



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/politeknik>

İnşaat proje imalatlarında artırılmış gerçeklik teknolojisi uygulamaları

Augmented reality technology applications in construction project activities

Yazar(lar) (Author(s)): Serkan KIVRAK¹, Gökhan ARSLAN²

ORCID¹: 0000-0001-7660-6488

ORCID²: 0000-0001-8338-270X

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Kıvrak S. ve Arslan G., “İnşaat proje imalatlarında artırılmış gerçeklik teknolojisi uygulamaları”, *Politeknik Dergisi*, 21(2): 379-385, (2018).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.gov.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.385916

İnşaat Proje İmalatlarında Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi Uygulamaları

Araştırma Makalesi / Research Article

Serkan KIVRAK^{1*}, Gökhan ARSLAN²

¹Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İki Eylül Kampüsü, Eskişehir, Türkiye

²Anadolu Üniversitesi, Ulaştırma Meslek Yüksekokulu, Eskişehir, Türkiye

(Geliş/Received : 10.04.2017 ; Kabul/Accepted : 22.06.2017)

ÖZ

Bilgi teknolojilerine yeni bir bakış açısı getiren artırılmış gerçeklik, gerçek dünyanın sanal dünyadan gelen bilgi ile zenginleştirilmesidir. Artırılmış gerçeklik, gelecekte inşaat projeleri uygulamalarına önemli katkılar sağlayacak yenilikçi teknolojilerden biridir. Bu çalışmada, artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanılarak inşaat projelerinde çalışan işçi, ekipman operatörü, mühendis ve yöneticilerin yapımını veya kontrolünü üstlendikleri imalat işlerinin baştan sona aşamalar halinde bilgilendirildiği bir sistem geliştirilmiştir. Akıllı gözlük ile oluşturulan sistemde kullanıcılar, yapımını ya da kontrolünü üstlendikleri işlerle ilgili eğitim ve yapım yöntemlerine şantiyede işin başındayken ulaşarak imalat ile ilgili gerekli bilgilere anında erişebilecektir. Bu şekilde hatalı imalat yapmaktan ya da imalatın doğrusunu öğrenmek için zaman ve para harcamaktan sakınmış olacaktır. Sistem, tuğla duvar imalatının aşamaları kullanılarak test edilmiştir. Sistemin inşaat proje imalatlarının kalitesini artırabileceği dolayısıyla sektöre önemli katkılar sağlayacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Artırılmış gerçeklik, inşaat sektörü, akıllı gözlük, bilgi teknolojileri.

Augmented Reality Technology Applications in Construction Project Activities

ABSTRACT

Augmented reality, which brings a new perspective into information technologies, can be defined in the simplest form as augmenting the real world with information from the virtual world. Augmented reality is one of the innovative technologies that will provide significant benefits to construction project applications in the future. In this study, an augmented reality system is developed for improving construction project activities. This system shows the workers, equipment operators, engineers and managers how to perform the tasks of the specific job, step by step, with relevant supplemental information. Using smart glass in the system, the users will be able to reach the training and building methods about the relevant project activities. By this way, construction failures and spending money and time to learn the correct methodology for the execution of the activity will be avoided. The system is tested using the brick wall production phases. It has been proposed that the system can improve the quality of construction activities and thus, provide significant contributions to the construction industry.

Keywords: Augmented reality, construction industry, smart glass, information technologies.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İnşaat projelerinde çalışan ve çoğunlukla yetersiz mesleki eğitime sahip işçilerin gerçekleştirdikleri imalatlarda yapılan hatalar, yapım sürecini ve kalitesini olumsuz etkilemektedir [1]. İmalat hataları, projelerin standartlarda istenen kalitesini etkilemekte, gecikmelere neden olmakta, maliyeti artırmakta ve işveren ile yüklenici arasında anlaşmazlıkların çıkmasına yol açmaktadır. Ayrıca uygulama hataları, yapıların depremlerde zarar görmesine neden olan önemli faktörlerden biridir [2]. İnşaat proje imalatları aşamasında bilgi teknolojilerinin etkin kullanılması, projelerdeki verimliliği, kaliteyi, iş sağlığı ve güvenliğini ve dolayısıyla proje maliyeti ve süresini olumlu yönde etkileyecektir. Bu bağlamda, bilgi teknolojilerine yeni bir

bakış açısı getiren artırılmış gerçeklik, inşaat proje imalatlarını iyileştirmede önemli bir potansiyele sahiptir.

