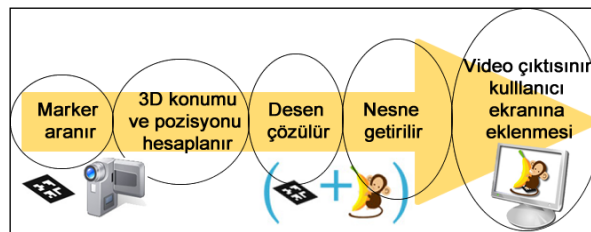


Şekil 5. ARToolKit işaretçi örnekleri (ARToolKit marker)

ARToolKit tipi işaretçiler kare biçiminde olmalıdır ve görüntüsünün yüzde 50'sinin sistem tarafından algılanması gerekmektedir. İşaretçi desenleri 16x16 veya 32x32 desenli olabilir. Desen boyutu işaretçinin tanımlanma süresi ile doğru orantılıdır. AG sistemleri saniyede 25 kare görüntü yakalarken görüntü 40 milisaniyede işaretçiye yüklenmektedir. Şekil 6'da kamera konum koordinatı ile işaretçi konum koordinatı arasındaki duruma göre değişen ekran (görüntü) koordinat durumu, Şekil 7'de ise işaretçi tanıma algoritması gösterilmiştir.



Şekil 6. İşaretçi ve kamera koordinat ilişkisi (Relation between marker and camera coordinates)



Şekil 7. İşaretçi tanıma algoritması (Marker processing algorithm)

İşaretçi tanıma algoritması üç adımla açıklanabilir. *Tanım*, gerçek dünya görüntüsünün (resim, obje, yüz veya vücut tanıma) kamera ile alınmasıdır. *Takip*, gerçek dünya üzerinde önceden belirlenmiş olan hedef noktaların bulunması ve takibidir. *Birleştirme*, takibi yapılan hedef üzerine bilgisayarda hazırlanmış olan materyallerin belli noktalarından bağlanması işlemidir.

İşaretçi üreten programlar ve çevrimiçi işaretçi üretme adresleri sırasıyla AR Pattern Marker Generator ve <http://flash.tarotaro.org/blog/2009/07/12/mgo2/> olarak verilebilir.

### 3. AKADEMİK ALANDA YAPILMIŞ ARTIRILMIŞ GERÇEKLIK UYGULAMALARI (AUGMENTED REALITY APPLICATIONS IN ACADEMIC STUDIES)

Akademik alanda yapılmış çalışmalarda, çoğunlukla işaretçi izleme yönteminin kullanıldığı anlaşılmaktadır. Bunu işaretçi olmayan yöntem ve Open CV ile yapılmış hareket izleme yöntemleri takip etmektedir. İncelenen çalışmalarda çoğunlukla ARToolKit ve Vuforia yazılım geliştirme araçlarının kullanıldığı görülmektedir. Vuforia yazılım geliştirme kitinin mobil cihazlar üzerinde çalışabilmesi, basit 3D nesne oluşturabilmesi, bilgisayarla görme (eng: Computer Vision) teknolojisine sahip olması ve taşınabilir cihazların farklı işletim sistemi sürümlerine destek verebilmesi gibi özelliklerinden dolayı akademisyenler tarafından tercih edildiği düşünülmektedir. İnsan bilimi alanında incelenen çalışmada Open CV aracının çalışmaya AG özelliği katması için kullanıldığı anlaşılmaktadır. Open CV, çalışmanın herhangi bir işaretçi olmadan ortamdaki mevcut fiziksel nesnelerin takibini yüksek çözünürlüklü kamera ile yapabilen yazılımdır. Bu durum düşünüldüğünde herhangi bir işaretçinin sisteme tanıtılmaması akademisyenlerin uygulama aşamasındaki işlemlerini zorlaştırmaktadır. Gelecekte bu araç ile çalışacak akademisyenlerin yetenekli donanım seçmeleri ve yeterli yazılım bilgisine sahip olmalarının gerekeceği söylenebilir.

Bunlara ek olarak incelenen çalışmalarda, çalışma ile kullanıcı arasında etkileşim için farklı etkileşim yöntemlerinin kullanıldığı anlaşılmaktadır. Bu etkileşimler; dokunmatik, fare/klavye, ek işaretçi ve el hareketleri şeklinde sıralanabilir. İncelemelerden, doğal afet ve nükleer kazalardan korunma başlığı altındaki çalışmada dokunma, insan bilimi başlığı altındaki çalışmada el hareketi, mühendislik başlığı altındaki çalışmada fare/klavye, eğitim başlığı altındaki sindirim ve dolaşım sistemi çalışmasında ek işaretçi ile etkileşimin sağlandığı görülmektedir. Çalışmaların oluşturulmasında kullanılan cihaz ve araca göre etkileşim yönteminin değiştiği söylenebilir. Masaüstü ve kişisel bilgisayar kullanımında fare/klavye kullanımı ön plana çıkarken, taşınabilir bilgisayarlarda dokunma ile bu etkileşimin sağlandığı görülmektedir. Araştırmacılara çalışma planlarında; kullanılacak AG aracı, 3D motoru, yazılım dili ve AG türü ile birlikte seçilecek cihaza da yer vermeleri gerektiği söylenebilir.

Akademik alanda yapılmış artırılmış gerçeklik uygulama alanının çok geniş olması sebebiyle bu çalışmada eğitim, insan bilimi, doğal afet ve nükleer kazalardan korunma, sanat, fen bilimleri, mühendislik, engelliler ve trafik gibi alanlar tercih edilmiş, bu alanlara örnek olabilecek birer akademik yayın incelenmeye çalışılmıştır.

#### 3.1. Eğitim (Education)

AG teknolojisi kullanılarak gelişmeler sağlanan akademik çalışmaların başında eğitim uygulamaları yer almaktadır. Bu uygulamalar ilköğretimden üniversiteye kadarki tüm seviyelerde eğitim materyali olarak kullanılabilir. Üniversitelerin mühendislik ve tıp fakülteleri bu teknolojinin kullanım alanlarına en güzel örneklerdir. Mesela; mekanik bir sistemin tasarımı bir mühendislik dersinde, insan vücudunun bir organının tanıtımı bir tıp fakültesi dersinde geliştirilen uygulama ile anlatılabilir [36].

Eğitim alanında geliştirilen uygulamalardan bazıları burada kısaca değerlendirilecektir. İbili ve Şahin (2013) [37] tarafından ortaöğretim öğrencilerine yönelik yapılan bir çalışmada Geometri kitabında iki boyutlu olarak gösterilen şekillerin masaüstü bilgisayarlarda dijital üç boyutlu şekiller olarak görüntülenmesi amaçlanmıştır. Şekil 8'de uygulamanın örnek bir ekran görüntüsü yer almaktadır. Uygulama yazılımında Visual Studio 2012, Microsoft Silverlight yazılım geliştirme düzlemi ve SLARToolKit kütüphanesi, 3D görüntülerde Balder ve 3DS Max programı kullanılmıştır. 3D nesnelerin görüntülenmesi için yüzeyleri işaretçi tanımlı küp kullanılmıştır. Kullanılan işlem adımları: geometri kitabında işlem yapılacak sayfa açılır, programdan sayfa numarası seçilir, sayfa numarasına göre sisteme yüklenen üç boyutlu geometrik şekiller kamera tarafından görüntülenene küp üzerine eşzamanlı olarak gösterilir. Bu uygulama çalışmasında 6.sınıf matematik ders kitabındaki geometrik cisimler temel alınmıştır. Uygulama iki farklı okulda, 6. sınıf öğrencilerinden oluşan 25'er kişilik toplam 4 sınıf (100 öğrenci) üzerinde yapılmıştır. Dört hafta süren uygulamanın haftalık iki ders saati sınıf ortamında tek

bilgisayar ve projeksiyon aracılığı ile diğer iki saati ise bilgisayar laboratuvar ortamında olacak şekilde ayarlandığı belirtilmiştir. Çalışma sonucunda AG yazılımlarında kullanılan işaretçilerin kitap üzerindeki dâhili ve harici kullanımları ile karşılaştırılması yapılmıştır. Dâhili uygulamanın kullanımı zorlaştırdığı, çalışmanın amacına uygunluğu, sayfa içerisindeki işaretçi sayısının oldukça önem teşkil ettiği, işaretçi kullanırken ışık kaynaklı pozlama (aydınlık veya karanlık) esnasında bazı sıkıntıların olduğu, bunların doğru işaretçi seçimi ile giderilebileceği, öğrencilerin bilişsel ve duyuşsal öğrenmelerine katkı sağladığı belirtilmiştir. Bir geometri kitabı için AG özelliğine sahip bir programın yapıldığı bu önemli çalışma değerlendirildiğinde öğrencilerin üç boyutlu olarak gördükleri geometrik şekillerin boyutlarının son kullanıcı tarafından değiştirilememesi, örnek video ile desteklenmemesi, üç boyutlu şekil üzerine not yazılamaması ve son kullanıcı ile etkileşime girememesi bu çalışmanın güçlendirilmesi gereken kısımları olarak görülmektedir.



**Şekil 8.** Eğitimde AG uygulama örneği (Example of AR application in education)

Abdüsselam ve Karal (2012) [31], 11. sınıf öğrencilerinin fizik dersindeki akademik başarılarını AG teknolojisini kullanarak ölçmeye çalışmışlardır. “Manyetizma” ünitesi iki hafta süre boyunca toplam 3 deney grubuna (69 öğrenci) konu olarak belirlenmiştir. Manyetizma uygulamaları için gruplar oluşturulmuştur. Uygulama G grubuyla sınıf ortamında, L grubu ile fizik laboratuvarında, AG grubu ile de artırılmış gerçeklik ortamı için geliştirilen cihazla gerçekleştirilmiştir. Uygulama öncesi ve sonrası “Manyetizma” ünitesi için hazırlanan ve öğrencinin öğrenme seviyesini bulmaya yönelik bazı testler (başarı testi, ön test ve son test) bu gruplara uygulanmıştır. Uygulama sonunda AG teknolojisinin kullanımının öğrencinin etkinliğe katılmasını cesaretlendirdiği, gönüllülüğü arttırdığı, diğer ortamlara göre öğrencilerin meraklarını uyandırdığı belirtilmiştir. Uygulamada kullanılan Arduino açık kaynak kodlu bir mikro denetleyici kartıdır, üzerine işaretçi etiketi yapıştırılır ve bilgisayara bağlanır. Arduino kartına yaklaştırılan mıknatısın yönüne göre ekrandaki manyetik şekil konum ve yön değiştirmektedir. Şekil 9’da gösterildiği gibi Arduino kartından alınan değerler de ekranın üst kısmından bilgilendirme amaçlı gösterilmektedir. Ekranda manyetik şekiller öğrencilere iki mıknatıs arasındaki manyetizma etkisi hakkında bilgi vermeye amaçlanmaktadır. Araştırma sonunda deney grubunun lehine sonuçların elde edildiği, artırılmış gerçeklik ortamlarının öğrencileri olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir. Öğrencileri fiziği anlamada, olayları kavramada, soyutu somuta dönüştürmede AG ortamlarının bir avantaj olduğu sonucuna ulaşıldığı açıklanmıştır.



