

## Oyun Motoru Tabanlı Sanal Ortamların Mimari Tasarım Stüdyolarında Kullanım Olanaklarının Araştırılması

Tuğrul Yazar<sup>1</sup> ; Oğulcan Üneşi<sup>2</sup> 

<sup>1,2</sup> İstanbul Bilgi Üniversitesi

<sup>1</sup>tugrul.yazar@bilgi.edu.tr; <sup>2</sup>ogulcan.unesi@bilgiedu.net

### Özet

Uzaktan erişimli sanal ortamlarda mimari tasarım eğitimi konu edinen bilişsel, teknolojik ve pedagojik fikirler ve deneysel çalışmalar bulunmaktadır. Literatürdeki bu çalışmalarda; başka amaçlarla geliştirilmiş çeşitli yazılımlardan faydalanılmış, çalışmaların kapsamına bağlı olarak mevcut yazılımlara eklentiler geliştirilmiş veya oyun motorları gibi çeşitli platformlarda yazılım prototipleri geliştirilerek test edilmiştir. Uzaktan eğitim modelinde herhangi bir bilgisayar destekli tasarım yazılımından bağımsız (stand-alone) olarak çalışabilen, mimari tasarım stüdyolarının ihtiyaçları için özel olarak geliştirilmiş ve yaygın kullanım bulmuş bir yazılım veya bu alanda genel kabul görmüş yaygın bir pedagojik yaklaşım bulunmamaktadır. Bu çalışma, devam eden bir bilimsel araştırma projesinin ilk adımı olarak, mimari tasarım stüdyolarında uzaktan eğitim modelinin yol açtığı dönüşümlerin, zorlukların ve fırsatların tespit edilmesini hedeflemektedir. Bu tespitlerin yapılabilmesi için literatür araştırmasının yanında, stüdyo yürütücüleri ve öğrencileri ile yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Bu görüşmeler sonucunda mimari tasarım stüdyoları için özelleşmiş bir uzaktan erişimli stüdyo yazılımının taşınması beklenen özelliklerin ortaya çıkarılması hedeflenmiştir. Görüşmelerde, devam eden araştırma projesinde kullanılmak üzere geliştirilmekte olan bir stüdyo yazılımının prototipleri kullanılmıştır. Bu prototipler Unity oyun motoru ile geliştirilmiştir. Kullanıcıların bir sunucu bilgisayar üzerinden aynı sanal ortama bağlanarak mimari projelerini yükleyebildikleri, diğer stüdyo paydaşları (öğrenciler, yürütücüler, jüri) ile etkileşime geçerek sunum yapabildikleri bu prototipler halen deneme sürecindedir. İlk sonuçlar, temel karakteristik özellikleri bu çalışmada tespit edilen sanal stüdyo ortamlarının sadece geleneksel stüdyonun bir benzetimi olmanın ötesine geçebilecek potansiyeller barındırdığını göstermektedir. Bildiride bu potansiyeller, yazılımlarda sahip olması beklenen bazı temel özelliklerle beraber yorumlanarak sunulacaktır. Geleneksel mimari tasarım stüdyoları, tasarımın görsel, düşünsel özellikleri, temsil ortamlarının taşınması gereken nitelikler ve hesaplamalı teknolojilerin kullanım olanakları göz önüne alındığında, herhangi bir uzaktan erişim platformunun taşıdığı standart araç seti ile yürütülmesi zor olan veya mümkün olmayan niteliklere sahiptir. Benzer şekilde, uzaktan erişimli dijital mimari tasarım stüdyoları da tasarımın görsel, düşünsel özellikleri, temsil ortamlarının taşınması gereken nitelikler, ve hesaplamalı teknolojilerin kullanım olanakları göz önüne alındığında, herhangi bir yüz yüze yöntemin standart pedagojik çerçevesi içerisinde yürütülmesi zor olan veya mümkün olmayan niteliklere sahiptir. Mimari tasarım stüdyoları için geliştirilen sanal ortam ve uzaktan eğitim yazılımları, aynı zamanda mimarlık eğitiminin bilgi alanına da katkı sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Mimari tasarım stüdyosu, Uzaktan eğitim, Sanal stüdyo yazılımı, Oyun motorları

## Investigating the Possibilities of Using Game Engine Based Virtual Environments in Architectural Design Studios

Tuğrul Yazar<sup>1</sup> ; Oğulcan Üneşi<sup>2</sup> 

<sup>1-2</sup>Istanbul Bilgi University

<sup>1</sup>tugrul.yazar@bilgi.edu.tr; <sup>2</sup>ogulcan.unesi@bilgi.edu.net

### Abstract

*There are cognitive, technological, and pedagogical ideas and experimental studies on architectural design education in virtual environments. In the existing literature regarding this subject; Various software developed for other purposes were used, add-ons to existing software were developed depending on the scope of the studies, or software prototypes were developed and tested on various platforms such as game engines. In the distance education model, currently, there is no stand-alone software, specifically developed for the needs of architectural design studios. Similarly, there is no generally accepted pedagogical approach in this field yet. This paper, as the first step of an ongoing research project, includes identifying the transformations, challenges, and opportunities caused by the distance education model in architectural design studios. To make these determinations, alongside a literature review, semi-structured online interviews were conducted with studio instructors and students. As a result of these interviews, it is aimed to reveal the expected features of a potential virtual studio software specialized for architectural design studios. In the interviews, the prototypes of a software in development were used. These prototypes were developed with the Unity game engine. In these prototypes, the users can connect to a common virtual environment via a server computer, upload their architectural project models, interact with other studio stakeholders (students, executives, jury) and make presentations. There are many features and ideas for this software that is still in the testing phase. Preliminary results show that virtual studio environments with the main characteristics of which are identified in this paper have potentials that can go beyond being just a simulation of the traditional studio. These potentials will be presented together with some basic features of the software. Traditional architectural design studios have qualities that are difficult or impossible to implement with the standard toolkit of any online platform, considering the visual and intellectual characteristics of the design, the qualities of the representational environments, and the immediate possibilities of using computational design technologies. Similarly, online design studios also have qualities that are difficult or impossible to implement within the standard pedagogical framework of any face-to-face method. The virtual environment and distant learning software developed for architectural design studios will also contribute to the field of architectural education.*

**Keywords:** Architectural design studio, Distant learning, Virtual studio software, Game engines

## 1. Giriş

Yeni dijital tasarım ve iletişim teknolojileri mimarlık eğitiminin araştırma alanı üzerinde etkili olmaktadır. Uzaktan eğitim olanaklarının mimari tasarım stüdyoları ile bütünleştirilmesi de bu etki bağlamında incelenmeye ve tartışılmaya başlanmıştır. Bu çalışmalar geçmişte genellikle kontrollü ve planlanmış deney ortamlarında gerçekleştirilmiştir. Son iki yılda ise dünya çapında mimarlık eğitimi zorunlu ve uzun süreli bir uzaktan eğitim süreciyle yürütülmek durumunda kalmıştır. Bu belirsiz ve ani gelişen süreç, geleneksel mimari tasarım stüdyolarının uzaktan eğitim modelleriyle uyumluluğunun sorgulandığı geniş kapsamlı bir deney ve gözlem ortamını doğurmuştur. Bu ortamın mimarlık eğitiminde uzaktan eğitim araştırmalarında yeni bir ivmeyi başlattığı düşünülmektedir.

Uzaktan erişim ve etkileşim teknolojilerinin sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik başlıkları altında gelişerek pek çok alana yayıldığını gözlemek mümkündür. Bu alanlardan ikisi mimari tasarım ve mimarlık eğitimidir. Bu alanlardaki araştırmalar incelendiğinde mimarlık araştırmalarında bilgisayar oyunlarında kullanılan bazı teknolojik altyapılarından faydalandığını görmek mümkündür. Bilgisayar oyunları, özellikle son yıllarda gelişen internet ve ilişkili teknolojiler bağlamında uzaktan erişim ve etkileşimin deneyimlendiği ve bu alanda hızlı gelişmelerin yaşandığı bir alandır. Aynı anda dünyanın farklı bölgelerinden çok sayıda katılımcının kesintisiz, etkileşime açık bir biçimde aynı dijital model içerisinde bulunabildikleri teknolojiler ve platformlar bulunmaktadır. Sadece oyun ve sosyal etkileşim ile sınırlı kalmayan, pandemi döneminde görüldüğü gibi bazı sportif organizasyonların da gerçekleştirilebildiği bu teknolojiler, amaçlarına uygun olarak özelleştirilebilmektedir. Genel olarak oyun motoru (*game engine*) adı verilen platformlar kullanılarak mimari tasarım stüdyolarının ihtiyaçlarına dönük olarak özelleştirilmiş yazılımların geliştirilmesi mümkündür.

Günümüzde uzaktan eğitim modelinde mimari tasarım stüdyolarının ihtiyaçları için özel olarak geliştirilmiş ve yaygın kullanım bulmuş bir yazılım veya bu alanda genel kabul görmüş, yaygın bir pedagojik yaklaşım bulunmamaktadır. Bu çalışma, devam eden bir bilimsel araştırma projesinin ilk adımı olarak, mimari tasarım stüdyolarında uzaktan eğitim modelinin yol açtığı dönüşümlerin, zorlukların ve fırsatların tespit edilmesini hedeflemektedir. Bu tespitlerin yapılabilmesi için; (1) konu ile ilgili kapsamlı bir literatür araştırması yapılacak, (2) güncel çevrimiçi stüdyo deneyimlerini almak üzere İstanbul Bilgi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi stüdyo yürütücüleri ve öğrencileri ile yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilecektir.

Günümüzde çok sayıda uzaktan erişimli sanal ortam yazılımı kullanılmakta ve yenileri geliştirilmektedir. Fakat bu yazılımlar bu araştırmanın odaklandığı, “mimari tasarım stüdyoları için özelleşmiş işlevleri” tümüyle barındırmamaktadır. Bu bildiri de söz konusu özelleşmiş işlevlerin/ihyaçların neler olduğu tanımlanacak ve bu işlevlerin/ihyaçların Unity oyun motoru teknolojisindeki hangi bileşenler tarafından karşılanabileceğine dair yorumlar geliştirilecektir. Uzaktan erişimli mimari tasarım stüdyolarının potansiyel olarak ihtiyaç duyduğu, fakat bilgisayar oyunlarına odaklanan teknolojilerde bulunmayan etkileşim, temsil ve benzetimler de söz konusudur. Geleneksel olarak stüdyoların temsil standartları göz önüne alındığında, bu konunun ihtiyaçların belirlenmesi noktasından başlayarak araştırılması gerektiği değerlendirilmektedir. Günümüzün dijital tasarım teknolojilerinin sunduğu hesaplamalı tasarım yöntemlerinin, dijital stüdyo ortamıyla bütünleştirilmesi de ayrıca bu eksen içerisinde değerlendirilecektir.