Artırılmış gerçeklik, gerçek dünyanın sanal dünyadan gelen bilgi ile zenginleştirilmesidir [3,4]. Artırılmış gerçeklik, yakın bir gelecekte hemen hemen her alanda uygulama potansiyeline sahip yenilikçi teknolojilerden biridir. Artırılmış gerçeklik, sanal gerçekliğin bir varyasyonudur. Sanal gerçeklik, gözle görülebilir her türlü iç ve dış mekânın ve etkinliğin bilgisayar ve internet ortamında interaktif olarak aşağı yukarı, sağa sola ve öne arkaya olmak üzere 360 derecelik 3 boyutlu bir açı ile izlenmesini sağlayan bir uygulamadır. Böylece izlenen görüntünün içerisinde ve o an yaşanmış gibi hissedilir [5]. Artırılmış gerçeklik ise gördüğümüzü, duyduğumuzu ve hissettiğimizi zenginleştirerek gerçek olanla bilgisayar ürünü arasındaki çizgiyi bulandırmaktadır. Artırılmış gerçeklikte gerçek ortam sanal ortama göre daha baskın durumdadır. Sanal

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : serkankivrak@anadolu.edu.tr

gerçeklikten farklı olarak da artırılmış gerçeklik, kullanıcının sanal objelerle birleştirilmiş gerçek dünyayı algılamasına izin verir [6-8].

Artırılmış gerçekliğin yakın bir gelecekte hemen hemen tüm sektörlerde kullanımı öngörülmektedir. Örneğin, otomotiv endüstrisinde artırılmış gerçeklik kullanılarak bir otomobilin bakımı çok daha kolaylaşacaktır. Dünyanın önde gelen otomobil üreticilerinden Volkswagen tarafından geliştirilen ancak henüz test aşamasında olan MARTA (Mobile Augmented Reality Technical Assistance) adlı artırılmış gerçeklik sistemi [9], bir otomobilin bakımını yapmak isteyen kişiye adım adım nasıl ilerleyeceğini, hangi aletlerin nasıl monte edileceğini, bunun için hangi araç-gereçlerin kullanılmasını gerektiğini grafik ve görsel tabanlı olarak açıklamaktadır (Şekil 1).

İnşaat sektörü, bu gelişmiş teknolojiyi henüz yeterince kullanmayan sektörlerin başında gelmektedir. İnşaat sektöründe artırılmış gerçeklik teknolojilerinden faydalanılarak şantiyelerdeki personelin kullanabileceği akıllı cihazlarla başarılı uygulamalar ortaya çıkarmak, inşaat projelerinde yeni bir dönemin başlangıcı olacaktır [10].



Şekil 1. Otomotiv endüstrisinde artırılmış gerçeklik uygulaması (Augmented reality application in automotive industry)

2. İNŞAAT PROJELERİNDE ARTIRILMIŞ GERÇEKLIK UYGULAMALARI (AUGMENTED REALITY APPLICATIONS IN CONSTRUCTION PROJECTS)

İnşaat sektöründe artırılmış gerçekliğin kullanımı konusunda yapılan çalışmalar son yıllarda artış göstermektedir [11]. Bu teknolojinin inşaat sektörü uygulamalarında gün geçtikçe daha fazla kullanılması sektöre önemli avantajlar sağlamaktadır. Örneğin, artırılmış gerçeklik ile bir yapının inşa edilmeden önce kendini çevreleyen koşullar ile nasıl uyum sağlayabileceğini öngörebilmek mümkündür (Şekil 2).

Wang ve Dunston [3] işe yeni başlayan bir inşaat ekipmanı operatörünün gerçek şartlarda şantiyede bir eğitim almasının, bahsi geçen eğitimin maliyetli olması, lojistik güçlüğü, tehlikesi ve de kontrolünün çok zor olması gerekçesi ile pratik olmadığını vurgulamaktadır.

Geliştirdikleri artırılmış gerçeklik modeli ARTS (Augmented Reality-based Real World Training System) ile gerçek saha eğitimi yerine operatörün, gerçek bir inşaat ekipmanı ile sanal malzeme ve sanal hedeflerle donatılmış gerçek bir şantiye ortamında eğitilmesi hedeflenmiştir. ARTS ile eğitim alan operatör, sanal nesnelere ile görsel, işitsel ve dokunsal zenginleştirmelerle, gerçeğe yakın bir varlık hissiyatı ve etkileşimi hissetmektedir.



Şekil 2. Bir inşaat projesi için artırılmış gerçeklik uygulaması (Augmented reality application for a construction project)

Şantiyelerdeki kazı işlerinde, mevcut altyapı tesislerinin zarar görmesi oldukça sık karşılaşılan bir durumdur. Bu tür olumsuzlukları engellemek için Behzadan ve Kamat [12], artırılmış gerçeklik ile küresel konumlandırma sistemini (Global Positioning System-GPS) bütünleştirerek, altyapı tesislerinin CAD (Computer-Aided Design) modelleri ile gerçek görüntülerin canlı videosunu birleştirmiştir. Böylece ekipman operatörü gerçek kazı şantiyesinde, altyapı tesislerinin sanal görüntülerini gerçek zamanlı görüntüleyerek kazının altyapı tesislerine zarar vermeden yapılmasını sağlamaktadır. Zhao ve ark. [13] artırılmış gerçeklik teknolojisini inşaat işlerindeki elektrik kazalarını önlemek için kullanmışlardır. Hazırladıkları yapay senaryolar içinde elektrik kazalarına öncelik vererek işçilerin elektrikle ilgili kazalara karşı eğitimini amaçlamışlardır.