**Şekil 9.** Eğitimde AG uygulama örneği (Example of AR application in education)

Pérez-López ve Contero (2013) [38] tarafından AG ortamı ile sindirim ve dolaşım sistemlerinin tanıtılması amacıyla bir yazılım geliştirilmiştir. Uygulama ekranında görüntülenen butonlar tıklanarak dijital olarak oluşturulmuş organın 3D görüntüsü işaretçi üzerinde görüntülenmektedir. 3D görüntüler üzerinde şeffaf ve yakınlaştırma işlemi yapılabilmekte, seçilen nesneye göre ekranın alt kısmından açıklayıcı metinler gösterilmektedir. Şekil 10’da ekran görüntüsü verilen sistemin oluşturulmasında Conitec Gamestudio Pro A7 programı kullanılmıştır. Çalışma sonucunda öğrenciler tarafından alınan bilgilerde; AG teknolojisinin kullanımının öğrenme süreçlerini kısalttığı, motivasyonu arttırdığı, memnuniyet derecesini yükseldiği, konunun daha iyi anlaşıldığı sonuçlarına ulaşıldığı belirtilmiştir. Çalışmada video görüntüsü, nesne üzerine



işaretlemeler, farklı örnek resim gösterme gibi zenginleştirici nesnelerin olmadığı görülmektedir. Bu yapıların sisteme eklenmesi ve yüklenilecek 3D nesnelerin dinamik hale getirilmesi uygulama ortamını genişleterek daha etkin bir AG uygulaması oluşturulmasını sağlayacaktır.



**Şekil 10.** Eğitimde AG uygulama örneği (Example of AR application in education)

Di Serio, Á., Ibáñez, M. B., ve Kloos, C. D. (2012) [39] tarafından İspanya’da bulunan bir ortaokulda zorunlu olarak öğretilen görsel sanatlar dersinin üç bölümünde iki oturumlu bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada İtalyan Rönesans Sanatı iki oturumda da konu olarak alınmıştır. Birinci oturumda sunulacak 4 farklı eserlerin anlatımı için klasik yöntem (sunu ve açıklama), uygulama ortamı olarak küçük ve ışıkları kapalı bir oda tercih edilmiştir. İkinci oturum, okul öğretmenleri tarafından artırılmış gerçeklik teknolojisine (metin, ses, video ve 3D model) sahip 4 farklı eserle, kamera bağlantılı masaüstü bilgisayarlar ile donatılmış bir laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Şekil 11’de ikinci oturumda kullanılan 4 örnek eserin görüntüsü verilmiştir. Çalışma sonucunda iki oturumun kıyaslaması yapılmış ve artırılmış gerçeklik uygulaması olan ikinci oturumun öğrencilerin dikkatini çekmede teknik üstünlükleri olduğu, öğrencilerin anlatım materyalleri ile etkileşime girebilmesinden dolayı ilgiyi canlı tuttuğu ve öğrenci motivasyonunu arttırdığı gözlenmiştir.

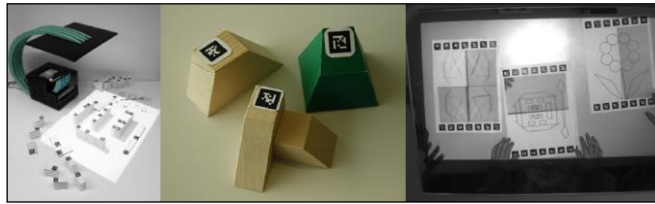


**Şekil 11.** AG örnekleri (AR examples)

H. K. Wu, S. W. Lee, H.Y. Chang ve J.C. Liang (2013) [40] tarafından yapılan çalışma, önceden yapılmış eğitim alanında kullanılan AG teknolojisine sahip uygulamaların eğitim açısından incelemesini temel almıştır. Çalışma içerisinde AG teknolojisinin tanımlanması, bu alanda yapılmış farklı uygulama çeşitliliği, çalışmaların maliyeti ve öğretim yaklaşımları üzerine açıklamalara da yer verilmiştir. Çalışmada, AG teknolojisine belirli bir alandan ziyade eğitimciler, araştırmacılar ve tasarımcılar için daha üretken ve belirli fırsatlara sahip bir teknoloji olduğu belirtilmiş ve bu fırsatlar beş maddede açıklanmıştır. Bunlar; (i) 3D perspektif ile öğrenme, (ii) her yerde, işbirlikçi öğrenme, (iii) öğrencilerin hisleriyle ve duyularıyla öğrenme, (iv) gösterilemeyen işlemleri ve nesnelere görselleştirme ve (v) resmi ve gayri resmi öğrenme arasındaki ilişki şeklinde sıralanmıştır. Çalışmadaki bulgulara bakıldığında; AG teknolojisine grup çalışmasına uygun olduğu, 3D görüntülemenin 2D’ye göre avantaj sağladığı, eğitici-öğrenci, öğrenci-öğrenci arasındaki ilişkiyi canlı tuttuğu, zamandan ve mekândan bağımsız öğretim imkânı sağladığı ve gözde canlandırılmayan işlemlerin anlaşılmasına yardımcı olduğu belirtilmiştir. Çalışma içinde bahsedilmiş avantajlarının yanında, AG teknolojinin pedagojik, teknolojik ve öğrenme gibi bazı zorluklarının (sınırlılıkların) bulunduğu belirtilmiş ve bunlara olası çözümler sunulmuştur.

S. Cuendet, Q.Bonnard, S. Do-Lenh ve P. Dillenbourg (2013) [41] tarafından sınıf ortamında kullanıma imkân verecek TinkerLamp, Tapacarp ve Kaleidoscope olarak isimlendirilen üç AG donanım sistemi tasarlanmıştır. Bu donanımların görselleri Şekil 12’de verilmiştir. Bu üç sistemin isimleri birbirinden farklı olsa da kullandıkları donanım yapısının aynı olduğu ifade edilmiştir. Bu sistemlerden TinkerLamp; ortaokul öğrencileri için geliştirilen, masaüstü lambası tasarımına sahip, tepe noktasında kamera bulunan ve aldığı görüntüleri projeksiyon cihazına ileten, üzerindeki tutma noktaları sayesinde kolayca bulunduğu noktadan başka bir noktaya hareket ettirilebilen bir sistem olduğu belirtilmiştir. Tapacarp; TinkerLamp cihazı ile aynı

tasarım yapısında olmasına karşın kullanıcıların çıraklık eğitimi içinde yer alan yaşları 15 ile 20 arasında değişen öğrenciler olduğu belirtilmiştir. Bu teknoloji cihazı ağırlıklı olarak çizim derslerindeki 2 boyutlu (2D) görüntülerin 3 boyutlu (3D) görüntüler şeklinde gösterilmesi için tasarlanmıştır. Kaleidoscope, TinkerLamp ve Tapacarp'ın aksine ilkököl öğrencilerine geometriyi öğretmek için tasarlanmıştır. Kaleidoscope ile işlem yapabilmek için materyal olarak kâğıt kullanılması gerektiği belirtilmiş, bunun sebebi olarak kâğıdın katlanabilme, kesilebilme ve şekil alabilme özelliği gösterilmiştir. Çalışmadaki bu 3 cihaz için belirlenen kullanıcı grupları şu şekildedir; TinkerLamp için 8 öğretmen ve 350 den fazla öğrenci, Tapacarp için 24 çırak öğrenci ve Kaleidoscope için 3 ana okul ve 20 den fazla sınıf. Çalışma sonucunda 3 farklı donanım sistemi için entegrasyon, farkındalık, güçlendirme, esneklik ve sadelik olarak 5 farklı tasarım prensibinin belirlendiği, bu prensipler kullanarak öğrenmeyi destekleyen bir sistemin sınıf içindeki öğrenme etkinliğini arttıracığı ifade edilmiştir.



**Şekil 12.** TinkerLamp, Tapacarp, Kaleidoscope

Eğitim alanında yapılmış AG çalışmalarıyla ilişkili seçilen diğer örnekler ve bunların AG işaretçi türleri Tablo 3'de verilmiştir.

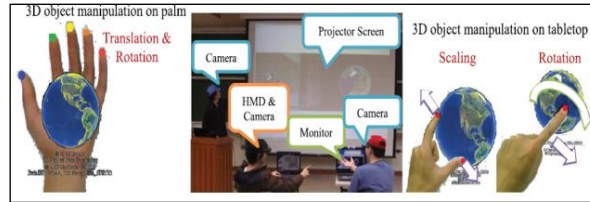
**Tablo 3.** Eğitim alanında yapılmış örnek AG çalışmaları (Examples of AR studies in the field of education)

Gerçek Nesne	AG Uygulaması
Kare işaretçi	İphone ile artırılmış gerçekliğin eğitimde kullanılması ve cismin mesafeye göre boyutundaki değişimi [16]
Google glass gözlüğü(HDM)	Eğitimde AG uygulamaları: Google Glass gözlük teknolojisi hakkında bilgi verilmesi ve eğitim çalışmalarının incelenmesi [12]
Yok (İnceleme)	Eğitim ortamlarında artırılmış gerçeklik uygulamalarına örnekler verilmesi ve eğitime katkısından bahsedilmesi [45]
Kare işaretçi, Gözlük(HDM)	Başlığa takılan kamera ve görüntüleme gözlüğü kullanarak geometrik nesnelerin çizimi ve hareket işlemleri eğitimi [42]
Kare işaretçi	İlkokul öğrencilerine işaretçi kullanımı ile kelime öğretilmesi [43]
Kare işaretçi ve Gözlük(HDM)	MagicBook isimli deftere kamera ile bakıldığında 3D görüntülerin oluşturulması [44]

### 3.2. İnsan Bilimi (Human Science)

Mau-Tsuen Yang ve Wan-Che Liao (2014) [46] VECAR (Virtual English Classroom AR) isimli dil ve kültür alanında uygulamalar yapılabilen bir öneri çalışması sunmuşlardır. Şekil 13' de örnek uygulaması gösterilen VECAR, işaretçi kullanmayan el hareketlerinin bilgisayar tarafından algılanmasını sağlayan Open CV algoritması ve AG teknolojisini içermektedir. Serbest el işaretinin durumu ve hareketine göre sanal üç boyutlu nesnenin görüntüleme, dönme ve yer değiştirme işlemlerini yapmaktadır. Sistemin algılayıp işlem yapabilmesini sağlayan üç farklı el hareketi tanımlanmıştır. Elin açılıp kapanması nesnenin görüntülenmesini, iki parmak ucunun birbirine yaklaştırıp uzaklaştırma nesnenin boyutunu değiştirmesini, tek parmak hareketi nesnenin merkezinin değişmesini sağlamaktadır. Çalışma 22 ile 26 yaş aralığındaki öğrencilere uygulanmıştır. Çalışma sonucunda uygulamanın; öğrencilerin dil ve kültür öğrenimindeki

sürecin kısaltılmasına ve öğrencilerin farklı kültürler arasında kıyaslamalar yapabilmesine, öğretmen ve öğrenci arasındaki iletişimin artmasına yardımcı olduğu belirtilmiştir. Çalışmanın monitör, projeksiyon, kamera ve kameralı gözlük üzerinde çalışabilir olması sistemin güçlü yönleridir. Sınırlı sayıda el hareketinin tanımlı olduğu görülmektedir. Open CV ve AG aynı anda çalıştığından bazı durumlarda hareketin algılanmasında problem oluşturduğu belirtilmiştir.