## 2. Mimarlıkta Sanal Ortam Araştırmaları

Mimarlık eğitiminde sanal ortam kullanımı ve uzaktan eğitim teknolojilerine yönelik olarak ortaya atılmış teknolojik ve pedagojik fikirler ve deneysel çalışmalar bulunmaktadır. Aşağıda, bu çalışmalardan bazılarının konuyu ele alış biçimleri ve vurguladıkları sonuçlar değerlendirilmiştir.

Coşkun ve Çağdaş (2018) bilgisayar oyunlarının mimarlık eğitimindeki kullanım olanaklarını inceledikleri çalışmalarında bu teknolojinin temel tasarım eğitimindeki potansiyel katkılarını ortaya çıkarmışlardır. Dijital oyunların geleneksel eğitimin aynılaştırıcı ve pasif öğrenme bağlamına kıyasla daha aktif ve dinamik bir öğrenme kültürünü desteklediğini belirtmişlerdir. Dijital oyunların ve temel tasarım eğitiminin özelliklerinin karşılaştırıldığı ve birbirine tercüme edildiği bir yöntem inşasını da içeren çalışma, konuyu oyun türleri, hedeflenen yetenekler, yürütücünün rolleri gibi kapsamlarda incelemiştir. Yapılan deneysel çalışma, çevrimdışı ve çevrimiçi aşamaların birbirini takip ettiği bir egzersiz sürecidir. “Minecraft: Education Edition” oyununun kullanıldığı çevrimiçi aşamada tasarım egzersizi tekrarlanarak kaydedilmiştir. Çalışmanın sonunda çevrimiçi ve çevrimdışı egzersizlerin “hibrid” kullanımının her iki ortamın olumlu özelliklerini bütünleştirilmesi bakımından tercih edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Gül (2020), mimarlık alanında bilgisayar, hesaplamalı tasarım ve sanal ortam teknolojilerinin kullanımının tarihini ve bu teknolojilerin gelecekte kullanım olasılıklarını özetlemiştir. Bilgisayar kullanımının yaygınlaşması ile mimari üretim, uygulama ve tasarım alanlarında hesaplamalı düşünce odaklı bir temelin oluştuğunu ifade eder. 1990'lardan itibaren uygun fiyatlı kişisel bilgisayarların piyasaya sürülmesi ile bilgisayar destekli çizim programlarının tasarım alanında kullanımının arttığını, 2000'li yıllardan itibaren ise bu alanda geliştirilen mimari tasarım odaklı yazılımlar ile analiz, simülasyon, strüktürel ve biçimsel form bulma yöntemlerinin bilgisayar ortamında gerçekleştirilmeye başladığını söylemektedir. Tasarımda kullanılan araçların tasarımın sınır ve imkanlarını belirleyici faktörler olması bağlamında, kullanılan araçların kullanım kolaylığından sebeple eğrisel ve parametrik yüzeylerin popülerleştiğini savunur. Aynı dönemlerde, popülerleşen sanal ortam yazılımlarının birçok mimarlık okulunda, mimari tasarım stüdyolarında denendiğini de ifade eder. Bu alanda yaptığı çalışmalarda "Active Worlds" ve "Second Life" gibi çoklu-oyunculu sanal ortam yazılımlarının mimari tasarım alanındaki potansiyellerini araştırmış olan Gül, etkileşimin önemini vurgular. İkna edici, gerçekçi ve somut bir deneyim oluşturabilmek adına, kesintisiz ve doğal bir insan-bilgisayar arayüzünün gerektiğini, bu arayüzün de yaygınlaşmakta olan sanal gerçeklik teknolojileri ile güçlendirilebileceğini ifade eder. Gül'e göre mimari tasarımda sanal ortam teknolojilerinin kullanımının en önemli özellikleri etkileşimi mümkün kılmaları ve deneyim odaklı bir ortam sunmalarıdır. Bundan yola çıkarak mimari tasarımda kullanılacak sanal ortam yazılımlarının veri işleme ve hesaplama kabiliyetlerinin bulunmasının yanında deneyime de odak vermeleri gerektiğini savunur.

Grasser vd. (2020), geliştirdikleri çoklu-oyunculu (*multiplayer*) ve çapraz-platform (*cross-platform*) destekli uygulama ile mimarlıkta gerçek-zamanlı (*real-time*) işbirlikli tasarım olanaklarını araştırmaktadır. Unity oyun motoru ile geliştirilen yazılım, mobil cihazlarda artırılmış gerçeklik teknolojilerinden faydalanırken bilgisayar ortamında da aynı anda, farklı platformlardan dahil olan katılımcılar ile kullanılabilir. Yazı tabanlı iletişim fonksiyonları da içeren yazılım ile uzaktan işbirlikli tasarım senaryolarını da test etmişlerdir. Grasser vd. gerçek-zamanlı işbirlikli tasarımın üretken ve dinamik olduğunu bildirir. Sanal ortamların kullanımının günden güne, hayatın her alanında arttığını ve en popüler sanal ortamların kullanıcı tarafından oluşturulan içeriği destekleyen ortamlar olduğunu, kolektif yaratıcılık ve bilgi paylaşımının bu içerikten doğduğunu savunmaktadır. Kolektif yaratıcılığın ve işbirlikli tasarımın eser sahipliği konusunda sorun çıkarabileceğini, ancak bu tip çalışma biçimlerinin asıl amacının ortak çıktı sağlamak olduğunu söylemektedir. Grasser vd., iş birliğine olanak sağlayan ortamların birden fazla hedef ve görüş destekleyebileceği gibi, gerçek-zamanlı etkileşim ve geri bildirim mümkün olduğu durumlarda tasarımda keşif ve deneyselliğin de mümkün olduğunu bildirmektedir. Yaptıkları çalışmalarda, iş akışı düzeni sebebiyle, birden fazla yazılımın kullanılmasının zorluklar getirdiğini belirtmiştir.

Chien vd. (2020), bilgisayar destekli tasarım (*Computer-aided design, CAD*) yazılımları ile sanal gerçeklik (*Virtual reality, VR*) donanımları arasındaki bağlantıyı etkin, basit ve hızlı bir şekilde sağlamayı hedefleyen bir iş akışı önerisi sunmuşlardır. VR destekli sanal ortamların çoğunlukla araştırma odaklı olup, mimarların kolaylıkla kullanabileceği nitelikte olmadıklarını, mimari tasarım alanında kullanılmaya uygun olan mevcut yazılımların da (yüksek ücretli olmaları gibi sebeplerden dolayı) erişilebilir nitelikte olmadıklarını ifade eder. Chien vd., kolayca taklit edilebilecek bir iş akışı önerisini teknik detaylarıyla anlatmaktadırlar. CAD ortamından VR ortamına aktarılan modellerin CAD yazılımlarından ihraç edildikleri format ve geometrik özelliklerinin VR için uygun olmadığını belirten Chien vd., ortamlar arası geçişi sağlayan yöntemleri üçe ayırır. "Dönüştürme" yöntemi, tek yönlüdür, CAD ortamından VR ortamına aktarılan model sunum amacıyla kullanılmaya uygun olup, tasarım aşamasında bu yöntemi kullanmak uygun değildir. "Bağ" yöntemi çift yönlü olup dönüştürme işlemi sırasında kaybedilen verinin özel yöntemlerle saklanıp dönüştürme aşamalarında karmaşık yöntemlerle tekrar okunarak eşleştirilmesine dayanır, veri kaybı yaşanması muhtemel olup çeşitli zorluklar barındırır. "Sistem" yöntemi ise VR temelli bir CAD ortamı geliştirilmesine dayanır, VR ortamında tasarlamaya çalışmanın getirdiği zorlukları ve mimarların CAD ortamında daha etkin çalışabildiklerini savunan Chien vd., bu yöntemin de uygun olmadığını belirtir. VR teknolojilerinin mimari tasarım alanında en uygun kullanım biçiminin iletişim ve katılımlı tasarım alanında olduğunu ifade eden Chien vd., bu alanlara destek sağlayacak bir şema önermektedir. Önerdikleri şema, Rhino modelinin Grasshopper komutları ile düzenlenip VR ortamında kullanılmaya uygun bir hale getirilmesine dayanır. Tasarımın VR ortamında yapılması yerine önerdikleri yaklaşım ise tasarımın değişken/parametrik bileşenlerinin modelin geri kalanından ayrılıp, VR ortamında manipülasyona olanak verecek şekilde programlanmasına dayanmaktadır. "Unity" ortamında programlanan interaktif objeler ve sabit model birleştirilerek "VRChat" oyununa aktarılır ve VR ortamında deneyimlenir. Yapılan değişiklikler ve tasarım kararları çoğu programlama dili ve yazılım arasında veri aktarımında kullanılabilen "JSON" (*Javascript Object Notation*) formatında kaydedilerek Grasshopper komutları yardımı ile okunarak Rhino modeline uygulanır. Bu yöntem ile Unity ortamında "Prefab" olarak oluşturulan etkileşimli oyun objeleri, VR ortamında yer, yön ve boyut değiştirme gibi operasyonlar ile manipüle edilebilir,

Oyun Motoru Tabanlı Sanal Ortamların Mimari Tasarım Stüdyolarında Kullanım Olanaklarının Araştırılması | Yazar, Tuğrul; Üneşi, Oğulcan  
birleştirilip ayrılabilir, parametrik ve/veya varyasyon içerecek şekilde programlanan objeler ise VR ortamında kolaylıkla dönüştürülebilir.