Chen ve ark. [14] artırılmış gerçeklik teknolojisini kullanarak SAVES (Safety for Augmented Virtuality Environment System) adlı bir program tasarlamıştır. Şantiye sahasının yapı bilgi modellemesi (Building Information Modeling-BIM) hazırlanarak çeşitli eğitim senaryoları ile işçilerin iş güvenliği bilinci artırılmaya çalışılmıştır. Tsai [15], MERIS (Mobile Emergency Response Information System) adlı bir sistem geliştirmiştir. Bu sistem açık havada çalışan işçilerin tehlikeli bir durumla veya iş kazası ile karşı karşıya

kaldıklarında cep telefonları ile yardım istemelerini içermektedir. Kaza anında sistem, işçinin yerini belirleyebilmekte ve yöneticilere artırılmış gerçeklik teknolojisini kullanarak aktarabilmektedir.

Artırılmış gerçeklik teknolojisi ile eğitim materyalleri oluşturulmasına yönelik bir çalışma Behzadan ve Kamat [16] tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar bu çalışmalarında inşaat mühendisliği öğrencilerini hedef kitle olarak seçmişler ve artırılmış gerçeklik teknolojisi ile şantiye aktivitelerini öğrencilere aktarmaya çalışmışlardır. Hammad ve ark. [17], altyapı projelerinde çalışan ve yapısal elemanların yerlerini kontrol eden şantiye mühendisleri ve teknisyenleri için MARSIFT'i (Mobile Augmented Reality System for Infrastructure Field Tasks) geliştirmişlerdir. MARSIFT, otomatik olarak alınan bilgilerle, kullanıcının çevresindeki yol, köprü ve tünel gibi gerçek dünya nesnelerin görüntülerini zenginleştirmektedir. Kim ve ark. [18], artırılmış gerçeklik teknolojisini kullanarak yapı makinelerinin şantiyelerdeki olası optimum senaryolarının modellemesini yapmışlar ve bu modellerin inşaat planlama sürecinde potansiyel iyileştirmeler sağlayabileceğini öngörmüşlerdir. Yapı makinelerinin şantiyelerdeki verimliliğini artırmak amacıyla taşıyan bir diğer çalışma, Lee ve Akın [19] tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar, artırılmış gerçeklik teknolojisini kullanarak geliştirdikleri AROMA-FF (Augmented Reality-based Operation and Maintenance Fieldwork Facilitator) modeli ile yapı makinelerinin saha performanslarını artırmayı hedeflemişlerdir.

Shin ve Dunston [20,21], çelik kolonların analizlerinde kullanılmak üzere artırılmış gerçeklik teknolojisini adapte ettikleri ARCam adlı bir prototip model geliştirmişlerdir. Araştırmacılar, artırılmış gerçeklik teknolojisi ile bu tip analizlerde daha efektif sonuçlar elde edildiğini göstermişlerdir. Park ve Kim [22], artırılmış gerçeklik, konum izleme, yapı bilgi modellemesi ve oyun teknolojilerini entegre ederek bir güvenlik yönetimi ve görselleştirme sistemi (Safety Management and Visualization System- SMVS) geliştirmişlerdir. Çalışmalarında artırılmış gerçeklik teknolojisini akıllı telefonlar ve tablet bilgisayarlar ile birlikte gerçek zamanlı ve konum bazlı iş güvenliği yönetiminde kullanmışlardır.

Shin ve ark. [23], artırılmış gerçeklik teknolojisini binaların modellemesinde kullanmışlar ve artırılmış gerçeklik teknolojisinin 3 boyutlu modellemelere göre sağladığı avantajları belirlemişlerdir. Benzer bir modelleme Yang ve ark. [24] tarafından gerçekleştirilmiş ve artırılmış gerçeklik teknolojisinin avantajları ortaya konmuştur.

Artırılmış gerçeklik teknolojisinin yapı bilgi modellemesi ile entegre edildiği bir diğer model de Wang ve ark. [25] tarafından ortaya konmuştur. Bu modelde artırılmış gerçeklik teknolojisinin şantiyelerde gerçek zamanlı iletişimin nasıl gerçekleştirilebileceği üzerine odaklanılmıştır. Irizarry ve ark. [26], yapı bilgilerine ulaşmada artırılmış gerçeklik teknolojisini kullanmışlar

ve bu teknolojinin yapım uygulamalarını geliştirme potansiyelinin bulunduğunu öngörmüşlerdir.

Artırılmış gerçeklik teknolojisinin sanal şantiye ortamlarının planlanmasındaki kullanımı ise Wang [27] tarafından ortaya konmuştur. Araştırmacı, artırılmış gerçeklik teknolojisi ile planlama hatalarının engellenebileceğini ve bu süreçte verimliliğin artacağını öngörmüştür.

Kwon ve ark. [28] tarafından tasarlanan DM-AR (Mobile-Based Augmented Reality Defect Management) sistemi, inşaat projelerinde kalite kontrolüne yönelik gerçekleştirilen en güncel çalışmalardan biridir. Araştırmacılar, yapı bilgi modellemesi, görüntü işleme ve artırılmış gerçeklik teknolojilerini birlikte kullanarak kalite yönetimine yönelik bir sistem geliştirmişlerdir. Bu sistem ile şantiye imalatlarının boyutsal hataları yapım aşamasında kontrol edilmektedir.