Şekil 13. VECAR

### 3.3. Doğal Afet ve Nükleer Kazalardan Korunma (Protection from Natural Disasters and Nuclear Accidents)

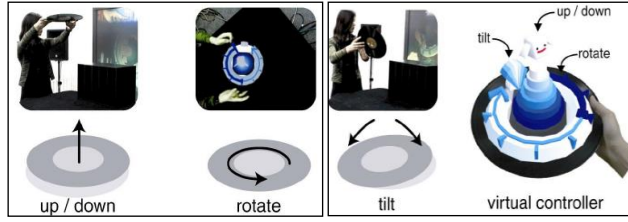
Tsai, Liu ve Yau (2013) [30] tarafından lokasyon tabanlı işaretçi kullanan bir uygulama geliştirilmiştir. Uygulama Tayvan'da içinde sığınakların bulunduğu insandan arındırılmış bir bölgede gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı herhangi bir doğal afet, deprem, terör saldırısı veya nükleer kaza gibi durumlarda kullanıcının akıllı telefonuna yüklenmiş uygulama ile en kısa zamanda en yakın sığınağı bulması ve o noktaya yönlendirilmesi olarak açıklanmaktadır. Akıllı telefon ekranında sığınakların isimleri, yönleri, enlemi, boylamı, mesafesi ve o anda o sığınakta kaç kişinin olduğu ve kalan kontenjan sayıları gösterildiği belirtilmiştir. Uygulama E-Maps ve AR-Based özelliğine sahiptir. Şekil 14'de örnek bir uygulama görüntüsü gösterilmiştir. Bu uygulamayı kullanabilmek için akıllı bir telefon ve internet bağlantılı GPS gerekmektedir. Uygulama aşamasında 26 yaşlarında 4 erkek ve 2 bayan seçilmiştir. Bireyler 2 erkek 1 bayandan oluşan iki gruba ayrılmıştır. Uygulama aşamasında A grubunun E-Maps, B grubunun AG tabanlı bir kılavuz kullandığı, B grubunun A grubuna göre daha kısa zamanda sığınağa ulaşabildiği belirtilmiştir. Telefonun GPS bağlantısının kesilmesi veya GPS vericilerinin herhangi bir kazada zarar görmesi sistemin çalışmasına engel olacaktır.



Şekil 14. AR-Based görüntüsü (AR-Based image)

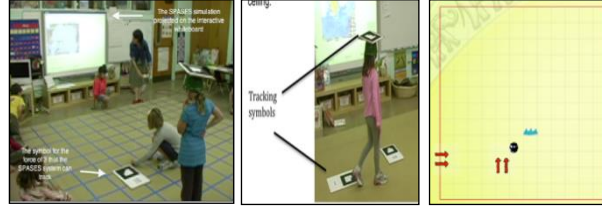
### 3.4. Sanat (Art)

Poupyrev, Berry ve vd. (2001) [47] tarafından geleneksel müzik aletlerinin yerine Augmented Groove olarak adlandırılan işaretçi ile kontrol edilebilen bir müzik sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan sistem işaretçi üzerinde 3D sanal görüntü oluşturmakta, işaretçinin fiziksel konumuna ve hareketine göre ekranda anlık görüntü değişimleri sistem tarafından algılanmaktadır. O andaki harekete tanımlı ses dizileri (tımı, yankı, ses yükselmesi alçalması, çalgı aleti sesi) eklenerek müzik fonu oluşturulmaktadır. Sistem birden fazla kullanıcıyı desteklemekte, işaretçi ile yukarı-aşağı, eğme ve çevirme hareketi yapıldığında bu hareketlere karşılık gelecek, daha önce veri tabanına tanımlanmış ses dizileri çalıştırılmaktadır. İşlem sırasında kontrol ve ses değişimleri grafiksel olarak ekranda görüntülenmekte ve kayıt altına alınabilmektedir. Böylece geleneksel müzik çalgı aleti olmadan sadece kendilerine verilen kartlar sayesinde müzik oluşturulabileceği belirtilmektedir. Uygulamaya ait örnek bir ekran görüntüsü Şekil 15'de verilmiştir.



Şekil 15. Augmented Groove uygulaması (Augmented Groove application)

### 3.5. Fen Bilimleri-Matematik, Fizik, Kimya, Biyoloji (Science-Math, Physics, Chemistry, Biology)



Şekil 16. Çoklu işaretçi, Eğlenerek öğrenme (Multimarker, Learning by Having Fun)

N. Enyedy, vd. (2012) [48] artırılmış gerçeklik ve hareket yakalama teknolojilerini içeren LPP (The Learning Physics Through Play Project) programı ve bu programın fizik dersinde uygulamasını yapmışlardır. Şekil 16'da görüldüğü gibi çalışmanın temelini artırılmış gerçeklik ve hareket yakalama teknolojileri oluşturmaktadır. LPP programı tasarlanırken üç temel prensibin göz önünde tutulduğu belirtilmiştir. Bunların; “oyun ve katılımcı müdahale”, ”zengin ortam sağlama”, “faaliyet döngüsü” olduğu ifade edilmektedir. Uygulama sınıf ortamında 6-8 yaş arasındaki 43 öğrenci üzerinde yapılmış, işlem olarak fizik dersindeki Newton'un kuvvet ve hareket konusu ele alınmıştır. Uygulamaya hareketlerin kolay yakalanabilmesi için sınıf tavanına projeksiyon cihazı, öğrencilerin eşzamanlı yaptıkları hareketi 3D görüntülerle görebilecekleri AG video görüntü ekranı, yapılan işlemleri sanal olarak gösteren projeksiyon perdesi üçlemesinden oluşmaktadır. Uygulama süresinde öğrenciler işaretçileri ellerinde taşımaktadırlar veya üzerlerine tutturarak hareket ettirmektedirler. Taşınan işaretçi kamera tarafından yakalanarak görüntüsü AG teknolojisi tarafından uygun dijital 3D görüntüsü ile birleştirilip video görüntü ekranına ve projeksiyon ekranına yansıtılmaktadır. Öğrenciler bu işlem sırasında projeksiyon ekranından kendi durumlarını izleyebilmekte ve yapılan hareket sonucunu eş zamanlı görebilmektedirler. Aynı zamanda uygulamada yer alan öğrenciler 2 nesnenin birbirleriyle olan etkileşiminin sonucunu yaşayarak deneyimlemektedirler. Uygulamada genellikle Newton'un “güç ve hareket”, “güç ve hız”, “sürtünme” ve “iki boyutlu kuvvet” konularının işlendiği belirtilmiştir. Çalışma sonucunda AG teknolojisi ve eğlenerek öğrenme kavramlarının bir arada kullanılmasının öğrenmede etkili bir yöntem olduğu ifade edilmektedir. Ancak uygulama aşamasında yer alan öğrencilerin hareketleri gerçekleştirirken zorlandıkları ve ekran görüntülerini anlamakta zorlandıkları belirtilmektedir.

### 3.6. Mühendislik (Engineering)

D. Parmar, vd. (2015) [49] tarafından mühendislik bölümlerinde okuyan öğrencilerin grafik teknik bilgisini arttırmaya yönelik bir uygulama yazılmıştır. Bu uygulama tüm Android tabanlı mobil araçlarda ve masaüstü bilgisayarların tüm işletim sistemlerinde çalışabilmektedir. Bu uygulama için AR-Book isimli artırılmış gerçeklik kitabı basılmış ve her bir sayfasına farklı desenli işaretçiler eklenmiştir. Bu işaretçiler AR-Book uygulaması için sayfa numarası görevini görmektedir. Ayrıca 3D dijital görüntünün gösterilmesi için taşınabilir bir görüntüleme işaretçisi kullanılmaktadır. Uygulama aşamaları; kameranın görüş açısına AR-Book kitabı ve kitabın hemen yanına dijital 3D görüntünün yükleneceği görüntü işaretçisi bırakılır. Daha sonra AR-Book kitabının işlenecek sayfası açılır, kitap içindeki işaretçi sistem tarafından algılanır ve veri tabanından görüntülenecek dijital 3D nesnesi çağrılır, çağrılan dijital 3D nesne görüntü işaretçisi üzerine yüklenir ve görüntüleme işaretçiyi gördüğü sürece devam eder. Kitabın sayfaları değiştikçe görüntü işaretçideki dijital 3D nesnesi değişir. Şekil 17'de görüleceği gibi görüntü işaretçisinin kullanıcı tarafından

döndürülmesi nesnenin tüm açılardan görülmesine imkân vermektedir. Çalışmanın sonucunda; teknik resim gibi derslerde nesnelerin ön, yan ve üst görüntülerinin 2 boyutlu olarak resmedilmesinin, nesnenin öğrenci tarafından tam anlamıyla algılanmasını zorlaştırdığı belirtilmektedir. Bu yazılım programı sayesinde ekranda 2D nesnenin dijital 3D nesne olarak tüm açılardan görüntülenmesinin mühendislik alanındaki öğrencilerin teknik resim bilgisini geliştirdiği ve nesnenin tam olarak anlaşılmasını sağlayacağı belirtilmektedir. Bu çalışmada, kullanıcının 3D grafikler üzerinde fare ile işaretlemeler yapmasına sistemin izin vermemesi eksiklik olarak görülebilir.