Hong vd. (2019), yürüttükleri araştırmada “Çoklu-Kullanıcı Sanal Ortamların” (MUVE, Multi-User Virtual Environment) mimari tasarımdaki kullanım olanaklarını araştırmaktadır. Yaptıkları araştırma, bu ortamların uzaktan erişimli yaratıcı işbirliği kapsamındaki potansiyellerine odaklanmaktadır. Araştırmacılar, “Second Life” ve “Groupboard” yazılımlarının bu bağlamda kullanımını test ederek, katılımcıların tasarım sonuçlarını “Konsensüs Değerlendirme Tekniği” (CAT, Consensual Assessment Technique) yardımı ile değerlendirmişlerdir. Hong vd., yaratıcı iş birliğinde kullanılacak ortamın tasarımcılar arasındaki iletişimin temelini oluşturduğunu, mimari tasarımda iş birliğinde kullanılacak ortamın üç boyutlu form ve hacmi, yapı performans ve kullanılabilirliğini yansıtmaya gerektiğini savunur. Fazla soyutlaşan temsil biçimlerinin iletişimi aksatacağını ve yanlış yorumlamaya bağlı iletişim problemlerini doğurabileceğini ifade etmektedirler. Çoklu-kullanıcı sanal ortamların fiziksel birlikteliğe alternatif olduğunu ifade edip, bu ortamların sunduğu iletişim araçlarının yaratıcı işbirliğini desteklediğini belirtmektedirler. Sözü geçen ortamların mümkün kıldığı sarmalanmanın, tasarım ortamında bulunma duygusunu sağladığını, kullanıcıların “avatarlar” yardımıyla sanal ortamda bir arada bulunmalarının ise, mevcudiyet hissini kuvvetlendirip, etkileşim imkanları doğurduğunu söylemektedirler. Avatar kullanımının bir diğer etkisinin ise, tasarımın fiziksel ve fonksiyonel özelliklerinin anlaşılabilirliği olduğunu belirtmektedirler. Sanal ortamda bulunan eşzamanlı ve paylaşımlı dijital objelerin mevcudiyet hissine ve sanal ortamın çevresel atmosferine katkıda bulunduğunu da ifade etmektedirler. Yaptıkları deneyler sonucunda, çoklu-kullanıcı sanal ortamlarda yapılan tasarımların, çevrimiçi çizim yazılımlarında yapılanlara göre daha “yenilikçi” ve “uygun” olarak değerlendirildiği açığa çıkmıştır. Araştırmacılar, bu sonucun çoklu-kullanıcı sanal ortamlardaki avatar kullanımı ve birlikte bulunabilme özelliklerinin tasarımcılar arasındaki iletişimi ve işbirliğini kuvvetlendirmesi sebebiyle olduğunu düşünmektedirler. Araştırmacıların gözlemlerine göre, mekansal bilginin paylaşılmasına ve deneyimlenmesine katkı sağlayan bu ortamlarda, katılımcılar tasarım kararlarını avatarları yardımı ile keşfedip, dijital ortamda fiziksel özelliklerini deneyimleme fırsatı bulmuşlardır. Araştırmanın sonucunda Hong vd., çoklu-kullanıcı sanal ortamların ergonomik, insan ölçekli tasarım projelerinde ve bu projelerde kullanıcıların aktiviteleri ile ilişkili tasarım performansları analizlerinde kullanıma uygun olduğunu, uzaktan işbirlikli tasarım çalışmalarında kolektif ve nitel değerlendirme yöntemlerinde kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Sandstrom ve Park (2019), mimari tasarımda mekansal kurgular üzerine bir şekil grameri oyunu geliştirmişlerdir. Geliştirilen yazılımın amacı, kurallar bağlamında mekansal kurgular oluşturmak yerine, oluşturulan mekansal kurgulardan kurallar elde etmektir. Unity oyun motoru ile geliştirilen yazılım, kullanıcıların hareketlerini kayıt ederek karar alma mekanizmalarını takip eder, oyun bittiğinde kayıt ettiği verilerden kullanıcının karar alma yöntemlerine dair analiz edilebilecek veriler sunar. Bu çalışma, kullanım verilerinin kayıt altına alınması ile tasarımcıların tasarım kararı mekanizmalarının analiz edilmesi gibi, mimari tasarım alanında kullanıcıların kullanım istatistiklerinden çıkarım yapılması konusunda örnek teşkil etmektedir.

Leitão vd. (2019) yaptıkları araştırmada oyun motorlarının mimari tasarım alanında kullanım potansiyellerini, görselleştirme kabiliyetleri kapsamında, mimari görselleştirme motorları ile kıyaslamaktadır. Araştırma kapsamında Unity oyun motoru ile ArchiCAD yazılımının “CineRender” görselleştirme eklentisi, dolaşabilme, görselleştirilen kare başına gereken süre ve üretilen görselin görüntü kalitesi bakımından karşılaştırılmıştır. Leitão vd., güncel mimari tasarım araçlarının gün geçtikçe artan kabiliyetleri vasıtasıyla giderek karmaşıklaşan tasarımların artık iki boyutlu temsil yöntemleri ile ifade edilemeyeceğini belirtir. Bu sebeple endüstri standardı haline gelen üç boyutlu görselleştirme araçlarının mimarlık alanındaki öneminden bahsederken, üç boyutlu modelleme/CAD yazılımlarının görselleştirme konusundaki eksikliklerine değinmişlerdir. Modelleme yazılımlarının görselleştirme eksiğini kapatmak için geliştirilen eklenti ve bağımsız yazılımların ise görsel oluşturabilmek için uzun sürelere ihtiyaç duyulduğunu ve bu sebeple müdahale ve gerçek-zamanlı görselleştirme olanakları sağlayacak yazılımlara ihtiyaç olduğunu vurgulamaktadırlar. Gerçek-zamanlı görselleştirme ve etkileşim imkanı sunan oyun motorlarının bu ihtiyacı karşılayabileceğini savunmaktadırlar, ancak mimari modellerin oyun motorlarına aktarımının genellikle problemlili bir süreç olduğunu iddia etmişlerdir. Mimarlık alanında dijital modellemenin BIM ve CAD olarak ikiye ayrılabilirliğini, CAD modellerinin yalnızca görsel bilgi içermesi sebebiyle üstveri içeren BIM modellerine göre daha kolay bir biçimde oyun motorlarına aktarılabilirliğini ifade etmektedirler. Araştırmacıların detaylı bir biçimde değindiği, Unity oyun motorunun mimari görselleştirmede kullanım avantajları: VR gibi güncel teknolojilerin entegrasyon kolaylığı, üç boyutlu ses ve iklim/mevsim simülasyonları gibi özelliklerin programlanabilir olması, gerçek-zamanlı görselleştirme kabiliyetleri sayesinde tasarımın erken aşamalarında zaman kaybı yaşanmadan kullanılabilirliği ve daha gerçekçi gezinme imkanları



**Oyun Motoru Tabanlı Sanal Ortamların Mimari Tasarım Stüdyolarında Kullanım Olanaklarının Araştırılması** | Yazar, Tuğrul; Üneşi, Oğulcan  
sağlaması şeklinde özetlenebilir. Yapılan deneylerde göze çarpan en büyük fark, görselleştirilen kare başına gereken sürededir. "CineRender" ile 470. saatte hata vermesi ile işlemi sonuçlanan video sekansının aynı uzunluktaki kısmını Unity ile 9 dakikada tamamlamışlardır. Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlara göre oyunlar için optimize edilmiş performansa sahip olan oyun motorlarında görsel kalitesi azalmaktadır, ancak gezinme halinde bile görselleştirme kalitesi hep aynı kalmakta, görselleştirme için herhangi bir bekleme gerekmemektedir. Unity oyun motorunun, "CineRender" benzeri görselleştirme motorları yerine kullanılmasının avantajları: kesintisiz görselleştirme imkanı, gerçek-zamanlı doku, ışık ve gölge görselleştirmesi, gerçekçi etkileşim ve gezinme imkanı, VR desteği ve performans/kalite ayarlamalarının duruma bağlı yapılabilmesi olarak ifade edilmiştir. Araştırmada bahsedilen, ancak uygulanmayan, oyun motorlarında gerçekleştirilebilecek bir diğer özellik de tekerlekli sandalye simülasyonudur.

Gül (2019), gerçek-zamanlı işbirlikli tasarımda, kullanılan araçların tasarımcıların davranışları üzerine etkisini araştıran bir çalışma yürütmüştür. Tasarımcıların temsil araçları ile iletişim kurduğunu vurgulayan Gül, çeşitli bilişsel ve etkileşimli araçlar sağlayan temsil araçlarının tasarımcıların davranışlarını da etkilediğini, ancak durmaksızın gelişmekte olan sanal ortam teknolojilerinin tasarımcıların algı, iletişim ve etkileşimleri üzerindeki etkilerine değinen çalışmaların zaman aşımına uğradığını belirtmektedir. Sanal dünyaların gerçek dünyayı taklit ettiğini, ancak fiziksel kısıtlamaları kaldırarak yaratıcılığı kuvvetlendirerek tasarım için daha uygun bir ortam sunduklarını ifade etmekte, bu sanal dünyalardan "Second Life"ın oyun mekaniklerinden bağımsız olması, modelleme imkanları sunması ve yeterli grafik kaliteye sahip olması sebebiyle tasarım için uygun olduğunu belirtmektedir. Çalışma kapsamında "Unity" oyun motoru ile bir mobil artırılmış gerçeklik yazılımı geliştirilip, masa etrafında kâğıt ve kalem, internet üzerinden işbirlikli dijital eskiz (Groupboard) ve bir çoklu-kullanıcı sanal ortam yazılımına (Second Life) karşı test edilmiştir. Yapılan testler protokol analizi yöntemi ile değerlendirilmiş olup, iki boyutlu ortamların davranışsal ve işlevsel, üç boyutlu ortamların ise strüktürel tasarım kriterleri üzerine tartışmaları tetiklediği ortaya çıkmıştır. Üç boyutlu ortamlarda gözlemlenen bir diğer davranış ise sürenin üretim ve düzenleme odaklı kullanılmasıdır. Kullanılan teknolojiden bağımsız olarak, aynı fiziksel ortamda bulunmanın ise kolektif çalışmayı, uzaktan işbirliğinin ise bireysel çalışmayı tetiklediği değerlendirilmiştir. Sanal dünya kullanımının bu durumu tetiklemesinin sebebinin bu ortamlarda bireylerin kendi kamera perspektiflerine sahip olmaları ve bağımsız hareket edebilmeleri olarak açıklanmaktadır. Çalışmanın önemli çıktılarında bir diğeri ise, yapılan eylemlerin gözlenebilmesinin sanal ortamlarda gerçekleştirilen tasarım sürecindeki etkisidir. Sanal ortamlarda gerçek-zamanlı iletilmeyen tasarım eylemleri iletişim problemlerine sebep olmaktadır. Gerçek-zamanlı eylem farkındalığı olmayan uzaktan işbirliği durumlarında, planlamanın önden yapılması ve iş bölümü yapılması gerekmektedir. Kişilerin aynı perspektife sahip olduğu, "sen ne görüyorsan ben de aynıyı görüyorum" durumunda ise planlamanın daha başarılı yapılabildiği kaydedilmiştir.