Chi ve ark. [10], inşaat sektöründe artırılmış gerçeklik teknolojisinin gelecekteki potansiyel uygulama alanlarını araştırmıştır. Araştırma sonuçlarına göre mobil cihazların kullanımının gelecekte daha etkili ve ucuz olacağı öngörülerek artırılmış gerçeklik teknolojisinin bu cihazlardaki uygulamalarının artacağı belirtilmiştir. Wang'a [27] göre, bu uygulama alanlarından biri de artırılmış gerçeklik teknolojisinin inşaat projelerinin kalite kontrol yönetimindeki potansiyel kullanım alanlarından oluşmaktadır.

Wang ve ark. [29], inşaat sektöründe artırılmış gerçeklik ile ilgili 2005-2011 yılları arasında uluslararası dergilerde yayımlanan makaleleri incelemiştir. Araştırmacılar, artırılmış gerçeklik teknolojisi ile ilgili yapılan çalışmaların çoğunluğunun laboratuvar tabanlı olduğunu ve inşaat projelerindeki uygulama çalışmalarının henüz yetersiz olduğunu belirtmiştir. Sonuç olarak inşaat projelerinin artırılmış gerçeklik teknolojisi alanında laboratuvar tabanlı araştırmalardan ziyade gerçek projelerde uygulanabilecek araştırmalara ihtiyacı olduğunu ifade etmiştir.

Yukarıda açıklanan araştırmalar, artırılmış gerçeklik teknolojisinin inşaat sektöründe geliştirilmesi açısından özellikle son beş yılda yapılan önemli çalışmalardır. Ancak artırılmış gerçeklik teknolojisinin inşaat sektörü dışındaki (eğitim, sağlık, oyun, askeri, film vb.) sektörlerdeki kullanımı ve bahsedilen sektörlerle katkıları ile ilgili çok sayıda araştırma olmasına karşın, bu teknolojinin inşaat sektöründeki uygulamaları ile ilgili çalışmalar günümüzde nispeten sınırlıdır. Literatür çalışmasından da anlaşılacağı üzere inşaat sektörünün özellikle şantiyelerde artırılmış gerçeklik teknolojisinin uygulanabileceği ve eğitim amaçlı modellere gereksinimi vardır [29]. Dolayısıyla bu çalışmada geliştirilen artırılmış gerçeklik sisteminin inşaat projelerinde uygulanma potansiyeli dikkate alındığında sektöre önemli katkılar sağlayacağı öngörülmektedir.

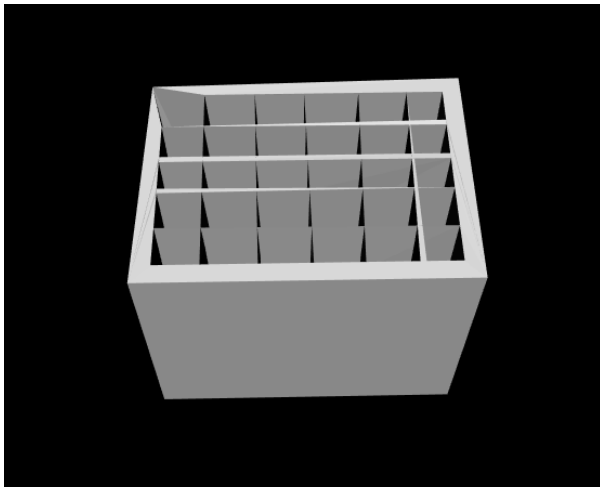
3. İNŞAAT PROJE İMALATLARINDA ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK TEKNOLOJİSİNİN UYGULANMASI (APPLICATION OF AUGMENTED REALITY IN CONSTRUCTION PROJECT ACTIVITIES)

Bu çalışmanın amacı; artırılmış gerçeklik teknolojisini kullanarak inşaat projelerinde çalışan işçi, ekipman operatörü, mühendis ve yöneticilerini yapımı veya kontrolü için görevlendirildikleri imalat işini baştan sona aşamalar halinde bilgilendiren bir sistem geliştirmektir. Böylece inşaat imalatı ile ilgili tüm aşamaların daha verimli, güvenli ve kaliteli icra veya kontrol edilmesine olanak sağlanacaktır. Akıllı gözlükler kullanılarak oluşturulan sistem ile hatalı imalat riski en aza indirgenmekle birlikte imalatlardaki istenen kalite sağlanmış olacaktır. Örneğin bir inşaat işçisi inşaat demirini nasıl bağlayabileceğini, tuğla duvar yapımında su terazisini nasıl kullanması gerektiğini bu sistem vasıtası ile şantiyede anında akıllı gözlükten izleyerek öğrenebilecek ve uygulamalarını standartlara uygun bir biçimde gerçekleştirebilecektir.