*Şekil 17. Çoklu işaretçi - Eğlenerek öğrenme (Multimarker, Learning by Having Fun)*

### 3.7. Engelliler (Disabled People)

N. M. N. Zainuddin, vd. (2010) [50] tarafından duyma engelli öğrencilerin kullanımına yönelik bir AG uygulama çalışması yapılmıştır. Yazarlar bu çalışmanın duyma engelli öğrenciler için ileride yapılacak AG uygulamalarına referans oluşturacağı kanaatindedirler. AR-Book ismini verdikleri bu uygulamanın (duyma engelli öğrencilerin normal derslerinde şekilsel ve işaret dili metodu kullanmalarından dolayı) tasarım felsefesi olarak görsel odaklı bir yapıya sahip olduğu belirtilmektedir. AR-Book uygulamasının çalışması için işaretçi kullanılması gerekmektedir. Uygulama aşamasına geçilmeden önce “3D Model Marker” ve “İşaret Dili Marker” olmak üzere iki işaretçi tanımlanmıştır. Kullanıcı olarak 12 yaşlarında 3 duyma engelli öğrenci, ders olarak 5. sınıf fen bilgisi dersi, uygulama konusu olarak mikroskop seçildiği belirtilmiştir. AR-Book 1, AR-Book 2 ve AR-Book 3 isimli üç kitapçık hazırlanmıştır. Artırılmış gerçeklik kısmında İngilizce metinler, işaret dili videosu ve dijital 3D görüntü kullanıldığı belirtilmektedir. Uygulama sonucunda işaretçi ile gösterilen dijital 3D görüntülemenin kullanıldığı işaretçi uygulamasının rakiplerine göre daha başarılı bir eğitim ortamı sunduğu ifade edilmiştir. Bu uygulamaya ait ekran görüntüsü Şekil 18’de verilmiştir.



*Şekil 18. Çoklu işaretçi- Eğlenerek öğrenme (Multimarker, Learning by Having Fun)*

### 3.8. Trafik (Traffic)

M. Zhang (2016) [51] tarafından araçların ve yayaların trafik tıkanıklığını gidermek ve trafik akışının kontrolü için artırılmış gerçeklik teknolojisini kullanan gerçek zamanlı trafik akış tahmin uygulaması yapılmıştır. Çalışmada trafik tıkanıklığına neden olarak araç miktarının artması, yolun araç kapasitesi ve kavşak sayısı olarak sıralanmıştır. Çalışma önceden yapılmış trafik tıkanıklığını gidermek ve trafik akışını yönetmek için farklı yaklaşım yöntemlerinin mevcut olduğundan bahsetmekte ve bu yöntemleri veri tabanlı yöntemler (Data-driven Methods) ve model tabanlı yöntemler (Model-driven methods) olarak sınıflandırmaktadır. Trafik akış kararına, Veri tabanlı yöntemlerin karma (kaotik) verilerden sonuç üreterek ulaşıldığı, Model tabanlı yöntemlerde ise o andaki duruma en uygun modelin sistem tarafından tercih edilip kullanılması ile ulaşıldığı belirtilmektedir. Bu mevcut yöntemlerin “Big data” temeline dayandığı için işlenemeyecek kadar çok veriye sahip oldukları (veri patlaması), bu verilerin çalışma performansını ve

doğruluğunu etkileyen sonuçlar çıkardığı belirtilmektedir. Bu sebeplerden dolayı mevcut yöntemlerin gerçek dünya talebini karşılayamadığından bahsedilmekte, sadece geçmiş tarihli veri kümelerine dayanan tahminlerle karşılaştırıldığında gerçek zamanlı yöntemlerin daha etkili ve verimli sonuçlara ulaşılabileceği açıklanmaktadır. Gerçek zamanlı yöntemlerin en önemli avantajının o andaki araçların ve yayaların yoğunluğunu dikkate alarak gerekli algoritma/metot geliştirmesi olduğu belirtilmektedir. Çalışmada verilen örnek uygulama için sanal ile gerçeği sorunsuz bir şekilde birleştirme yeteneğine sahip Unity 3D oyun motoru kullanılmıştır. Çalışma öncesi Unity 3D’de sistemde kullanılacak temel nesnelerin modellenmesi (yol, ağaç, bina, bulut) ve yapılan modellerin görevlerini belirten komut dosyalarının (Scripts) modellere yüklenmesi gibi hazırlıklar yapılmıştır. Şekil 19’da görüleceği gibi uygulama ekranına sistemde kayıtlı zaman ve hava değerlerinin değişimini sağlayan butonlar eklenmiştir. Kullanıcının bu butonlara tıklaması durumunda sistemdeki mevcut zaman ve hava değerlerinin değişeceği, yolda hareket halinde olan arabaların hızlarının ve birbirleri arasındaki mesafelerinin etkileneceği belirtilmiştir.



**Şekil 19.** Trafik AG uygulama görüntüsü (Traffic AR application image)

Akademik düzeydeki diğer örnek AG çalışmaları Tablo 4’de verilmiştir.

**Tablo 4.** Akademik düzeydeki diğer örnek AG çalışmaları (Other example AR studies at the academic level)

Gerçek Nesne	AG Uygulaması
Lokasyon tabanlı resim işleme	Veri tabanında kayıtlı resimler ile görüntüden alınan resimleri karşılaştırıp çağırma özelliğine sahip konum AG algoritması [52]
Şapka, kamera, navigasyon ve sensör	Turistlerin herhangi bir rehber ihtiyacı duymadan gittikleri mekân bilgilerini taktıkları kasket üzerindeki kamera ile algılayıp ekrana daha önce kayıtlı yazı, resim ve 3D bilgilerinin gösterilmesi [53]
İki manyetik mıknatıs ve tepe kamera	Mıknatısların birbirleriyle olan konumuna göre meydana gelen manyetik alan değişimlerini AG ile gözlemlenmesini sağlama [54]
Kare işaretçi ve gözlük (HDM)	Multimedia Augmented Reality Interface for E-learning (MARIE). MagicBook benzeri bir kitapçık oluşturulur. Kafaya(Şapka) takılı kamera ile kitaptan işaretçi görüntüsü alınır. Kullanıcının sanal nesnelere etkileşimi sağlar [55]
Gerçek resim işaretçi, şapka ve gözlük (HDM)	Konum tabanlı navigasyon ve açık alan artırılmış gerçeklik sistemini kullanarak yaya yollarındaki önemli nokta bilgilerinin GPS ve işaretçi bilgisi ile alınıp, kullanıcıya bölgenin panoramik resim ve konum bilgilerinin AG teknolojisi ile beraber sunulması [56]

#### 4. ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK TEKNOLOJİSİNİN SEKTÖRDEKİ UYGULAMALARI (AUGMENTED REALITY APPLICATIONS IN INDUSTRY)

Bu kısımda, sektörde yapılmış AG uygulama alanlarından turizm, spor, oyun, pazarlama, eğlence, eğitim, trafik ve otomotiv alanları belirlenmiş, her bir alana birden fazla uygulama örnekleri verilerek ayrıntılı açıklanmaya çalışılmıştır.

#### 4.1. Trafik ve Otomotiv Uygulamaları (Traffic and Automotive Applications)

Otomotiv alanı, AG teknolojisinin en dikkat çeken uygulama alanlarından birisi olarak kabul edilmektedir. Literatürde bu alanda yapılan çalışmalar incelendiğinde, üretimde; aracın tasarımı [57], bakımı [58], montajı [59] ve çarpışma testleri [60], trafikte; trafik levhası ve ışıklarının algılanması [61], yol ve yaya çizgilerinin izlenmesi, sürüş anında; ön ve yan araç takibi, otoparkta; araç konum bilgisinin gösterilmesi gibi birçok teknolojide çalışmaların geliştirildiği belirlenmiştir. Bu alanda geliştirilen sistemlerinin endüstri içindeki kullanım oranının çok fazla olmadığı görülmüştür. Bu durumun nedeni, AG sisteminin temelini oluşturan görüntünün doğru ve net elde edilememesi, eklenen görsellerin sürücü üzerindeki olumsuz konsantrasyon etkisi ve sistemin hatalı sonuç üretme ihtimali gibi durumlardan kaynaklı olduğu söylenebilir. Araç kullanıcıları için üretilen, kullanıcılara yüksek renk, parlaklık ve kontrast seviyesi sağlayan, polarizasyon gerektirmeyen DLP (Digital Light Processing) görüntüleme sistemine sahip Head-Up ekran çözümleyicilerin otomotiv alanında kullanılan en önemli AG cihazı olduğu görülmektedir. Bu cihazların yetenekleri arasında, önünde seyreden bir aracın mesafesinin hesaplanması ve yol çizgisine göre uyulması gereken hız değerinin sürücüye anlık olarak iletilmesi gösterilebilir. Tarama sonucunda, bu bilgilerin ortamdaki alınması ve işlenmesi Open CV [62] ve Emgu CV [63] gibi görüntü işleme kütüphaneleri ile sağlandığı, çoğunlukla anahat ve hareket tabanlı izleme yöntemlerinin tercih edildiği belirlenmiştir. Şekil 20'de verilen resimlerden soldaki Head-Up, sağdaki bakım ve onarım teknolojinin kullanıldığı örnek uygulama görüntüsüdür.



Şekil 20. Head-Up

#### 4.2. Turizm Uygulamaları (Tourism Applications)

Seyahat acenteleri ve firmaları, insanlara kendi yaşadığı bölgelerin dışındaki mekânları göstermek, farklı kültürel mirasları tanıtmak için daima yeni teknolojilere ilgi duymuştur. Literatürde bu alanda yapılan çalışmalar incelenmiş ve bu alandaki çalışmaların, önemli binaların ve tarihi mekânların tanıtımı, gerçek zamanlı yol tarifi işlemlerini kolaylaştıracak, basit ve etkili hale getirecek teknolojik gelişmeler üzerine yapıldığı tespit edilmiştir. Ayrıca taramada, uygulamaların genellikle IOS tabanlı mobil cihazlar üzerine yapıldığı, eğlence sektörü üzerine çalışan Urban Interactive tarafından geliştirilen Urban Sleuth [64], Thumbspark Limited tarafından geliştirilen StreetMuseum [65], Basel AR Tourist Guide, Tuscany+, Metro AR Pro, Google Search Up isimli yurtdışı kaynaklı uygulamaların bu alanda yaygın olarak kullanıldığı görülmüştür. Bu açıklamalara ek olarak; alanda yapılan ilk AG çalışmasının Tuscany+ olduğu [66], uygulamalarda çoğunlukla konum tabanlı AG teknolojisinin tercih edildiği belirlenmiştir. Konum uygulamalarının GPS, pusula ve hız ölçüm modüllerini kullanarak konumu belirlediği, verilerin daha sonra konumu belirlenen nesne üzerine kamera aracılığı ile konum tarayıcılarına aktardığı [26] belirlenmiştir. Şekil 21'de verilen resimlerden soldaki yerleşim merkezi, sağdaki arkeoloji alanında kullanılmış konum ve tanımlama tabanlı izleme yönteminin uygulama görüntüsünü yansıtmaktadır.