Bartosh ve Philip (2019), yaptıkları araştırmada VR teknolojilerinin mimarlık eğitiminde bir araç olarak kullanımının potansiyellerini incelemektedir. Araştırmanın odağı VR teknolojilerinin erken tasarım aşamasında, bilgi görselleştirme, dinamik etkileşim, etkileşimli öğrenme ve iletişim amaçlı kullanılmasıdır. Mimarlıkta dijital teknoloji kullanımının sonraki adımının VR teknolojileri olduğunu savunan Bartosh ve Philip, bu teknolojilerinin avantajlarını eşzamanlı mevcudiyet, gerçek-zamanlı modelleme, üç boyutlu veri görselleştirmesi ve ortam içinde tasarım araçlarının kullanımı olarak özetler. VR teknolojilerinin mimarlık alanında henüz yaygınlaşmamış olmasını mimarlar arasında programlama bilgisinin kısıtlı olması ile bağdaştırmaktadırlar, ancak uygun fiyatlı VR donanımlarının üretilmesi ile tasarımcıların bu teknolojilere tekrar itibar ettiğini ifade etmektedirler. VR teknolojilerinin genellikle tasarımın son aşamalarında kullanıldığından ve CAD modellerinin VR ortamlarına aktarılmasındaki güçlüklerden bahseden Bartosh ve Philip, bu zorluklara rağmen getirdiklikleri sarmalanma ve çeşitli etkileşim özellikleri ile tasarım aşamasında da faydalı olabileceklerini belirtmektedirler. Programlanabilen etkileşim özellikleri sayesinde, VR teknolojilerinin yalnızca temsil araçları değil, tasarım ve analiz araçları olabileceklerini ifade etmektedirler, ancak tasarımın CAD ortamında modellenip VR ortamına aktarılmasının VR araçlarının öğrenme eğrisini hafiflettiğine de değinmektedirler. Mevcut VR yazılımlarının kısıtlılığından ve kullanıcı deneyiminin aracın kabiliyetleri doğrultusunda yönlendirildiğinden bahsetmekte, bu kısıtların oyun motorlarının kullanımı ile aşılabileceğini vurgulamaktadırlar. Oyun motorları ile geliştirilen VR yazılımlarında gerekli etkileşimlerin programlanabileceğini ifade etmektedirler, bu kapsamda "Unity" oyun motoru ile çeşitli denemeler yapmışlardır. Akustik, gün ışığı, havalandırma gibi çevresel verilerin simülasyonlarını üç boyutlu ortamda görselleştirmiş, çeşitli etkileşimler programlamışlardır. Yapılan deneyler sonucunda, oyun motoru kullanımının tasarımın deneyimsel özelliklerini öne çıkarttığı, katılımcıların oyun motorunun imkanları dahilinde olan sesli komut yerine görsel arayüzü tercih ettiği, VR ortamının tasarım aracı olarak kullanılmasının konvansiyonel varsayımların ötesinde tasarım yapmalarına olanak sağladığını ifade etmektedirler.

**Oyun Motoru Tabanlı Sanal Ortamların Mimari Tasarım Stüdyolarında Kullanım Olanaklarının Araştırılması** | Yazar, Tuğrul; Üneşi, Oğulcan Pienaru (2018), kentsel tasarım alanında büyük veri kullanımına yönelik oyun mekaniklerinin ve oyun teknolojilerinin kullanımının olanaklarını araştırmıştır. Erişime açık olan ancak ana akım kullanıcı tarafından kullanılamayacak nitelikte olan kentsel verilerin (büyük veri) bir oyun kurgusunda kullanılabilmesinin kentsel tasarıma fayda sağlayabileceğini ifade eden Pienaru, bu veriyi kullanabilmek için iki farklı grup katılımcı ile iki farklı oyun geliştirmiştir. Araştırma kapsamında geliştirilen oyunlardan biri "Processing" görsel programlama arayüzü, diğeri ise Unity oyun motoru ile üretilmiştir. Pienaru, oyunların tasarım kararlarını güvenli bir şekilde simüle edebilecek ortamlar olduğunu, oyun mekaniklerinin başa çıkılmayan miktarda verinin kullanılabilmesine olanak sağladığını ifade etmektedir.

Nandavar vd. (2018), yürüttükleri çalışmada BIM yazılımları ile VR ortamı arasında, çift yönlü, yazılım ve donanımdan bağımsız, açık-kaynak bir iş akışı prototipi önermişlerdir. VR araçlarının görselleştirmenin ötesinde, iş birliği ve iletişimi güçlendirecek araçlar olduklarını savunan Nandavar vd., araştırmaları kapsamında, yapılmış çeşitli iş akışı modeli çalışmalarını ve piyasadaki güncel yazılımları incelemiş, bu modellerin eksikliklerini detaylı bir şekilde açıklamışlardır. Yaptıkları araştırma sonucunda BIM modellerinin üst verisini saklayabilen IFC formatından ve Unity oyun motorundan faydalanarak bir iş akışı önerisi sunmuşlardır. Geliştirdikleri prototipte, Unity ortamında BIM objelerini manipüle edip, değişiklikleri BIM ortamına aktarabilmek için kullandıkları çift yönlü veri akışını sağlayabilmek adına, Unity yazılımı içerisinde çeşitli veri derleyici kod modülleri kullanmışlardır. BIM alanında veri görselleştirmenin önemini ifade eden yazarlar, VR teknolojilerinin bu konuda sağladığı çeşitli imkanlara değinmişlerdir. Oyun motorlarının grafik ve performans optimizasyonları ve etkileşimi mümkün kıldığını ifade etmiş, geliştirdikleri prototipte insan ölçeğinde gezinme, mesafe ve alan ölçme, öge sorgulama, dönüştürme ve silme, görsel işaretleme, ekran görüntüsü alma ve sesli mesaj bırakma gibi özellikler kullanmışlardır. VR teknolojilerinin 1:1 ölçekte temsil ve mevcudiyet imkanı sunarak sağladığı sarmalanma etkisinin uzaktan çalışmayı kuvvetlendirdiğini, çok sayıda uzman gerektiren büyük ölçekli projelerde efor, zaman ve kaynak kullanımı bakımından verimli olduğunu ifade etmektedirler. VR kullanımının iletişimi kuvvetlendirdiğini ve kullanıcı deneyimini iyileştirdiğini ifade eden araştırmacılar, ileriye dönük çalışmalarında oyun motorlarının getirdiği çoklu-kullanıcı potansiyellerini de araştıracaklarını ifade etmişlerdir.

Sorguç vd. (2017), VR teknolojilerinin mimarlık eğitiminde kullanım potansiyellerini araştırmışlardır. Araştırma, Ortadoğu Teknik Üniversitesi'ndeki "Dijital Tasarım Stüdyosu" dersleri kapsamında ilerletilmiştir. VR ve ilgili teknolojilerin gerçek dünyayı taklit etmekten öte, kendi gerçekliğini oluşturabileceğini ifade eden araştırmacılar, VR'ın yeni bir mekan ve deneyim ortamı olduğunu savunarak çalışmalarını bu çerçevede yürütmüşlerdir. Sorguç vd. göre, VR deneyimleri başta görsel, işitsel ve kinestetik olmak üzere, en az üç çeşit öğrenme yöntemini tetiklemektedir. Gelişmekte olan teknolojiler bağlamında tasarım stüdyolarının sorgulanması gerektiğini bildiren araştırmacılar, bu yönde yürütülen mimarlıkta hesaplamalı tasarım içerikli derslerin zorlaştığına değinmektedir. Bu gibi senaryolarda, bir yandan tasarım öğretilirken bir yandan da ilgili teknolojilerin kullanımının öğretilmesi gerektiğini ifade eden araştırmacılar, kullanılan ortam ve araçların sınır ve potansiyellerinin de farkına varılıp, bu sınırların zorlanması gerektiğini de savunmaktadırlar.

Moleta (2017), yürüttüğü mimari tasarım stüdyolarında, mimari görselleştirmede dinamik çevre simülasyonunun potansiyellerini araştırmıştır. Sanal ortamlarda üretilen sanal mekanların dinamik çevre unsurları ile desteklenmesine odaklanan Moleta, bu tip etkileşimlerin kullanıcı deneyimini iyileştireceğini ve sanal ortamın sarmalama potansiyelini güçlendireceğini savunmaktadır. Mimari görselleştirme kapsamında üretilen VR ortamlarının detay seviyesinin artmasının, kullanıcıların yapılardan çok çevreyi gezmeye odaklanmasına sebep olduğunu gözlemlemiştir. Detaylı ve büyük sanal ortamlarda kullanıcılar her şeyi görene kadar gezinmekte, her şeyi gördüklerinde veya sanal ortamın sınırlarına ulaştıklarında "oyun" bitmiş gibi hissetmektedirler. Foto gerçekçi sanal ortamların günümüz teknolojileri ile mümkün olduğunu, ancak yapıların dinamik çevre koşulları ile ilişkisinin anlaşılmasına olanak sağlamadığını ifade etmektedir. Araştırma kapsamında geliştirdiği yazılım ile öncelikle çevresel koşulları kullanıcı kontrolüne bırakan Moleta, daha sonra oyun motorlarının bu dinamik etkileşimi sağlayabilmelerinin faydalı olduğunu ancak bu etkileşimin gerçek-zamanlı veri tarafından kontrol edilmesinin daha ilginç olduğu yorumunda bulunmuştur. Bunun üzerine, "Yahoo Weather" ve "WUnderground" platformlarından aldığı gerçek-zamanlı iklim verisini mimari görselleştirmede kullanmıştır. Gerçek-zamanlı veri ile yapılan mimari görselleştirme sayesinde, oyun motorlarının desteklediği hareket etme eyleminin aksine, katılımcıların değişken çevre koşullarını bir noktada durarak izlediklerini, hatta farklı günlerde ve günün farklı saatlerinde tekrar girerek kontrol ettiklerini belirtmiştir.