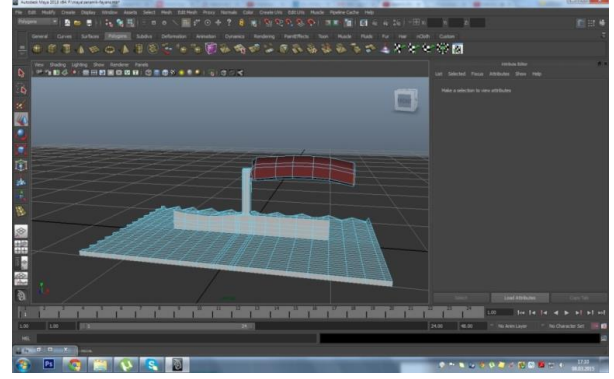
3.1. Sistemin Geliştirilmesi (Development of the System)

Bu çalışmada şantiyelerde en sık kullanılan uygulamalardan biri olan tuğla duvar yapımı örnek imalat kalemi olarak seçilmiştir. Tuğla duvar yapım yöntemlerinin hazırlanmasında standartlara uygunluk açısından Milli Eğitim Bakanlığı'nın Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi kapsamında ve İNTES'in (İnşaat Sanayicileri İşveren Sendikası) mesleki yeterlikleri kazandırmaya yönelik geliştirdikleri öğretim materyallerinden faydalanılmıştır [30,31].

Çalışmanın ilk aşamasında tuğla duvar imalatında kullanılan materyallerin 3 boyutlu modelleri oluşturulmuştur. Modeller, imalatın standartlara uygun olarak yapım aşamasının başlangıcından bitimine kadar tüm aşamaları gösterecek şekilde 3ds Max ve Maya programları kullanılarak tasarlanmıştır (Şekil 3,4).



Şekil 3. Tuğla modeli (Brick model)



Şekil 4. Model hazırlamada kullanılan yazılım örneği (Example of the software in preparing models)

Çalışmanın ikinci aşamasında artırılmış gerçeklik sistemi geliştirilmiştir. Mobil ekipmanların güçlendirdiği artırılmış gerçeklik uygulamaları algoritma ve yazılım kodları ile geliştirilmektedir. Bu çalışmada artırılmış gerçeklik sisteminin geliştirilmesinde artırılmış gerçeklik platform yazılımı, modelleremlere gerçeklik vermek için Unity programı, yazılım geliştirmede Xcode ve Android SDK programları, artırılmış gerçeklik kamera Vuforia SDK, ve mobil cihaz olarak seçilen akıllı gözlüğün Android 4.04 işletim sistemine uyumlu olabilmesi için Android Studio ve C++ yazılım dilleri kullanılmıştır.

Çalışmada artırılmış gerçeklik sisteminde hazırlanan inşaat imalat uygulamasının aşamaları belirlenmiştir. Her aşama için uygulama alanı oluşturulup aşamalar arası geçişler için ileri ve geri geçiş butonları hazırlanmıştır. İlk aşamada planlanan uygulamaların birbir modellerinin 3 boyutlu modelleri hazırlanmış ve artırılmış gerçeklik mobil platformu geliştirilmiştir. Hazırlanan 3 boyutlu modeller artırılmış gerçeklik geliştirme programına aktarılmıştır. Artırılmış gerçeklik sistemi, aşağıda belirtilen yöntemler kullanılarak tasarlanmıştır.

- Görüntü İzleme

Görüntü izleme yönteminde önceden sayısal olarak taranmış olan alan kullanılmıştır. Taranmış alan artırılmış gerçeklik platform yazılımına kaydedilmiştir. Modellemeler yerleştirilmiş ve görüntü tarama alanı veritabanına kaydedilerek Android Studio yazılım dilinde Android sistemine uyumlu olarak apk formatında hazırlanmış ve akıllı gözlüğe aktararak kurulumu gerçekleştirilmiştir.

- Genişletilmiş İzleme

Genişletilmiş izleme yönteminde belirli bir alan yerine geniş alan taraması yapılarak artırılmış gerçeklik yazılım platformuna aktarılmıştır. Görüntü izleme yönteminde olduğu gibi akıllı gözlüğe aktararak kurulumu gerçekleştirilmiştir.

- Nesne İzleme

Nesne izleme yönteminde resmi çekilmiş olan bir nesne, veritabanına kaydedilmiş ve QR (Quick Response) kodu artırılmış gerçeklik platform yazılımına aktarılmıştır. Bu yöntem hareketsiz nesnelere için uygulanmıştır. Aktarılan

nesnenin üzerine 3 boyutlu modeller yerleştirilmiş ve Android Studio yazılım dilinde Android sistemine uyumlu olarak apk formatında hazırlanıp akıllı gözlüğe aktarılmıştır. Akıllı gözlük ile modellenen nesneye bakıldığında imalat işinin gerektirdiği aşamalar izlenebilmektedir.