Şekil 21. Turist uygulaması (Tourism application)

#### 4.3. Spor Uygulamaları (Sport Applications)

AG teknolojisinin en etkin kullanıldığı alanların başında spor uygulamaları gelmektedir. Literatürde bu alanda yapılan çalışmalar incelenmiş ve ağırlıklı olarak kriket, futbol, tenis, beyzbol gibi farklı branşlarda kullanıldığı belirlenmiştir. Ayrıca, bu alanda en çok bilinen AG teknolojisinin oyunda kullanılan topun gittiği yolu izlemek için geliştirilmiş Hawk-Eye [67] teknolojisi olduğu söylenebilir. AG teknolojisinin bu alanda, sporcuların yetenek ve performanslarını iyileştirmek, eğitimlerini kolaylaştırmak, profesyonel sporculara gerçekçi bir ortam sağlamak [68], farkındalıklarını arttırmak ve eğlenerek zaman geçirmelerini imkân vermek amacıyla kullanıldığı belirlenmiştir. Taramada incelenen çalışmaların büyük bir bölümünde nesne takip ve tanıma teknolojisinin kullandığı saptanmıştır. Şekil 22, televizyon da yelken sporunu [2] seyreden izleyicilere açıklayıcı bilgi vermek amacıyla kullanılmış örnek bir AG teknolojisini kullanan uygulama görüntüsünü yansıtmaktadır.



Şekil 22. Sport uygulaması (Sport application)

#### 4.4. Oyun Uygulamaları (Games Applications)

Piekarski ve ark. (1999) [69], ARToolkit tabanlı askeri bir simülasyon oyunu yapmışlardır. Thomas ve arkadaşları (2000) [70] ise, gerçek bir çevrede mobil bir cihaz ekranında sanal düşmanları vurdukları ARQuake [71] oyununu daha gerçekçi bir oyun uygulaması olarak karşımıza çıkarmışlardır [2]. Bu alanda yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde, giyilebilir teknolojilerin (wearable technology) ve başa monte edilebilen görüntüleme cihazlarının (Head-Up) etkin bir şekilde uygulamalarda kullanıldığı, ilerleyen yıllarda Head-Up ve giyilebilir cihazlardaki gelişmelerin oyun teknolojisini daha da ileriye taşıyacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca günümüzde Pokemon Go [72] gibi konum tabanlı AG teknolojisine sahip oyun uygulamaları mevcut oyun alışkanlıklarını değiştirmiş, oyuncuya hareket etme zorunluluğu getirmiştir. Her ne kadar bu gibi uygulamalar kullanıcılara oyunlarını gerçek dünya ortamında fiziksel aktivite içinde oynamalarına imkân verse de, ailelerin güvenlik ve bağımlılık yönünden bu durumu gözden geçirmeleri gerekmektedir. Şekil 23'de verilen resimler sırasıyla Pokemon Go ve mobil cihaz oyun uygulama görüntüsüdür.



Şekil 23. Oyun uygulaması (Game application)



#### 4.5. Pazarlama Uygulamaları (Marketing Applications)

AG teknolojisi yazı, resim, grafik, animasyon ve 3D nesnelerin gerçek dünya görüntülerine eklenmesi olduğunu düşünüldüğünde pazarlama alanında [73] bu teknolojinin kullanımı ile müşteriye yeni ürünlerin tanıtılması ve satışı daha kolay olacaktır. Bu alanda yapılan çalışmalara evde veya mağazada müşterilerin fiziksel bir nesneyi elleriyle incelemiş gibi uzaktan el hareketleriyle kontrol edebildiği Smartis [74], Fitnec [75], Kinect [76] ve Zugara [77] firmalarının geliştirdiği Magic Mirror uygulamaları [78], gazete yazıları arasında dolaşan Volkswagen Up [79] ve Vespa [80] ürün uygulamaları örnek olarak verilebilir. Ayrıca bu alana, Tissot [81] firması tarafından geliştirilmiş mağaza vitrininde ki TV kamerasına yoldan geçen insanların kollarına takılan işaretçi bilekliği ile gerçekleştirilen Virtual Watch uygulaması [82], IKEA firması tarafından mobilya ve her türlü ev eşyasının ev ortamında üç boyutlu olarak gösteren IKEA AR catalog uygulaması [83] ilave edilebilir. Magic Mirror veya Webcam Sosyal Mağaza uygulaması (Webcam Social Shopper) [84] olarak ifade edilen bu çalışmaların altyapıları incelendiğinde, artırılmış gerçeklik ve hareket sensör teknolojilerini (Kinect, Asus Xtion Live, PrimeSense) kullandıkları belirlenmiştir. Genellikle firmaların çevrimiçi verdikleri bu uygulama hizmetleri bazı firmaların satış mağazalarında çevrimiçi ve çevrimdışı olarak da sunulmaktadır. Şekil 24’de verilen resimlerden soldaki bir mağazadaki Magic Mirror uygulama görüntüsünü, sağdaki bir market içindeki ürün yönlendirme görüntüsünü yansıtmaktadır.



Şekil 24. Sihirli Ayna ve Market uygulaması (Magic Mirror and Marketing Application)

#### 4.6. Eğlence Uygulamaları (Entertainment Applications)

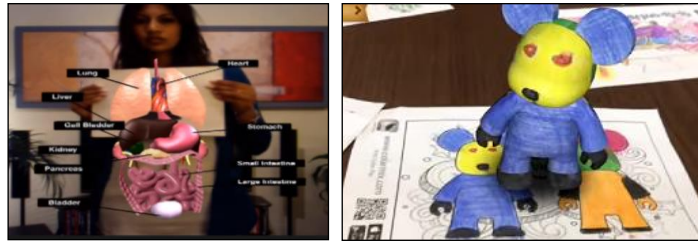
Eğlence, insanların boş vakitlerini keyifli şekilde geçirmek için yaptığı çeşitli faaliyetlerdir [85]. Bu faaliyet alanını büyük şirketler müşterilerine ürünlerinin tanıtılmasının en etkili yolu olarak görmektedirler. Tarama sırasında ağırlıklı olarak sektörün bu faaliyet alanında AG temelli yeni teknolojilerden birisi olan Webcam Sosyal Mağaza uygulamalarından faydalandığı tespit edilmiştir. Bu alanda yapılan çalışmalar incelendiğinde Ray-Ban, Adidas, Nike, Mini-cooper, BMW, Toyota, Nissan, Volvo [86] gibi uluslararası firmaların çevrimiçi sunduğu Webcam AG uygulamaları eğlence alanına örnek olarak verilebilir. Bunlara ek olarak, Pepsi firması tarafından gerçekleştirilen otobüs durağına şeffaf bir ekranda bir anda beliren uçan daireler, dev ahtapotlar ve robotlar gibi gerçek dışı görüntülerin gösterildiği çalışma ise açık hava uygulamalarına da örnek olarak verilebilir. Şekil 25’de verilen resimlerden soldaki Sanal Ayna uygulamasından (Magic Mirrors in public washrooms) [87], sağdaki ünlü bir futbolcu ile yarışan bir sporseverin uygulamayı kullanım anından alınmış bir görüntüdür.



Şekil 25. Eğlence uygulaması (Entertainment application)

#### 4.7. Eğitim Uygulamaları (Education Applications)

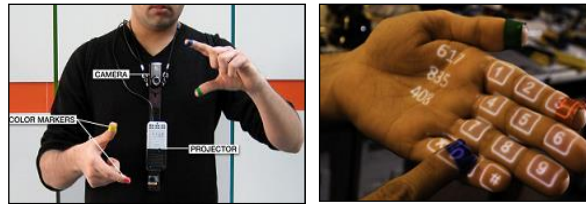
Tarama sonucunda, bu alanda yapılan uygulamaların büyük bir bölümünün işaret tabanlı AG teknolojisini kullandığı, 3D nesnelere, çizimler ve animasyonlar ile uygulamalar zenginleştirildiği belirlenmiştir. QuiverVision firması tarafından yapılmış işaretçi kâğıtlarındaki karakterlerin kullanıcı tarafından boyandığı renklere göre 3D görsellerini gösterebilen Quiver (ColAR) uygulaması [88], kullanıcılarına çevrimiçi kimya, biyoloji ve fizik gibi alanlarda hizmet sunan LearnAR [89] uygulaması incelenen eğitim uygulamalarına örnek olarak verilebilir. Bu uygulamalara, Blippar firması tarafından geliştirilmiş dergi sayfasındaki görselleri video ve 3D şeklinde gösterebilen Brainspace dergi uygulaması [90], öğrencilerin matematik yeteneklerini geliştiren FETCH Lunch Rush uygulaması [91] da eklenebilir. Şekil 26'da verilen resimlerden soldaki FETCH Lunch Rush, sağdaki Quiver uygulama görüntüsünü yansıtmaktadır.



Şekil 26. LearnAR ve Quiver (LearnAR AR web interface)

#### 5. ARTIRILMIŞ GERÇEKLIK ÜZERİNE SON GELİŞMELER (RECENT DEVELOPMENTS IN AUGMENTED REALITY)

Bu kısımda artırılmış gerçeklik üzerine sağlanan son gelişmeler ve ürünler ele alınmıştır. Sixth Sense (Altıncı His) [92], Pranav Mistry tarafından Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) laboratuvarlarında geliştirilmiş, el hareketleri ve beden dili (büyütme, küçültme, sürükle-bırak) [93] ile kontrol edilebilen ayna, kamera, mobil cihaz, renkli belirteçler ve projeksiyondan oluşan cihazlarıyla duvar veya kâğıt gibi herhangi bir yüzeyi, hatta kendi avuç içini ara yüz olarak kullanabilen [12] giyilebilir cihazlara verilebilecek en güzel örneklerdendir. Şekil 27'de verilen resimlerden soldaki çalışmanın donanımlarının görüntüsü, sağdaki avuç içinin dokunmatik ara yüz olarak kullanım görüntüsünü yansıtmaktadır.