Black ve Forwood (2017), yaptıkları çalışmada oyun motorlarının mühendislik simülasyonlarında kullanım potansiyellerini açıklamaktadır. Karmaşık strüktür analizlerinin oyun motoru platformunda etkileşimli bir biçimde

**Oyun Motoru Tabanlı Sanal Ortamların Mimari Tasarım Stüdyolarında Kullanım Olanaklarının Araştırılması** | Yazar, Tuğrul; Üneşi, Oğulcan  
görselleştirilmesine odaklanan çalışmada, gerçek-zamanlı veri görselleştirmesinin getirdiği iletişim olanakları vurgulanmaktadır. Yaptıkları çalışmada, hareketli bir cephe tasarımının hareket esnasındaki strüktür analizlerini görselleştirebilmek amacıyla, gerçek-zamanlı görselleştirme imkanı sunan Unity oyun motoru kullanılmıştır. Hareketli cepheler gibi karmaşık strüktürel davranışların statik hesaplama yöntemleriyle analiz edilemeyeceğini ifade eden Black ve Forwood, bu gibi durumların geleneksel yöntemler ile yoğun ve tekrarlı bir süreç gerektirdiğini belirtmektedir. Mühendislik hesaplamalarında oyun motoru kullanmanın gerçek-zamanlı veri görselleştirmesine olanak sağladığını, geliştirilen yazılımın herhangi bir ek yazılım veya programlama bilgisi gerektirmeden kullanılabileceği derlenmiş .EXE, hatta web tabanlı WebGL formatında dağıtılabilirliği ifade edilmiştir.

Moleta (2016), yürütmekte olduğu dijital tasarım atölyelerinde gerçek-zamanlı sanal ortamların kullanımı araştırmakta ve ders kapsamında yapılan çalışmaları bildirmektedir. Oyun mekaniklerinin sanal ortama katılması ile bu ortamların görselleştirmenin ötesinde kullanılabilirliğini ifade etmektedir. Oyun motorlarının bir süredir mimarlık öğrencileri tarafından kullanıldığını, ancak bunun görselleştirme amacıyla kullanım ile sınırlı kaldığını ifade eden Moleta, bu durumun oyun motorlarının kullanım zorluklarından kaynaklandığını, bu sebeple yalnızca tasarımın son aşamasında kullanıldıklarını dile getirmektedir. Oyun motoru platformlarının tasarım stüdyolarında kullanılması ile tasarımın fikir aşamasında da kullanılabilirliklerini ifade etmekte, oyun mekaniklerinin öğrencilerin tasarım stüdyolarında aktif katılımına katkıda bulunacağını belirtmektedir. Simülasyon ve ölçekli modellerin mevcudiyet hissini tam anlamıyla sağlayamayacağını belirtmekle beraber, oyun motorlarının tasarımın deneysel boyutlarını da ifade etmekte kullanılabilirliğini söylemektedir. Bu bağlamda oyun motoru teknolojilerinin tasarlama ve inşa etme süreçleri arasındaki boşluğu, tasarımın inşa edilmeden deneyimlenmesini mümkün kılarak doldurabileceğini ifade etmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda, öğrencilerin birinci şahıs perspektif kullanımı ve gezinme olanakları sayesinde insan ölçeğini, boyut ve uzaklıkları daha iyi anlayabildikleri ifade edilmektedir. Oyun mekanikleri vasıtasıyla deneyim tasarlıyor olmanın da öğrenciler üzerinde çeşitli davranışsal etkileri olduğu gözlenmiştir. Mimari tasarım stüdyolarında, tasarımları konusunda koruyucu davranışlar sergileyip başkalarından gizleme yöneliminde olan öğrencilerde bile, bu ders kapsamında ürettikleri projelerini paylaşma, geri bildirim alma ve projelerini geri bildirimler doğrultusunda geliştirme yönelimi gözlenmiştir. Bu gözlemler sonucunda öğrencilerin, tasarımlarının nihai amaçlarının kendilerinden başka kişilerin kullanımı olduğunu algıladıkları ve stüdyo ortamında daha aktif oldukları gözlenmiştir. Moleta, oyun motoru teknolojilerinin tasarım stüdyolarında kullanılmasının öğrencileri daha kullanıcı odaklı düşünmeye teşvik ettiğini ve tasarımlarını dışından gözlemlemektense içinden deneyimlemeyi mümkün kıldığını ifade etmektedir.

Du vd. (2016), AEC (*Architecture, Engineering and Construction* - Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat) endüstrisinde çoklu-kullanıcı VR ortamlarının eksikliğine dikkat çekmekte, bu alanda kullanılabilir bir yazılımı Unity oyun motoru yardımıyla geliştirip test etmektedir. İletişim ve işbirliği üzerine odaklanan çalışma, çoklu-kullanıcı bir VR ortamının inşaatın erken aşamalarında, tarafların proje plan ve programlamasını destekleyebileceğini ifade etmektedir. Etkileşimli gezinme, işaretleme ve sesli iletişim araçları içeren oyun motoru tabanlı yazılım, BIM modellerinin düzenlenerek oyun motoru platformuna aktarılması ve model bazında yazılımın derlenmesi yöntemi ile üretilmiştir. Araştırmacılar, BIM destekli, oyun motoru tabanlı yazılımların acil tahliye simülasyonları yapabilme olasılığına da değinmişlerdir.

Valls vd. (2016) mimari tasarım stüdyolarında oyun motorları kullanımına dair deneyimlerini aktarmaktadır. Yaptıkları çalışmalar, oyun motorlarının simülasyon ve oyunlaştırma (birinci şahıs bakış açısı) imkanlarının mimarlık alanındaki potansiyelleri üzerine odaklanmaktadır. Mimarlık ve bilgisayar oyunlarının ilişkili olduklarını ifade eden Valls vd., bu ilişkinin mimari öğelerin bölüm tasarımlarına arka plan oluşturmaları ile başlayıp, daha sonrasında şehir kurma oyunları ile merkeze de alındığını söylemektedir. Şehir kurma oyunlarında kullanılan etmen-tabanlı simülasyonların şehir planlama araçları olarak kullanılabilirliğini ifade etmekte, jeo-uzamsal veriler ile oluşturulan sanal mekanların halihazırda coğrafi analizlerde kullanılmakta olduğunu belirtmektedirler. Oyun motorları ile geliştirilen gerçekçi çevre simülasyonlarının peyzaj mimarlığı alanında, işbirlikli tasarımda karar verme araçları olarak kullanıldığını da değinmektedirler. CAD yazılımlarının ortaya çıkışı gibi yeniliklerin mimarinin formunu etkilediğinden bahsetmekte, çevrel simülasyonlarının da benzer şekilde etkileri olabileceğini ifade etmektedirler. Temel düzeyde kullanımında programlama bilgisine daha az ihtiyaç duyulduğu için Unreal Engine oyun motorunu kullanmayı tercih eden araştırmacılar, sonraki çalışmalarında Unity oyun motoruna geçebileceklerini belirtmişlerdir. Bu tip yazılımların geliştirme aşamasında, kullanıcıların gereksinimlerini karşılayabilmek ve gereksiz geliştirmelerden kaçınabilmek için geri bildirim döngüsünün kısa tutulması gerektiğini belirtmektedirler. Yaptıkları çalışmalarda, mimari yazılımlarda genellikle kullanılan döndürme ve kaydırma kontrolleri yerine birinci şahıs perspektif ve gezinme kullanımının mekanın



**Oyun Motoru Tabanlı Sanal Ortamların Mimari Tasarım Stüdyolarında Kullanım Olanaklarının Araştırılması** | Yazar, Tuğrul; Üneşi, Oğulcan içinde olma hissini ve insan ölçeği algısını kuvvetlendirdiğini belirtmişlerdir. Oyun teknolojileri yardımıyla kullanıcıların gezinme ve bakınmalarına ait kullanım verilerinin toplanabileceğini belirtmiş, ileri araştırmalarında uygulamayı planladıklarını ifade etmişlerdir.

Yan ve Liu (2007), sürdürülebilirlik ve tasarım performansı simülasyonları sunan, mimari tasarım pratiği ve eğitiminde kullanılabilir, oyunsallaştırılmış mimari bir yazılım geliştirme araştırması yürütmüşlerdir. Yapı bilgi modelleme yazılımı olan Revit ile Microsoft XNA oyun motoru arasında bağlantı kuran çalışma, çeşitli kullanıcı profillerinin kullanım simülasyonları, kaynak yönetimi, yapı malzemesine dayalı performans analizleri ve bütçe yönetimi gibi alanlara odaklanmaktadır. Kullanılan yazılımlar ve yazılım sürümleri güncelliklerini yitirmiş olmalarına karşın, Dijkstra'nın en kısa yol algoritması gibi hesaplama yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilen etmen-tabanlı tasarım ve analiz araçları ile çalışmada kullanılan çeşitli yöntemler güncelliğini korumaktadır.

Yukarıda seçilen örnekleri özetlenen literatürün genelinde; başka amaçlar için geliştirilmiş çeşitli yazılımlardan faydalanılmış, çalışmaların kapsamına bağlı olarak mevcut yazılımlara eklentiler geliştirilmiş veya oyun motorları gibi çeşitli platformlarda yazılım prototipleri üretilmiştir. Kullanılan teknolojiler yaklaşım biçimleri farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar konu başlıkları olarak kategorize edildiğinde aşağıdaki liste elde edilmiştir:

- Mevcut sanal ortam yazılımlarının mimarlık alanında kullanımı
- Mimarlık alanında yaygın olarak kullanılan veri tiplerinin oyun motorlarına aktarımı
- Oyun motoruna aktarılan mimari modellerin etkileşim ve görselleştirme olanaklarının araştırılması
- Oyun motorlarının çeşitli etkileşim imkanlarının mimarlık eğitiminde kullanımı
- Oyun motorlarının hesaplama, analiz ve simülasyon araçları olarak kullanımı
- Oyun motorları aracılığıyla sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik araçlarının mimarlık alanında kullanımı
- İşbirlikli tasarım araçları olarak çoklu-kullanıcı sanal ortamların kullanımı ve oyun motorları yardımı ile geliştirilmesi

Mevcut yazılımlarda çeşitli hesaplama, simülasyon, etkileşim ve analiz yöntemlerindeki kısıtlılık veya eksikliklerin ve çoklu-kullanıcı özelliklerinin olmaması bu yazılımlara eklenti paketleri geliştirilerek bu özelliklerin eklenmesinin mümkün olmadığı durumlarda, oyun motorlarının kullanım kolaylığından faydalanarak, bu platformlar üzerinde geliştirme yoluna gidilmesi yaklaşımı yaygındır.