- Yüz İzleme

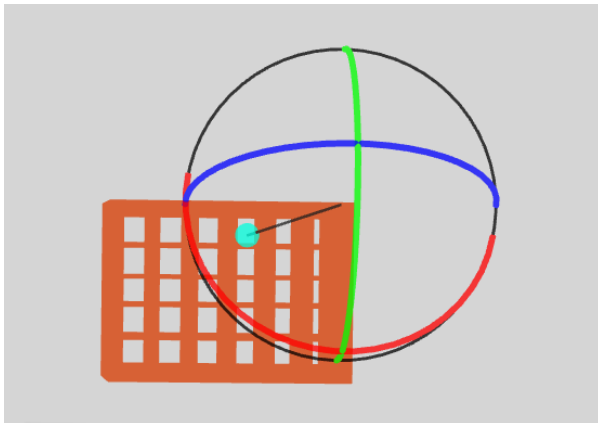
Yüz izleme yönteminde artırılmış gerçeklik platformunda yüz modeli üzerine 3 boyutlu modeller yerleştirilmiş ve kişinin yüzüne gelecek şekilde ayarlanmıştır. C++ yazılımı kullanılarak yazılım kodları hazırlanmıştır. Artırılmış gerçeklik modeli, önceki yöntemlerde olduğu gibi akıllı gözlüğe aktarılmıştır.

- Marker İzleme

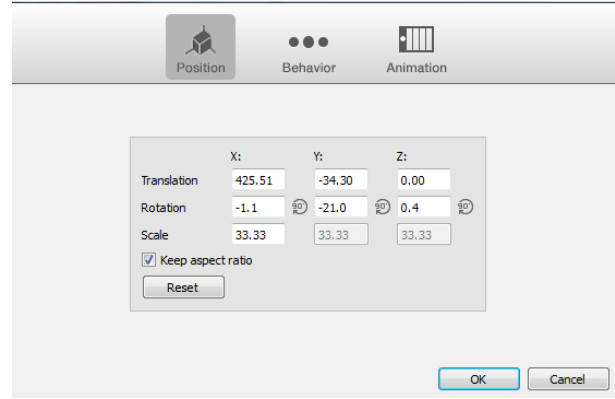
Marker izleme yönteminde her bir artırılmış gerçeklik modeli için özel olarak marker hazırlanmıştır. Veritabanına kaydedilen marker, artırılmış gerçeklik platformuna aktarılmıştır. Marker izlemeye alındığında üzerinde görülmesi istenen 3 boyutlu modeller eklenmiştir. Yazılım kodları kullanılarak diğer yöntemlerde olduğu gibi akıllı gözlüğe aktarılmıştır.

Artırılmış gerçeklik geliştirme programına aktarılan görüntü üzerine Maya programında hazırlanan 3 boyutlu görüntüler aktararak x,y,z koordinat düzenlemeleri yapılmış ve model eşleşmeleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 5). Model eşleşmelerinin etkin sonuçlar vermesi açısından model için uzaklık ve yükseklik ile ilgili düzenlemeleri yapılmıştır (Şekil 6).

Model eşleşme işleminin ardından Android SDK mobil yazılımı ile hazırlanan uygulamaların entegre edilecek platforma göre kodlanması gereklidir. Android platformu için yazılım kodları hazırlandıktan sonra artırılmış gerçeklik geliştirme programı üzerinde seçilen platforma göre aktarım yapılır. Oluşturulan uygulama dosyası mobil cihaza aktarıldıktan sonra çalıştırıldığında 3 boyutlu model (saydam olarak) ekranda görülür. Artırılmış gerçeklik sisteminde eşleşme işlemi için gerçek modelin resmi ekranın önüne geldiğinde eşleşme gerçekleşmiş olur.



Şekil 5. Tuğla modelinin geliştirme programına aktarılması (Transferring the brick model into application program)



Şekil 6. Modelin uzaklık ve yükseklik düzenlemeleri (Distance and height arrangements of the model)

3.2. Sistemin Test Edilmesi (Testing of the System)

Sistem, artırılmış gerçeklik yazılımının akıllı gözlüğe adapte edilmesi ile tuğla duvar imalatı için test edilmiştir. Akıllı gözlük seçimi, çalışmanın etkili sonuçlar vermesi açısından önemli bir rol oynamıştır. Akıllı gözlükler, oldukça yeni bir teknoloji olmaları nedeniyle günümüzde sektör uygulamalarına adapte edilebilmesi için sürekli bir gelişme ve iyileştirme aşamasındadır. Bu çalışmanın amaç ve hedefleri doğrultusunda hızla gelişen bu teknolojinin çalışmaya en uygun, uygulamada kolaylık sağlayan ve yazılımları adapte etmede problem yaratmayacak en gelişmiş akıllı gözlük olarak Epson'un Moverio BT-200 modeli seçilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Epson Moverio BT-200 akıllı gözlük (Epson Moverio BT-200 smart glass)

Moverio BT-200, gözlük ve kontrol birimi olmak üzere iki parçadan oluşmaktadır. Üzerinde dokunmatik bir panel bulunduran kontrol birimiyle ekranda imlecin hareket ettirilmesine imkan tanımaktadır. Android 4.0'la çalışan Moverio BT-200, böylece gözlerin önüne Android işletim sistemini ve uygulamalarını getirmektedir. Gözlüğün ön yüzünde bir kamera bulunmaktadır. Bu sayede fotoğraf ve video kaydı yapılabilmektedir [32]. Akıllı gözlüğe artırılmış gerçeklik yazılımı işletim sistemine yüklenerek kullanıcı konsolu yardımı ile çalışma kapsamında geliştirilen 3 boyutlu yazılım simülasyonlarını izleme ve gözlükteki hoparlör yardımı ile sesli olarak eğitim materyallerini dinleme imkanı sağlanmıştır. Akıllı gözlüğün ana ekranından bir görüntü Şekil 8'de verilmiştir.