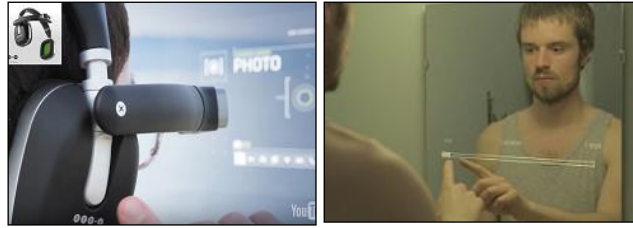
Şekil 27. Sixth Sense (Altıncı His)

Diğer bir gelişme olarak Google'ın üzerinde çalıştığı 2012 yılında tanıtılan ve 2013 yılında sınırlı sayıda kullanıcının kullanımına izin verilen Glass isimli gözlüğüdür. Bu cihaz; küçük ve giyilebilir bir ürün olma, ses komutları ile fotoğraf çekebilme, video kaydedebilme, kablosuz ağa bağlanabilme, metin mesajı gönderebilme, GPS kullanabilme gibi özellikleri tanıtıldığı zamanda büyük ilgiyle karşılanmıştı. Buna karşın, sesli komutlara hemen cevap verememesi [94], elektromanyetik alan oluşturması, ciddi veri akışının beyin ve göz sağlığı açısından zararları [95], etik, gizlilik ve güvenlik gibi nedenlerle Google Glass gözlüğünün üretimin durdurulabileceği [96] söylenmektedir. Ancak Google firması da dâhil olmak üzere akıllı gözlük alanında ürün geliştirmek isteyen şirketlerin ARGE çalışmaları devam etmekte ve zamanla kullanılabilir akıllı gözlüklerin sayısında artış olmaktadır. Microsoft firmasının NASA için ürettiği Hololens [97] cihazı akıllı gözlüklere verilebilecek en güzel örnektir. Ayrıca Magic Leap firmasının ürettiği Magic Leap, Sony tarafından tanıtılan üretilen SmartEyeglass, Rio Olimpiyat yarışmalarında kullanılan Solos Smart Cycling, dünyanın oled ekranlı ilk gözlüğü Epson Moverio BT-300 ve Vuzix firmasının ürettiği Blade 3000 bu alandaki diğer AG tabanlı akıllı gözlüklerdir. Şekil 28'de verilen resimlerden soldaki Hololens görüntüsünü, sağdaki Epson Moverio BT-300 görüntüsünü yansıtmaktadır.



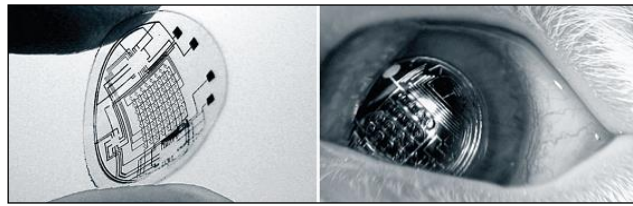
**Şekil 28.** Hololens - Epson Moverio BT-300

Değnilmesi gereken diğer bir gelişme ise giyilebilir teknolojilerin AG teknolojisi üzerindeki etkileridir. Giyilebilir Teknoloji (GT) sektöründeki gelişmeler ve buna bağlı olarak üretilen ürün çeşitliliği başta pazarlama olmak üzere eğitim, sağlık, imalat, oyun, spor ve eğlence gibi birçok alanda rekabeti daha da artıracaktır. Taramalarda bu rekabetin sebebinin; pazarlama alanında ürünün tanıtımı, eğitim alanında bilgiye hızlı ulaşma isteği, sağlık alanında hastanın bakım, kontrol ve tedavi işlemi, otomotiv alanında imalat ve montaj süreçlerini iyileştirmesi gibi durumlardan kaynaklı olduğu belirlenmiştir. Bu iki teknolojinin bir arada kullanılmasının en önemli avantajı çalışanların daha doğal bir şekilde çalışmalarını ile etkileşime girmelerine izin verilebilmesidir. GT kullanan giyilebilir sınırdaki AG cihazları, Akıllı Gözlükler (Glasses), Akıllı Saatler (Smartwatches), Kulaklıklar (Headsets), Lensler (Lenses) ve Aynalardır (Glass) [98]. Şekil 29’da verilen resimlerden soldaki dünyanın ilk giyilebilir kulaklık cihazı ORA-X [99], sağdaki giyilebilir Ayna görüntüsünü yansıtmaktadır.



**Şekil 29.** Headsets - Glass

Lenses, giyilebilir teknolojiler içerisinde en ilgi çekici ve heyecan verici AG cihazlarıdır. Bu cihazı, Washington Üniversitesinde çalışan Babak A. Parviz ve öğrencilerinin entegre kontrol devreleri, iletişim devreleri ve minyatür antenler içeren, iOptik sistemi ve baş üstü görüntüleme (HUD) birimiyle bağlantılı çalışabilen Tavşan göz (Rabbit Eye) olarak ifade edilen giyilebilir kontak lens cihazı olarak tanımlayabiliriz [100]. Bu cihazın göz merceğine olan etkileri değerlendirilmiş ve cihazın göz sağlığına verdiği etkiden dolayı en fazla 20 dakika süreyle giyilmesinin uygun olduğu ifade edilmektedir [101]. Şekil 30, Rabbit Eye cihazının Washington Üniversitesinde çekilmiş bir fotoğrafıdır.



**Şekil 30.** Tavşan Göz – Lens (Rabbit Eye- Lenses)

## 6. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER (DISCUSSION, RESULTS AND RECOMMENDATIONS)

Artırılmış gerçeklik üzerine son gelişmeleri ve uygulamaları inceleyen bu çalışmada, akademik alandaki yayınlar ve sektör tarafından yapılmış uygulama çalışmalarını inceleyerek çalışmaların ayrıntılarına, güçlü ve zayıf yanlarına, uygulama alanlarına, kullandıkları araçlara, görüntü sistemlerine, AG tür özelliklerine ve kullanım amaçlarına yönelik değerlendirmelerde bulunulmuştur.

Akademik çalışmalarda, çalışmaların ağırlıklı olarak masaüstü ve dizüstü bilgisayarlar üzerine yapıldığı, sistemin gerekliliğine göre ek görüntüleme sistemi eklendiği (projeksiyon, kamera ve masaüstü

bilgisayarlar) belirlenmiştir. Bu durum, yapılan akademik çalışmaların eğitime yönelik olması, yüksek çözünürlük kamera gerekliliği ve eklenecek bir webcam veya kamera ile sistemin daha etkin çalışmasının sağlanması durumlarıyla açıklanabilir. Akademisyenler çoğunlukla çalışmalarını masaüstü ve dizüstü bilgisayarlar üzerine gerçekleştirmiş olsa da trafik, sanat ve doğal afet gibi alanlarda yapılan bazı çalışmaların taşınabilir cihazlar (tablet, telefon) üzerinde çalıştırıldığı belirlenmiştir. Bu tercihin sebebi, taşınabilir cihazların yeterli ekran büyüklükleri, uygulamanın açık alanda gerçekleştirilmesi, GPS, ivmeölçer ve sıcaklık gibi donanımlara sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

İncelenen sektör çalışmalarında, genellikle uzaktan işaret izleme veya hareket algılama sistemlerinin kullanıldığı anlaşılmaktadır. Bunun nedenlerini, uygulamaların açık alanlar için tasarlanması, kullanıcı ile uygulama cihazı arasındaki mesafe ve toplu kullanıma açık olma zorunluluğu şeklinde sıralanabilmektedir. Sektörün yaptığı çalışmalardan, Volkswagen Up, IBM, Marshall, IKEA gibi çalışmaların tablet cihazlar üzerine çalıştığı belirlenmiştir. Bu, şirketlerin kullanıcılara hızlı ve kolay uygulama ve ulaşım imkânı sunma isteği, uygulama işlemlerin belirli bir durum ve yer için tasarlanmaması ve taşınabilir cihazların kullanıcılar tarafından daha tercih edilebilir seviyesinde olmasından kaynaklı sebeplerle açıklanabilmektedir. Sektör açısından yapılan çalışmaların kullanıcıya en kısa zamanda ve en etkin şekilde sunulması şirketler açısından önemlidir. Bu nedenle şirketlerin çalışmalarınızda taşınabilir cihazlar üzerinde işlem yapabilen uygulamalar geliştirmesi önemlidir. Bu uygulamaların etkinliği kullanıcıların memnuniyeti ile doğru orantılı olduğu söylenebilir. Bu sebeple uygulamanın üzerinde çalıştığı cihaz performansının da sektör tarafından önemsenmesi gerektiği belirtilebilir.

Aynı zamanda incelenen sektör çalışmalarda, webcam sosyal mağaza uygulamalarının yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmalar, fiziksel bir nesneyi kullanıcıları elleriyle incelemiş gibi el hareketleri ile kontrol edebildikleri sistemlerdir. Bu sistemler, çevrim içi ve çevrim dışı kullanım özellikleri, işaretçiden bağımsız el hareketleriyle kontrol edilebilme, istenen ürünün saniyeler içinde kullanıcıya gösterebilme özelliklerinden kaynaklı sebeplerden dolayı tercih edildiği düşünülmektedir. Bu çalışmaların dezavantajları; kullanıcı ile cihaz arasındaki gerekli mesafenin sağlanma zorunluluğu, küçük ekran cihazlarda etkin kullanılamaması, yüksek çözünürlüğe sahip kamera gerekliliği ve internet bağlantısının olması şekline sıralanabilmektedir. Bu alandaki çalışmalar zamanla daha fazla şirketler tarafından kullanıcılara sunulacağı ön görülebilir.

Genel olarak yapılan çalışmalar incelendiğinde, AG teknolojisinin bilişim alanında yeni bir teknoloji olduğu görülebilmektedir. AG teknolojisinin son yıllarda gerek akademik alanda gerekse özel sektör alanında oldukça popüler olmayı ve ilgi çekmeyi başarmış olduğu söylenebilir. Bu alanın hayatımızdaki kullanımı az olsa da ilerleyen zamanlarda günlük yaşantımızda önemli bir yer tutacağı düşünülebilmektedir. Yurtdışında yapılan çalışmaların sayısı ülkemizde yapılan çalışmalara göre çok daha fazladır. Ülkemizde bu alanla ilgili basılı birkaç kitap bulunmakla beraber artarak devam eden akademik çalışma ve özel sektör uygulamalarının geliştirilmesi umut vericidir. AG alanında çalışmak isteyen bilişimcilerin bu alandaki çalışmaları dikkatlice incelemesi önerilmektedir. Bu sayede geçmişte yapılan çalışmalar ile günümüzdeki çalışmaların gelecekte oluşturacakları yeni fikirler için ilham kaynağı oluşturabileceklerdir.