### 3. Çevrimiçi Mimari Tasarım Stüdyoları

#### 3.1. Görüşme I (29.6.2021)

Bu görüşmenin amacı, araştırma için gönüllü olan öğretim üyelerinden 2020-2021 eğitim öğretim yılında yürütülen zorunlu uzaktan erişimli stüdyo deneyimleri ile ilgili ilk geri bildirimleri almaktır. Mimarlık Fakültesinden dört sınıfı temsil eden toplam 6 öğretim üyesinin katıldığı görüşme yaklaşık 1,5 saat sürmüştür. Bu görüşme sırasında yapılan değerlendirmeler aşağıdaki konu başlıklarını içermiştir. Bu araştırmanın kapsamı içerisinde özellikle odaklanılan kavramlar kalın harflerle işaretlenmiştir:

- Ekran başında çalışan öğrencilerin bazılarında **ölçek algısının** doğru oluşmadığı gözlemlendi. Bununla ilişkili olarak, öğrencilerin geçmişe göre daha büyük ölçekli projeler yapma eğiliminde oldukları görüldü.
- Mimarlık stüdyosunun kimliğini oluşturan, **bir mekanda buluşma ve tartışma kültürü** oluşmamış oldu.
- Ders dışı aktivitelerin ve sosyalleşmenin eksikliği, öğrencilerin **birbirlerinden öğrenememelerinin getirdiği zorluklar** gözlemlendi.
- Öğrencilerle iletişimin değişmesiyle onlara ulaşma sorunları başladı. **Jestlerin** ve **mimiklerin** olmadığı bir ortamda umulmadık zorluklara yol açtı.
- Çevrimiçi stüdyo yazılımlarında kamerayı açmanın **bir arada olma hissini** az da olsa sağladığı, kameranın kapatıldığı durumda **görsel ilişkinin** ve **orada olma hissini** tamamen kaybedildiği gözlemlendi.
- Öğrencilerin proje alanlarını ikincil kaynaklar üzerinden tanımaya çalışmaları söz konusu oldu. Bu onların **ölçek algısıyla ilgili farkındalıklarına** zarar verdi.
- Çevrimiçi sunumlar ekran tabanlı bir sunum yaklaşımını ve formatını zorunlu kılmıştır. Bu format genellikle, doğal olarak, istisnalar haricinde geleneksel yüzyüze jüri ve tartışma kültürünün bir benzetimi olmuştur. Fakat geleneksel jüri formatındaki posterlerin **eşzamanlı** olarak bir bütün halinde incelenebilmesine kıyasla, ekran

tabanlı formatın sıralı bir sunumu zorunlu kılmasının getirdiği sorunlar konuşuldu. Miro gibi sunum arayüzlerinin yeterli ilgiyi görmediği görüşüne ulaşıldı.

- Stüdyo sürecinde birikimle ilgili sorunlar ifade edildi. Dijital sunumlarda her hafta **sıfırdan başlama hissi**, yorumları biriktiremememe sorunları gözlemlendi.
- Bu süreç, stüdyolarda bu yeni duruma **adaptasyon ve yaklaşım farklılıklarının** belirginleşmesine neden oldu.
- Öğrencilerin **dijital modelleme** konusundaki teknik becerilerini geliştirmek durumunda kaldıkları ifade edildi. Dijital ortamın bazı öğrencilerin çalışma yöntemlerine daha uygun olması, o öğrencilerin zorluk yaşamamalarına, hatta daha başarılı olmalarına neden olabildiği gözlemlendi.
- Bu dönemde **stüdyolar arası iletişim**in de ayrı bir düzlemde tartışılması gerektiği görüldü.
- Araştırma projesinin konusu ve amacının önemsendiği ve bu tür çalışmaların artık daha da gerekli olduğu ifade edildi.

### 3.2. Görüşme II (7.7.2021)

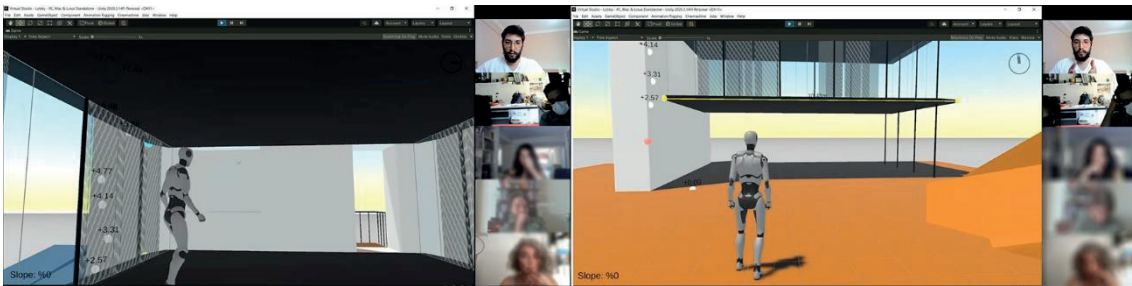
İkinci odak grup görüşmesi farklı sınıflardan toplam 5 gönüllü öğrenci ile yapılmış, 2,5 saat sürmüştür. Görüşme, genel olarak öğrencilerin süreçte yaşadıkları zorluklar ve fırsatlar üzerinden ilerlemiş ve bu araştırma açısından anlamlı olduğu düşünülen aşağıdaki iki geri bildirimle sonuçlanmıştır:

- Uzaktan stüdyo eğitiminde **üç boyutlu modellemenin** tasarım ve sunum süreçlerindeki potansiyel etkisinin ve öneminin arttığı gözlemlenmiştir.
- Öğrenciler çevrimiçi dönemdeki **konsantrasyon sorunlarından** ve **stüdyoda bir arada çalışmanın olmamasının getirdiği eksiklikten** bahsetmiştir. Öğrencilerin kamera açmadıkları durumda derse konsantre olamadıkları ifade edilmiştir.

### 3.3. Görüşme III (17.9.2021)

Stüdyo yürütücüleri ile yapılan ikinci görüşmenin amacı, birinci görüşmeden elde edilen geri bildirimlerin yeniden değerlendirilmesi ve geliştirilmekte olan bir yazılımının ilk gösteriminin yapılmasıdır (**Şekil 1**). Görüşme 1 saat 10 dakika sürmüştür ve 4 öğretim üyesi katılmıştır. Katılan öğretim üyelerinin ikisi yeni, ikisi birinci görüşmeye de katılmış öğretim üyeleridir. Projeye ilgili ön bilgilendirmenin ardından Oğulcan Üneşi tarafından Unity oyun motoru ile geliştirilmekte olan *Online Virtual Studio (OVS)* yazılımının erken bir sürümü tanıtılmıştır. Bu yazılım, stüdyo sunumlarını çoklu kullanıcı bir sanal ortama taşımaya hedeflenmektedir, bunun için CAD yazılımlarından dışarı aktarılan modellerin yüklendiği bir üç boyutlu ortam açmaktadır. Dolayısıyla tasarım değil sunum hedeflidir. Bu görüşmede öğretim üyelerinden gelen geri bildirimler aşağıda özetlenmiştir:

- Sadece modelin içerisinde **kaçışlı perspektif projeksiyonu** ile görüntü almanın ötesinde, mimarlık stüdyolarında özellikle ihtiyaç duyulan **paralel projeksiyonların** önemi vurgulandı. Bunun OVS'deki karşılıklarından bir tanesinin bir anahtar plan (dijital oyun terminolojisindeki karşılığı: **mini map**) olabileceği konuşuldu.
- Tasarımın sanal ortamda sunulmasının ötesinde **analiz** edilmesinin çok öğretici olabileceği ifade edildi. Fakat akustik performans gibi gelişmiş analizlerin profesyonel yazılımlarla yarışması zor olacağı için stüdyo ortamında **genel bilgilendirme seviyesindeki analizlerin** ötesinin ilk aşamada amaçlanacağı ifade edildi.
- OVS her ne kadar sunum amaçlı düşünülse de tasarımın modifiye edilmesi, önerilerin konuşulması ve tartışılması konusundaki potansiyelleri vurgulandı. Üç boyutlu modelleme olmasa bile, **not alma** ve **eskiz yapma** gibi araçların stüdyodaki iletişim açısından önemi ifade edildi.

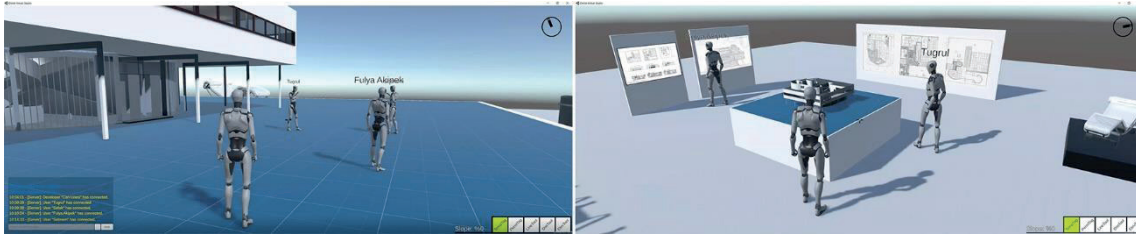


**Şekil 1:** Üçüncü görüşme. Henüz sadece çevrimdışı olarak çalıştırılabilen OVS'nin Zoom üzerinden ekran paylaşılarak gösterimi (Görseller yazarlara aittir).