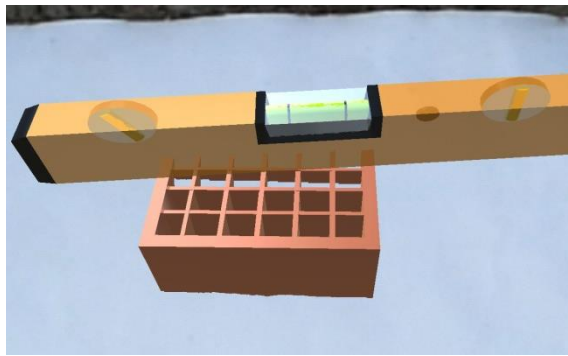


Şekil 8. Akıllı gözlük ana ekran görüntüsü (Smart glass main page view)

Tuğla gibi küçük boyutlu malzemelerde en etkili eşleşmeyi sağlayabilmek için akıllı gözlük-nesne mesafesi 2,5 m olarak kullanılmıştır. Bu mesafenin kullanılmasının ana nedeni, bu tip malzemelerde 10 m ve üzeri uzaklıklarda malzemeler yeterince görünmediği için eşleşmeler etkili olmamaktadır. Ancak kolon ve duvar gibi büyük boyutlu elemanların eşleşmesinde 10 m ve üzeri mesafelerin kullanımı daha uygun olmaktadır. Test aşamasında QR kod okuyucu aracılığı ile okutulan her kod veritabanında eşleştirilerek akıllı gözlük ekranına modellerin çağrılması ve render görüntüleri ile eşleşmesi sağlanmıştır. Tuğla duvar imalatı için gerçekleştirilen testlerde akıllı gözlükten alınan ekran görüntülerinden örnekler Şekil 9-11’de verilmiştir. Yazılım içinde geliştirilen kodlar aracılığı ile tuğla duvar imalatındaki aşamalar ileri-geri geçişler ile sağlanarak imalatın tüm



Şekil 9. Sistemin akıllı gözlük ile test edilmesi-I (Testing the system using smart glass-I)



Şekil 10. Sistemin akıllı gözlük ile test edilmesi-II (Testing



Şekil 11. Sistemin akıllı gözlük ile test edilmesi-III (Testing the system using smart glass-III)

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Artırılmış gerçeklik, gelecekte birçok sektörün farklı alanlarında uygulanma potansiyeline sahip yenilikçi teknolojilerden biridir. Artırılmış gerçeklik teknolojisinin geliştirilmesine paralel olarak yakın gelecekte diğer sektörlerde olduğu gibi inşaat sektöründe de uygulamalarının yaygınlaşacağı öngörülmektedir. Dolayısıyla Türk inşaat firmalarının gelecekte rekabet avantajını kaybetmemesi adına bu teknolojiye olabildiğince hızlı adapte olması büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanılarak inşaat proje imalatlarının yapımını baştan sona aşamalar halinde bilgilendiren bir sistem geliştirilmiştir. Sistemin şantiye çalışanları tarafından kullanılması ile şantiyede işe yeni başlayan personelin iş başında hızlı ve düşük maliyetli eğitimi mümkün olacak ve proje ile bütünleşmeleri hızlı bir şekilde gerçekleşecektir. Deneyimli çalışanlar ise doğru bildikleri yanlış imalatları düzeltme şansına sahip olacaklar ya da imatlardaki kritik aşamaları akıllı gözlüklerine yansıtılan detaylar vasıtasıyla iyileştirerek performanslarını artıracaktır. Sistem, Türk inşaat sektöründe artırılmış gerçeklik teknolojisi vasıtasıyla kaliteli, güvenli ve verimli bir yapım yönetimi sağlayarak inşaat projelerinin süre, maliyet ve kalite parametrelerini iyileştirme potansiyeline sahiptir. Dolayısıyla, sistemin sektöre önemli katkılar sağlayacağı öngörülmektedir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma TÜBİTAK (Proje No. 213M364) ve Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu (Proje No. 1406F326) tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Gordon C., Akıncı B. and Garrett J.H., “Formalism for construction inspection planning: requirements and process concept”, *Journal of Computing in Civil Engineering*, 21(1): 29-38, (2007).
- [2] İnel M., Özmen H.B. and Akyol E., “Observations on the building damages after 19 May 2011 Simav (Turkey)