Ülkemizde ulusal araştırma kurumları tarafından AG sistemleri ve hareket algılamalı AG teknolojilerini içeren konular öncelikli alanlar listesine alınmakta, araştırmacıların bu alanlarda araştırma yapmaları teşvik edilmektedir.

Genellikle eğitim alanında kullanılan bu teknoloji önümüzdeki yıllarda telefon, tablet gibi akıllı cihazların gelişimi ile kullanım alanı daha da genişleyeceği düşünülmektedir. Bu teknolojiye yerini almak isteyen ülkelerin arasında Türkiye’de olması gerekmektedir. Gelecekteki teknolojiye Türkiye’nin söz sahibi olması ve bu gelişime ayak uydurabilmesi eğitim, sağlık, güvenlik gibi temel alanlardaki AG teknoloji ile yapılmış akademik çalışmaların artmasıyla sağlanacaktır.

## **KAYNAKLAR (REFERENCES)**

- [1] İnternet: S.Yaylaci, Arttırılmış gerçeklik teknolojileri geleceği şekillendirecek, <http://www.btnet.com.tr/genel/arttirilmis-gerceklik-teknolojileri-gelecegi-sekillendirecek/1/19010>, 23.04.2016.
- [2] D. V. Krevelen ve R. Poelman. "Augmented Reality: Technologies, Applications, and Limitations.", 2007.
- [3] İnternet: <http://www.layar.com/> , 11.03.2017.
- [4] İnternet: <http://www.t-immersion.com/>, 11.03.2017.
- [5] İnternet: <http://www.metaio.eu/>, 11.03.2017.
- [6] İnternet: <https://www.wikitudo.com/>, 11.03.2017.
- [7] İnternet: <https://www.zugara.com/>, 11.03.2017
- [8] İnternet: <https://www.aurasma.com/>, 11.03.2017.
- [9] R.T.Azuma, "A Survey of Augmented Reality", **Teleoperators and Virtual Environments**, 355-385, 6, 4 August 1997.
- [10] S.Somyürük, "Öğrenme sürecinde Z Kuşağının Dikkatini Çekmek: Arttırılmış Gerçeklik", Eğitim Teknolojisi,4(1),63-80, 2014.
- [11] P. Milgram, F. Kishino, "A taxonomy of mixed reality visual displays", **IEICE Transactions on Information Systems**, 77 (12), 1321-1329, 1994.
- [12] Ç. Erbaş, V. Demirer, "Eğitimde Arttırılmış Gerçeklik Uygulamaları: Google Glass Örneği", **Journal of Instructional Technologies & Teacher Education**, Vol. 3 No 2, 8-16, 2014.
- [13] Y. Özarslan, "Öğrenen içerik etkileşiminin genişletilmiş gerçeklik ile zenginleştirilmesi", **5. International Computer & Instructional Technologies Symposium (ICITS 2011)**, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 22-24 September 2011.
- [14] M. A. Livingston, L. J. Rosenblum, D. G. Brown, G. S. Schmidt, S. Julier, Y. Baillot, J. E. Swan II, Z. Ai, ve P. Maassel, "User interface design for military ar applications.", *Virtual Reality (UK)*, 2011.
- [15] H. Altınpulluk, "Arttırılmış gerçekliği anlamak: kavramlar ve uygulamalar", *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, Cilt 1, Sayı 4, 123-13, 2015.
- [16] M. A. Çakal, E. B. Eymirli, "Arttırılmış Gerçeklik Teknolojisi", Kuzeydoğu Anadolu Kalkınma Ajansı, [http://www.kudaka.org.tr/ekler/fa254-artirilmis\\_gerceklik\\_teknolojisi.pdf](http://www.kudaka.org.tr/ekler/fa254-artirilmis_gerceklik_teknolojisi.pdf), 10.08.2016.
- [17] K. H. Cheng ve C. C. Tsai, "Affordances of augmented reality in Science learning: Suggestions for future search." *Journal of Science Education and Technology* 22.4, 449-462, 2013.
- [18] M. Sırakaya ve S. S. Seferoğlu, "Öğrenme Ortamlarında Yeni Bir Araç: Bir Eğitilence Uygulaması Olarak Arttırılmış Gerçeklik", Eğitim Teknolojileri okumaları TOJET Sakarya Üniversitesi, 417-438, 2016.
- [19] A Katiyar, K Kalra, C Garg, "Marker Based Augmented Reality.", *Advances in Computer Science and Information Technology (ACSIT)*, Volume 2, Number 5,pp. 441-445, April-June, 2015.
- [20] A. Swaminathan, Y. Mao ve M. Wu, "Robust and secure image hash- ing," *IEEE Trans. Inf. Forensics Security*, vol. 1, no. 2, pp. 215–230, Jun. 2006.
- [21] E. Rosenbaum, E. Klopfer & J. Perry, On location learning: authentic applied science with networked augmented realities. *Journal of Science Education and Technology*, 16(1), 31–45, 2007.

- [22] T. Höllerer ve ark. "Exploring MARS: developing indoor and outdoor user interfaces to a mobile augmented reality system." *Computers & Graphics* 23.6 , 779-785, 1999.
- [23] S. Feiner ve ark., "A touring machine: Prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment." *Personal Technologies* 1.4, 208-217, 1997.
- [24] V. Vlahakis ve ark. "Archeoguide: first results of an augmented reality, mobile computing system in cultural heritage sites." *Virtual Reality, Archeology, and Cultural Heritage* 9, 2001.
- [25] V. Demirer ve Ç. ERBAŞ, "Mobil artırılmış gerçeklik uygulamalarının incelenmesi ve eğitimsel açıdan değerlendirilmesi.", *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* 11.3, 2015.
- [26] D. Kaleci, T. Demirel, İ. Akkuş, "Örnek Bir Artırılmış Gerçeklik Uygulaması Tasarımı", 18.Akademik Bilişim Konferansı 2016 Bildirisi– Aydın, 2016.
- [27] K. Squire ve E. Klopfer. "Augmented reality simulations on handheld computers." *The journal of the learning sciences* 16.3, 371-413, 2007.
- [28] M. Esengün, "2 Boyutlu Harita Ve Artırılmış Gerçeklik Tabanlı Mobil Navigasyon Uygulamalarının Kıyaslamalı Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans. İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2016.
- [29] M. Dunleavy, C. Dede ve R. Mitchell. "Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning." *Journal of Science Education and Technology* 18.1, 7-22, 2009.
- [30] M.K. Tsai, P.H. E. Liu, N.J. Yau, "Using electronic maps and augmented reality-based training materials as escape guide lines for nuclear accidents: An explorative case study in Taiwan", *British Journal of Educational Technology*, Vol 44 No 1 E18–E21, 2013.
- [31] M.S. Abdüsselam, H. Karal, "Fizik öğretiminde artırılmış gerçeklik ortamlarının öğrenci akademik başarısı üzerine etkisi: 11. Sınıf manyetizma konusu", *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, Cilt 1, Sayı 4, Makale 20, ISSN: 2146-9199, 170-182, Kasım 2012.
- [32] R. Wojciechowski ve C. Wojciech, "Evaluation of learners' attitude to ward learning in ARIES augmented reality environments.", *Computers & Education* 68, 570-585, 2013.
- [33] F. Zhou, H. B. L. Duh ve M. Billinghurst. "Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ISMAR." *Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*. IEEE Computer Society, 2008.
- [34] M Mirzaei, S Ghorshi, M Mortazavi, "Helping Deaf and hard-of-hearing people by combining augmented reality and speech technologies.", *Proc. 9th Intl Conf. Disability, Virtual Reality & Associated Technologies*. 2012.
- [35] M. D. Wheeler, "HUD systems: augmented reality is coming to your windshield." *PHOTONICS SPECTRA* 50.2 , 34-37, 2016.
- [36] M. Tülü, M. Yılmaz. "iPhone ile Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının.", *Akademik Bilişim'12 - XIV. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri*,183-186, 1 - 3 Şubat 2012.
- [37] E. İbili, S. Şahin, "Artırılmış Gerçeklik ile İnteraktif 3D Geometri Kitabı Yazılımın Tasarımı ve Geliştirilmesi: ARGE3D", *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13 (2013) 015101 (1-8), 2013.
- [38] D. Pérez-López, Contero, "Delivering educational multimedia contents through an augmented reality application: A case study on its impact on knowledge acquisition and retention", *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 12 (4), 19-28, 2013.

- [39] A. DiSerio, M. B. Ibáñez, C. D. Kloos, “Impact of an Augmented Reality System on Students Motivation for a Visual Art Course”, *Computers & Education*, 1 (11), 2012.
- [40] H. K. Wu, S. W. Lee, H.Y. Chang, J.C. Liang, Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41-49, 2013.
- [41] S. Cuendet, Q.Bonnard, S. Do-Lenh & P. Dillenbourg, "Designing augmented reality for the classroom." *Computers & Education* 68 557-569, 2013.
- [42] H Kaufmann, D Schmalstieg, “Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality”, **Computers& Graphics**, 27(3), 339-345, 30.6.2003.
- [43] C.M. Juan, E. Llop, F. Abad, J.Lluch. Learning words using augmented reality. In *Advanced Learning Technologies CALT*, 2010 IEEE 10th International Conference on, pages 422 –426, July 2010.
- [44] M. Billinghurst, H. Kato, ve I. Poupyrev, “MagicBook: transitioning between reality and virtuality “, *CHI’01 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems ( 25-26)*, 2001.
- [45] H. H. Çetinkaya, M. Akçay, “Eğitim Ortamlarında Arttırılmış Gerçeklik Uygulamaları”, **Akademik Bilişim 2013 Konferansı**, Akdeniz Üniversitesi, Antalya,1031-1035,23-25 Ocak 2013.
- [46] M.T. Yang, W.C. Liao, “Computer-Assisted Culture Learning in an Online Augmented Reality Environment Based on Free-Hand Gesture Interaction”, *IEEE Transactions on Learning Technologies*, Vol. 7, No. 2,107-117, April-June 2014
- [47] I. Poupyrev, R. Berry, M. Billinghurst, H. Kato, K. Nakao, L. Baldwin, J. Kurumisawa, “Augmented Reality Interface for Electronic Music Performance”, **Proceedings of the 9th international conference on Human computer interaction (HCI International 2001)**, 805-808, 2001.
- [48] N. Enyedy, J. A. Danish, G. Delacruz, M. Kumar, Learning physics throughplay in an augmented reality environment. *International Journal of Computer Supported Collaborative Learning*, [https://pages.gseis.ucla.edu/faculty/enyedy/force\\_motion\\_play.htm](https://pages.gseis.ucla.edu/faculty/enyedy/force_motion_play.htm), 10.10.2016.
- [49] D. Parmar, K. Pelmahale, R. Kothwade, P. Badgujar, “Augmented Reality System for Engineering Graphics”, *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering (IJARCCE-)*, Vol. 4, Issue 10, 327-330, October 2015.
- [50] N. M. M. Zainuddin, H. B. Zaman, A. Ahmad, “A Participatory Design in Developing Prototype an Augmented Reality Book for Deaf Students”, **Second International Conference on Computer Research and Development**, IEEEComputerSociety,400-404, 2010.
- [51] M. Zhang, **Real-time traffic flow prediction using augmented reality**, Yüksek Lisans Tezi, the University of Windsor, School of Computer Science, 2016.
- [52] G. Takacs, V. Chandrasekhar, N. Gelfand, Y. Xiong, W. C. Chen, T. Bismpianni, R. Grzeszczuk, K. Pulli, B. Girod, “Out doors augmented reality on mobile phone using loxel-based visual feature organization.” *Ist ACM international conference on Multimedia information retrieval*, 427-434, 2008
- [53] G. Reitmayr, D.Schmalstieg, “Collaborative augmented reality for outdoor navigation and information browsing”, *Symposium Location Based Services and TeleCartography*, 31-41, 2004.
- [54] S. Matsutomo, K. Mitsufuji, Y. Hias, S. Noguchi, “Real Time Simulation Method of Magnetic Field for Visualization System With Augmented Reality Technology”, *IEEE Transactions On Magnetics*, 49(5): 1665-1668, 2013.
- [55] F. Liarokapis, P. Petridis, P. F. Lister & M. White, “Multimedia Augmented Reality Interface for E-learning (MARIE)”, **World Transactions on Engineering and Technology Education**, Vol.1, No.2, 73-76. 2002.