### 3.4. Görüşme IV (3.3.2022)

Stüdyo yürütücüleri ile yapılan bu üçüncü görüşmenin amacı, uzaktan çoklu kullanıcının aynı anda erişebildiği OVS'nin öğretim üyeleri tarafından bire bir deneyimlenmesidir. OVS seansı 1,5 saat sürmüştür ve 3 öğretim üyesi aktif olarak, 2 öğretim üyesi de pasif izleyici ve yorumcu olarak katılmıştır. Bu deneyin diğerlerinden farkı, ilk defa sanal stüdyo ortamının sadece bir dijital modelin içerisindeki etkileşimden ibaret olmayıp, farklı ölçekler, sunum teknikleri ve etkileşim biçimlerini içinde barındırabilecek ayrı bir **stüdyo tasarımı problemine** dönüştüğünün anlaşılmasıdır. Öğretim üyeleriyle yapılan deneme kullanımı ve sonrasında tartışmalar, her stüdyonun farklı aşamalarında farklı ihtiyaçları olduğu düşüncesi üzerinden ilerlemiştir. Dolayısıyla sanal ortamın bu ihtiyaçlara yönelik olarak yeniden yorumlanabileceği anlaşılmıştır.

Kullanılan sanal test stüdyosu, Le Corbusier'in Villa Savoye'unun üç boyutlu modeli, projenin çizimlerinden oluşan paftaların sergilendiği sanal panolar ve panoların etrafına yerleştirilmiş, mimarın bazı mobilyalarının modellerinden oluşmuştur. Bu örnek stüdyo kurgusuna göre, kullanıcılar ortadaki maketin üzerine bastıklarında avaturları **ölçek değiştirerek** maketin içerisinde gezebilecekleri bir boyuta küçülmektedirler (**Şekil 2-sağ**). Masanın dışına atladıkları zaman da ölçek değiştirerek büyümekte ve panolara, mobilyalara uygun ölçeğe çıkmaktadırlar (**Şekil 2-sol**). Dijital oyun tasarımı teknolojileri için sıradan, fakat görüşmeye katılan öğretim üyeleri için yeni olan bu en basit **deneyim tasarımının** mimari stüdyolarda hem yürütücüler hem de öğrenciler için açabileceği potansiyeller tartışılmıştır. Geçmişte uzaktan eğitimdeki sıralı dijital sunumun yerini daha bütüncül, serbest, fakat kurgulanmış bir etkileşime bırakabileceği anlaşılmaktadır. Sanal ortamın zaman ve mekandan bağımsız olarak proje aşamalarını sunucu üzerinde tutabileceği, kaybolma ve sıfırdan başlama hissini azaltabileceği değerlendirilmiştir. OVS ortamın mümkün olduğunca "oyun ortamı" görüntüsünden çıkıp "mimarileşmesi" gerektiği konuşulmuştur. Bu nedenle geliştirilebilecek **araç setlerinden** bahsedilmiştir. Bu araç setlerinin bir bölümü bu metnin Sonuç bölümünde listelenerek açıklanmıştır. Yazılımın sadece stüdyolarda değil, doğru kurgulandığında diğer derslerde de faydalı olabileceği konuşulmuştur. Fakat bu konu, bu araştırmanın kapsamı dışındadır.



**Şekil 2:** Dördüncü görüşme. OVS yazılımının ilk uzaktan erişimli denemesinin stüdyo yürütücüleriyle beraber gerçekleştirilmesi. (Görseller yazarlara aittir).

## 4. Sonuçlar

Geleneksel mimari tasarım stüdyoları, tasarımın görsel, düşünsel özellikleri, temsil ortamlarının taşıması gereken nitelikler ve hesaplamalı teknolojilerin sunduğu tasarım ve analiz olanakları göz önüne alındığında, herhangi bir uzaktan erişim platformunun taşıdığı standart araç seti ile yürütülmesi zor olan veya mümkün olmayan niteliklere sahiptir. Benzer şekilde; uzaktan erişimli dijital mimari tasarım stüdyoları da, tasarımın görsel, düşünsel özellikleri, temsil ortamlarının taşıması gereken nitelikler, ve hesaplamalı teknolojilerin kullanım olanakları göz önüne alındığında, herhangi bir yüzyüze yöntemin standart pedagojik çerçevesi içerisinde yürütülmesi zor olan veya mümkün olmayan niteliklere sahiptir. Aşağıda, yapılan literatür araştırması, görüşmeler ve oyun teknolojilerindeki standart bazı tekniklerin beraber değerlendirilmesi ile elde edilen ilk işlevler açıklanmıştır. Bu işlevler 6 grup altında incelenecektir:

### 4.1. Karakter

**Avatar:** Kullanıcıların sanal ortamı insan ölçülerinde göreceli olarak algılayabilmeleri ve bu ortam içerisinde birbirlerinden haberdar bir şekilde hareket edebilmelerini ve birbirleriyle etkileşime geçebilmelerini sağlamak amacıyla insan ölçülerinde, insan formunda avaturlar kullanılabilir. Bu sebeple kurulacak sanal ortamda kullanıcıların temsilini avaturların sağlaması gerektiği öngörülmüştür. Kullanıcıların avaturla temsil edilecek olmaları ve avatar ölçülerini perspektiflerinin içinde tutabilmeleri kontrol şemasının da birinci ve/veya üçüncü şahıs karakter kontrol şeması şeklinde olmasını gerekli kılar. Avaturların hareket veya etkileşimlerine dair animasyonlarının gerçekleştirilebilmesi için "rigging" işleminden geçirilmesi gerekmektedir. Kullanıcıların aynı ortamda birbirlerinden ayrışabilme ve tanınabilmesi

Oyun Motoru Tabanlı Sanal Ortamların Mimari Tasarım Stüdyolarında Kullanım Olanaklarının Araştırılması | Yazar, Tuğrul; Üneşi, Oğulcan  
için farklı avatarların mevcut olması ve/veya avatarların görünüşlerinin özelleştirebilmeleri önemlidir. Aynı görünen ve birbirinden ayıramayan avatarların iletişimde ve farkındalıkta sorun yaratacağı öngörülmüştür.

**Temel hareketler:** İnsan ölçeğinde perspektif odaklı avatar kullanımından kaynaklı, seçilebilecek insan-bilgisayar etkileşim girdileri ve kontrol şemaları kısıtlıdır. Fare yardımıyla işaretleyerek gezinme mümkün olsa da, perspektiften ötürü zorluklara yol açabileceği öngörülerek birinci ve üçüncü şahıs perspektif içeren çoğu oyun ve görselleştirme yazılımında kullanılan klavye kontrol şemasının kullanılması önerilmiştir. Hareketin hızlandırılması için koşma, zıplama ve hayalet uçuş modu gerekli görülmüştür. Hayalet uçuş modu, ortamdaki çarpışma hesaplamalarından muaf olma, duvarlardan geçebilme özelliğini ve projeyi yürüme hızı dışındaki perspektiflerden algılayabilmek için gerekli görülmüştür.

**Çarpışma:** Sanal ortamda, fiziksel ortamdakine benzer şekilde gezinebilmenin mümkün olması için çarpışma (*collision*) önemli bir işlemdir. Oyun motorlarında bu özellik "*collider*" hesaplamaları ile sağlanır. Bir avatarın sanal ortamdaki zemine basabilmesini sağlayan ve diğer cisimlerin içinden geçmesini engelleyen özelliktir. Çarpışma hesaplamalarının, tasarım ergonomisi, açıklık boyutları ve sirkülasyonda karşılaşma konularında oldukça önemli bir rol oynayacağı öngörülmüştür.

**Bakma:** Kullanıcıların iletişimlerini kuvvetlendirmek ve birbirlerine olan farkındalığını arttırmak amacıyla, kullanıcıların baktıkları yönün avatarlarının kafa ve vücut hareketlerine de yansımaları gerekmektedir. Ters kinematik (*Inverse Kinematics / IK*) olarak bilinen bir teknik yardımıyla bu animasyonlar gerçekleştirilebilir. Aynı teknik yardımıyla parmak ile işaret etme gibi animasyonları da gerçekleştirmek mümkündür.

**Basma:** Bakma gibi, insansı karakterin ayak ve buna bağlı vücut hareketini üzerinde bulunduğu yüzeye bağlı olarak prosedürel bir animasyon yardımıyla daha gerçekçi kılmak mümkündür. Bakma animasyonlarında olduğu gibi basma animasyonları da ters kinematik (IK) yöntemiyle gerçekleştirilebilir.

**Ek animasyonlar:** Kullanıcıların tepkilerini, duygu ve düşüncelerini yansıtabilmelerini sağlamak ve ortamdaki iletişimin etkinliğini arttırmak amacıyla avatlara ek animasyonlar yüklenebilir. El sallama, alkışlama, kafa sallama, oturma, gülme gibi animasyonlar ile iletişime ek bir katman eklenebilir. Bu gibi animasyonlar çoklu-kullanıcı sanal ortamlarda oldukça yaygındır ve "rig"i olan bir insansı karaktere hazır bir animasyon yüklemek mümkündür.

**Boyut manipülasyonu:** Bilgisayar destekli çizim uygulamalarında olduğu gibi oyun motorlarında da çoğu objenin boyutunu değiştirmek mümkündür, bunlara avatarlar da dahildir. Ortamı farklı ölçeklerde algılayabilmek adına avatarların boyutlarının değişebilir olması gerektiği öngörülmüştür. Böylece ortamdaki modeller avatarın o anki boyutuna bağlı olarak, gerçek bir stüdyo ortamındaki ölçekli maketler gibi algılanabilecektir. Avatarların büyüdüğü durumda arazi algısal olarak küçülecek ve maket gibi kalacak, avatarların küçüldüğü durumlarda ise detaylı modellenmiş objelerin ince detaylarını algılayabilmek mümkün olacaktır. Boyut manipülasyonunun avatar üzerinde olması önemlidir, ortama aktarılan objelerin boyutlarını değiştirmek de mümkündür, ancak objelerin boyutunu değiştirmek bu değişimi stüdyodaki herkes için gerçekleştirirken, avatarların boyutlarının değiştirilip objelerin boyutlarını sabit tutmak tüm kullanıcıların aktarılan objeleri kendi istedikleri ölçekte görmelerine olanak sağlar.

#### 4.2. Kamera

**Perspektif:** Ortamı insan ölçülerine göreceli olarak algılayabilmek için avatarın görüldüğü üçüncü şahıs, insan gözünden algılayabilmek için de avatarın gözünden görmeyi mümkün kılan birinci şahıs perspektif olanakları gereklidir.