- earthquake”, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 11: 255–283, (2013).
- [3] Wang X. and Dunston P.S., “Design, strategies, and issues towards an augmented reality-based construction training platform”, *ITcon*, 12: 363-380, (2007).
- [4] Tanyer, A.M. and Pekerçli M.K., “İnşaat sektörü için bilgi teknolojilerindeki son gelişmeler”, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 451, (2008).
- [5] Söylemez R., “Sanal gerçeklik nedir?”, <https://vrturkiye.net/>, (2015).
- [6] Ünal F.C., “Artırılmış gerçeklik teknolojisinin kullanımıyla mimarlık rehberi: Eindhoven kenti üzerinden değerlendirilmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2013).
- [7] Bonsor K., “How will augmented reality work? How stuff works”, www.howstuffworks.com/augmented-reality.htm/, (2001).
- [8] Kuo C., Jeng T. and Yang I., “An invisible head marker tracking system for indoor mobile augmented reality”, *Automation in Construction*, 33: 104-115, (2013).
- [9] Volkswagen, “MARTA-Innovative Service Support Tool for the Volkswagen XL1”, <http://www.volkswagenag.com>, (2016).
- [10] Chi H.L., Kang S.C. and Wang X., “Research trends and opportunities of augmented reality applications in architecture, engineering, and construction”, *Automation in Construction*, 33: 116-122, (2013).
- [11] Agarwal S., “Review on application of augmented reality in civil engineering”, *International Conference on Inter Disciplinary Research in Engineering and Technology*, 68-71, (2016).
- [12] Behzadan A.H. and Kamat V.R., “Automated generation of operations level construction animations in outdoor augmented reality”, *Computing in Civil Engineering*, 23(6): 405-417, (2009).
- [13] Zhao D., Thabet W., McCoy A. and Klienr, B., “Managing electrocution hazards in the US construction industry using VR simulation and cloud technology”, *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction*, 759-764, (2012).
- [14] Chen A., Golparvar-Fard M. and Kleiner B., “Saves: A safety training augmented virtuality environment for construction hazard recognition and severity identification”, *Proceedings of the 13th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality*, 30-31 Ekim, Londra, Birleşik Krallık, (2013).
- [15] Tsai M.K., “Streamlining information representation during construction accidents”, *KSCE Journal of Civil Engineering*, 18(7): 1945-1954, (2014).
- [16] Behzadan A.H. and Kamat V.R., “Enabling discovery-based learning in construction using telepresent augmented reality”, *Automation in Construction*, 33: 3-10, (2013).
- [17] Hammad A., Garrett J.H.Jr. and Karimi H.A., “Potential of mobile augmented reality for infrastructure field tasks”, *Proc., Applications of Advanced Technology in Transportation Conf. ASCE*, Cambridge, 456-472, (2002).
- [18] Kim B., Kim C. and Kim H., “Interactive modeler for construction equipment operation using augmented reality”, *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, 26(3): 331-341, (2012).
- [19] Lee S. and Akın Ö., “Augmented reality-based computational fieldwork support for equipment operations and maintenance”, *Automation in Construction*, 20: 338-352, (2011).
- [20] Shin D.H. and Dunston P.S., “Identification of application areas for augmented reality in industrial construction based on technology suitability”, *Automation in Construction*, 17(7): 882-894, (2008).
- [21] Shin D.H. and Dunston P.S., “Technology development needs for advancing augmented reality-based inspection”, *Automation in Construction*, 19(2): 169-182, (2010).
- [22] Park C.S. and Kim H.J., “A framework for construction safety management and visualization system”, *Automation in Construction*, 33: 95-103, (2013).
- [23] Shin D.H., Park J., Woo S. and Jang W.S., “Representations for imagining the scene of non-existing buildings in an existing environment”, *Automation in Construction*, 33: 86-94, (2013).
- [24] Yang M.D., Chao C.F., Huang K.S., Lu L.Y. and Chen Y.P., “Image-based 3D scene reconstruction and exploration in augmented reality”, *Automation in Construction*, 33: 48-60, (2013).
- [25] Wang X., Love P.E.D., Kim M.J., Park C.S., Sing C.P. and Hou L., “A conceptual framework for integrating building information modeling with augmented reality”, *Automation in Construction*, 34: 37-44, (2013).
- [26] Irizarry J., Gheisari M., Williams G. and Walker B.N., “Info SPOT: a mobile augmented reality methods for accessing building information through a situation awareness approach”, *Automation in Construction*, 33: 11-23, (2013).
- [27] Wang X., “Using augmented reality to plan virtual construction worksite”, *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 4(4): 501-512, (2007).
- [28] Kwon O.S., Park C.S. and Lim C.R., “A defect management system for reinforced concrete work utilizing BIM, image-matching and augmented reality”, *Automation in Construction*, 46: 74-81, (2014).
- [29] Wang X., Kim M.J., Love P.E.D. and Kang S.C., “Augmented reality in built environment: classification and implications for future research”, *Automation in Construction*, 32: 1-13, (2013).
- [30] MEGEP-Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, “İnşaat teknolojisi, duvar”, *Milli Eğitim Bakanlığı*, Ankara, (2007).
- [31] Milli Eğitim Bakanlığı, “Mesleki gelişim, iş güvenliği ve işçi sağlığı”, *Milli Eğitim Bakanlığı*, Ankara, (2014).
- [32] Epson, Moverio BT-200 Smart Glasses, <http://www.epson.com>, (2016)