- [56] T.H. Kolbe, "Augmented videos and panoramas for pedestrian navigation", *Proceedings of the 2nd Symposium on Location Based Services & TeleCartography*, 2004.
- [57] M. Fiorentino, R de Amicis, G. Monno, A. Stork, "Spacedesign: A mixed reality workspace for aesthetic industrial design.", In ISMAR'02: Proc. Int'l Symp. on Mixed and Augmented Reality, Darmstadt, Germany, IEEE CS Press, p. 86. ISBN 0-7695-1781-1. 22, 3.2, 2002.
- [58] W. Friedrich, W. Wohlgemuth, ARVIKA, " augmented reality for development, production and servicing. ", ARVR., 3.2, 3.2, 3.2, Beitrag, 2002.
- [59] K. Pentenrieder, Katharina ve ark., "Augmented Reality-based factory planning-an application tailored to industrial needs." *Mixed and Augmented Reality*, 2007. ISMAR 2007. 6th IEEE and ACM International Symposium on. IEEE, 2007.
- [60] L. Lorenz, P. Kerschbaum ve J. Schumann. "Designing take over scenarios for automated driving: How does augmented reality support the driver to get back into the loop?." *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. Vol. 58. No. 1. Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, 2014.
- [61] SJ Kim, AK Dey. "Simulated augmented reality windshield display as a cognitive mapping aid for elder driver navigation." *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM, 2009.
- [62] G. Bradski, A. Kaehler, "Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library.", O'Reilly Media, Inc., 2008.
- [63] S. Shi, " Emgu CV Essentials.", Packt Publishing Ltd, 2013.
- [64] İnternet: <https://www.urbaninteractivestudio.com/>, Urban Sleuth, 14.03.2017.
- [65] İnternet: Thumbspark\_Limited Museum of London: Streetmuseum. <http://www.museumoflondon.org.uk/Resources/app/you-are-here-app/noflash/no-flash.html>, 14.03.2017.
- [66] A Sanna, F Manuri, "A survey on applications of augmented reality." *Advances in Computer Science: an International Journal* 5.1, 18-27, 2016.
- [67] N Owens, C Harris, C Stennett, "Hawk-eye tennis system." *Visual Information Engineering*, 2003. VIE 2003. International Conference on. IET, 2003.
- [68] Z. Bozyer, "Augmented reality in sports: Today and tomorrow." *International Journal of Science Culture and Sport (IntJSCS)* 3.4, 314-325, 2015.
- [69] W. Piekarski, B. Gunther ve B.Thomas, "Integrating virtual and augmented realities in an outdoor application.", In IWAR'99: Proc. 2nd Int'l Workshop on Augmented Reality (Washington, DC, USA, IEEE CS Press, pp. 45–54. 3.2, 3.4, 1999.
- [70] B. Thomas, B. Close ve ark., ARQuake: An outdoor/indoor augmented reality first person application. In ISWC'00: Proc. 4th Int'l Symp. on Wearable Computers, pp. 139–146. ISBN 0-7695-0795-6. 3.4, 2000.
- [71] W. Piekarski ve B. Thomas. "ARQuake: the outdoor augmented reality gaming system." *Communications of the ACM* 45.1, 36-38, 2002.
- [72] M. Serino ve ark., "Pokemon Go and augmented virtual reality games: a cautionary commentary for parents and pediatricians." *Current opinion in pediatrics* 28.5, 673-677, 2016.



- [73] J. Bule and P. Peer, "Interactive augmented reality marketing system," In: World Usability Day, Paper ID 2505, 2013.
- [74] İnternet: Doll Up - Artırılmış Gerçeklik ile Alışveriş Deneyimi, <https://vimeo.com/79793001>, 10.10.2016
- [75] İnternet: Fitnect - Interactive Virtual Fitting / Dressing Room application, <https://www.youtube.com/watch?v=1jbvnk1T4vQ>, 10.10.2016.
- [76] İnternet: Kinect for Windows Retail Clothing Scenario Video, <https://vimeo.com/89795629>, 10.10.2016.
- [77] İnternet:Marco, Augmented Reality as a user interface metaphor for the Semantic Web? <http://www.marconeumann.org/blog/?p=81>, 10.10.2016
- [78] J. Carmigniani, B. Furht, M. Anisetti, P. Ceravolo E. Damiani, and M. Ivković, "Augmented reality technologies, systems and applications," *Multimedia Tools and Applications*, ol. 51, no. 1, 341- 377, 2011.
- [79] İnternet: Volkswagen Up: Newspaperapp, <http://www.creativeguerrillamarketing.com/mobile-marketing-2/volkswagen-up-newspaper-app/>, 10.10.2016.
- [80] İnternet: Vespa Augmented Reality on Vimeo, <https://vimeo.com/97486802>, 10.10.2016.
- [81] İnternet: Fever - Tissot – Augmented Reality, <https://www.youtube.com/watch?v=sM70yME1OLk>, 10.10.2016.
- [82] İnternet: Tissot, <https://holition.com/portfolio/tissot-virtual-watch>, 12.03.2017.
- [83] İnternet: IKEA, 2014 Kataloğunda Artırılmış Gerçekliğe Geçti, <https://onedio.com/haber/ikea-2014-katalogunda-artirilmis-gerceklige-gecti-139647>, 10.10.2016
- [84] İnternet: Webcam social shopper <http://webcamsocialshopper.com/demos> , 10.03.2017.
- [85] İnternet, Eğlence, <https://tr.wikipedia.org/eğlence>, 15.03. 2017.
- [86] B. Parhızkar, A. A. M. Al-Modwahi, A. H. Lashkari, M. M.Bartaripou, H. R. Babae, "A Survey on Web-based AR Applications", **IJCSI International Journal of Computer Science Issues**, 1694-0814, Vol. 8, Issue 4, July 2011.
- [87] J. Scholz ve N. S. Andrew, "Augmented reality: Designing immersive experiences that maximize consumer engagement." *Business Horizons* 59.2, 149-161, 2016.
- [88] İnternet: <http://www.quivervision.com/> , 17.03.2017.
- [89] İnternet: LearnAR – eLearning with Augmented Reality, <https://www.unthsc.edu/center-for-innovative-learning/learnar-elearning-with-augmented-reality/>, 10.10.2016.
- [90] İnternet: brainspace, <https://brainspacemagazine.com/>, 17.03.2017
- [91] İnternet: FETCH! Lunch Rush, <http://pbskids.org/apps/fetch-lunch-rush.html>, 17.03.2017.
- [92] P. Mistry, P. Maes, L. Chang WUW – Wear Ur World – A Wearable Gestural Interface”, ACM, CHI , Boston, April 4-9 , 2009.
- [93] İnternet: Geleceği şekillendirecek teknoloji: Artırılmış Gerçeklik <http://www.ntv.com.tr/galeri/teknoloji/gelecegi-sekillendirecek-teknoloji-artirilmis-gerceklilik,qc9gZ9tVm06rfzj6wcoUWg> ,10.03.2017.

- [94] İnternet: B. Parr, "Google Glass'ın en büyük 4 korkusu", <https://www.cnet.com/news/4-biggest-challenges-facing-google-glass/> . 16.03.2017.
- [95] İnternet: Mark Sullivan, Google Glass Horror Stories From Your Privacy-Free Future, [http://www.pcworld.com/article/259771/google\\_glass\\_horror\\_stories\\_from\\_your\\_privacy\\_free\\_future.html](http://www.pcworld.com/article/259771/google_glass_horror_stories_from_your_privacy_free_future.html), 16.03.2017.
- [96] İnternet: Google glass tarih oluyor, <http://www.aljazeera.com.tr/haber/google-glass-tarih-oldu>, 16.03.2017.
- [97] İnternet: Microsoft HoloLens, <https://www.microsoft.com/microsoft-hololens/en-us> ,10.03.2017.
- [98] İnternet: Augmented Reality and Wearable Devices, <http://www.iconics-uk.com/sites/default/files/whitepaper/Augmented-Reality-and-Wearable-Devices.pdf>, 17.03.2017.
- [99] İnternet: K. Mirza, ORA-X: World's First Augmented Reality Headphones, <https://www.indiegogo.com/projects/ora-x-world-s-first-augmented-reality-headphones-android#/> , 10.03.2017.
- [100] Parviz, B. A. "Augmented Reality in a Contact Lens: A new generation of contact lenses built with very small circuits and LEDs promises bionic eyesight." IEEE Spectrum, 1-4,2009.
- [101] İnternet: J. Franco, Augmented Reality in a Contact Lens, [http://www.ele.uri.edu/Courses/ele482/S10/JahdielF\\_2.pdf](http://www.ele.uri.edu/Courses/ele482/S10/JahdielF_2.pdf), 17.03.2017