**Yakınlaştırma:** Perspektif modundan bağımsız olarak ayarlanabilir yakınlaştırma/uzaklaştırma özellikleri, ölçek değiştirmeden bağımsız olarak gerekli görülmüştür. Üçüncü şahıs perspektif modunda bu özellik kullanıcının ortamı daha geniş bir perspektiften algılayabilmesine olanak sağlayacak, birinci şahıs perspektif modunda ise spontane olarak daha yakından görmeyi mümkün kılacaktır. Yakınlaştırmayı ve uzaklaştırmayı sağlamanın kamera programlaması açısından iki yöntemi tespit edilmiştir, bunlardan birincisi kameranın görüş alanının (field of view, FOV) değiştirilmesi ile ekrana sığdırılması ile sağlanabilecek yakınlaştırma yanılması, ikincisi ile doğrudan kameranın kullanıcı avatarına olan mesafesinin değiştirilmesidir.



**Kamera çarpışması:** Objelerin birbirleriyle çarpışmasının hesaplanması gibi, özellikle üçüncü şahıs perspektif modunda kamera pozisyonunun da objelerle çarpışması ve buna bağlı olarak yer değişiminin hesaplanmasının gerekliliği öngörülmüştür. Bu sayede, örnek olarak, kamera yerin altına girdiğinde zemin düzlemi ile çarpışarak düzlemin üzerindeki konumunu korumaya çalışacak, kullanıcının ortamı yerin altından görmesi veya avatarının duvarların arkasında kalması gibi sorunlar ortadan kalkacaktır.

**Paralel projeksiyon:** Perspektif modları gibi, mimari temsilde sıklıkla kullanılan paralel projeksiyon kamera modunun da gerekliliği öngörülmüştür. Ancak avatar kontrol edilen ve WASD kontrol şeması kullanılan bir ortamda paralel projeksiyon ile hareket etmek oldukça zor olacaktır. Bu durumun birinci sebebi paralel projeksiyon yönteminde projeksiyon düzleminin ortam ile görünürde kesişim düzlemi yaratmasıdır. İkincisi ise seçilen avatar ve kamera kontrol şemasının paralel projeksiyon kamera modunda oryantasyon bozukluğuna yol açmasıdır. Bu sorunun önüne geçebilmek için paralel projeksiyon modunun avatar kontrol şemasından bağımsız olarak ek bir etkileşim yardımıyla gerçekleştirilmesinin daha uygun olacağı öngörülmüştür.

**Gözlemci modu:** Seçilen kontrol şemalarını önceden deneyimlemeyen kullanıcıların oryantasyon bozukluğu yaşayabileceği öngörülerek, bilgisayar destekli çizim programlarında sıklıkla kullanılan yörüngesel döndürme ve tutarak öteleme (*orbit & pan*) kontrol şemalarını içeren bir kontrol ve kamera moduna da gereksinim öngörülmüştür. Bu modda mümkün olmayan insan perspektifinden veya avatar arkasından görme modlarının kısıtlı da olsa sağlanabilmesi için ise oyunlarda sıklıkla kullanılan gözlemci modunun gerekliliği öngörülmüştür. Gözlemci modunda kullanıcı, seçtiği başka bir kullanıcının kamerasını takip edebilmektedir.

**Görselleştirme modları:** Oyun motorlarının mimarlıkta kullanılmasının en önemli sebeplerinden biri de gerçek-zamanlı görselleştirme (*rendering*) imkanı sunmalarıdır. Oyun motorlarında, mimari görselleştirmeye potansiyel faydaları olabilecek bir diğer özellik ise bu hesaplamaların çeşitli görselleştirme programlama (*shader programming*) teknikleri ile özelleştirilebilir olmasıdır. Kenar algılama ve vurgulama, kesişim algılama ve kesit oluşturma, çarpışmaya giren yüzeyleri algılama ve şeffaflaştırma, çeşitli x-ray algoritmaları üretilebilecek görselleştirme modlarından yalnızca birkaçıdır.

#### 4.3. Analiz

Literatür taraması, mevcut oyun ve sanal ortam yazılımlarının incelenmesi sonucunda oyun motorlarının yardımı ile yapılabilecek çeşitli analiz yöntemleri tespit edilmiştir. Bunlardan bazıları aşağıda özetlenmiştir:

**Rampa açısı:** Çarpışma hesaplamalarının bir çıktısı çarpışılan objenin tespitidir, bu tespit ile ulaşılabilen objenin yüzey normali öğrenilebilmektedir. Avatarın bastığı noktadaki çarpışma hesaplanarak yüzey normali alınan yüzeyin avatarın uzaydaki dik aksı ile arasındaki açı hesaplanıp basılan yüzeyin rampa açısı hesaplanabilmektedir.

**Basit güneş hareketi:** Oyun motorlarında, sahnenin temel ışık kaynağı olarak belirlenen bir objenin açısı ve pozisyonu ayarlanabilmektedir. Unity oyun motorunda bir ışık kaynağı sahnenin güneşi olarak ayarlanabilmekte, yalnızca 2 eksenindeki dönüş açıları ile gökkube üzerindeki pozisyonu belirlenmektedir. Gerçek-zamanlı görselleştirmenin de katkısıyla güneş açısı değiştiğinde objelerin gölgeleri otomatik olarak hesaplanmaktadır.

**Güneş rotası:** Basit güneş hareketine ek olarak, güneş rotası hesaplama algoritmalarının yardımı ile basit harekette ayarlanabilen açılar, güneşin gerçek konum ve yörünge bilgileri dikkate alınarak hesaplanıp uygulanabilir.

**Aydınlanma ve gölge:** Oyun motorlarında, yüzeye herhangi bir ışık kaynağından düşen ışın sayısı hesaplanabilmektedir. Bu yöntemin yardımıyla iç aydınlatmaların mekanın hangi noktasına ne kadar ışık ulaştırabildiği ve de güneş rotasına bağlı olarak iç ve dış mekan yüzeylerin yıllık gölge ve aydınlanma analizlerine ulaşılabileceği öngörülmüştür.

**İklim:** Çeşitli görselleştirme programlama tekniklerinin ve oyun motorlarında yaygınlıkla kullanılan parçacık efektlerinin yardımıyla ortamda çeşitli iklim simülasyonları yapmak mümkündür. Yağmur yağdırma, kar yağdırma ve kar birikimi, çeşitli objelerin rüzgardan etkilenmeleri gibi yöntemler bunlardan bazılarıdır.

**Pusula:** Avatarın önünü işaret eden vektörün yardımıyla sahnenin kuzeyine bağlı olarak kullanıcıların hangi yöne baktığını hesaplamak mümkündür, modelleme aşamasında bu durumun dikkate alınmadığı, modellerin kuzey yönüne

Oyun Motoru Tabanlı Sanal Ortamların Mimari Tasarım Stüdyolarında Kullanım Olanaklarının Araştırılması | Yazar, Tuğrul; Üneşi, Oğulcan  
bağlı olarak konumlandırılmadığı durumlar olabileceği öngörülerek bu pusula hesabının bir açı düzeltme parametresi olması gerektiği tartışılmıştır.

**Mini-harita:** Oyunlarda kullanıcı oryantasyonunu sağlamak amacıyla kullanılan mini-haritaların gerekliliği öngörülmüştür. Bu sayede kullanıcılar ortamın hangi noktasında olduklarını kontrol edebilme imkanına sahip olacaklardır. Mini-haritada olması gereken özellikler, diğer kullanıcıların konumları, ortamın plan projeksiyonu ve de pusulaya bağlı bir işaretleme veya tüm mini-haritanın pusula yönüne bağlı dönmesi olarak öngörülmüştür.

**Mekan dizimi:** Ortam içerisindeki mekanların zemin düzlemlerinde bağlı olup olmadıkları Unity oyun motorunda kullanıcı-olmayan-karakter (NPC) hareketlerinin hesaplandığı NavMesh gibi modüller ile kontrol edilip hesaplanabilir. Bu hesaplamaların sonucunda hacimlerin bağlantıları listelenerek mekan dizimi (*space syntax*) metriklerine ulaşılabilir.

**Gezen ajanlar:** Mekan dizimi hesaplarında olduğu gibi, en kısa yol algoritmaları ve kurallı rastgelelik programlaması yardımı ile kullanıcı olmayan karakterlerin gezinme simülasyonlarının da yapılabileceği öngörülmüştür. Yalnızca gezinmenin ötesinde, mevcut konumlarından en yakın çıkışa gitmeye çalışan ajanların acil durum kaçış simülasyonlarını da sağlayabileceği öngörülmektedir.

**Yürüme mesafesi:** Mekan dizimi hesaplamalarında olduğu gibi, en kısa yol algoritmaları (A\* ve Dijkstra'nın en kısa yol algoritması gibi) kullanılarak bir noktadan bir noktaya en kısa yol hesaplanarak bu yolun yürüme hızıyla ne sürede aşılabileceği, veya bir noktadan başlayarak belirli bir süre içerisinde en fazla hangi noktalara ulaşılabilceğinin hesaplanabileceği öngörülmüştür.

**Kullanıcı hareketleri:** Kullanıcıların ortamdaki vektörel hareketleri ve kameralarının baktıkları noktalarının kaydedilip bunun sonucunda gerçek kullanıcı sirkülasyonu ve en çok bakılan noktalar gibi analizlerin yapılabileceği öngörülmüştür.

**Tekerlekli sandalye:** Rampa açısı analizi yardımıyla, karakter hareketini kontrol eden kodlamanın içine, kullanıcı tekerlekli sandalye modunda olduğunda çeşitli kısıtlamalar eklenebilir. Adım yüksekliğinin kısıtlanması ve belirli rampa açılarının üzerinde hareketin yavaşlaması veya tamamen engellenmesi mümkündür.

#### 4.4. Etkileşim

**İşaretleme:** Avatarların bakmalarının ötesinde, kesin ve isabetli olarak iletişim kurabilmeleri için işaretleme araçlarının olması gerektiği öngörülmüştür. Işın izleme (*raycasting*) yöntemi ile işaret edilen bir noktada üretilecek bir işaretleme objesi veya bu ışının görselleştirilmesi gibi yöntemler kullanılabilir. Aynı yöntem kullanılarak iki işaret arası mesafe ölçme, üç işaret kullanılarak iki çizgi arası açı ölçme, kot ölçme, yüzey eğimini ölçme gibi hesaplamalar yapılabilir.

**Objeler kütüphanesi:** Görselleştirme yazılımlarında yaygınlıkla kullanılan obje kütüphaneleri önceden modellenen ve programın içine gömülen objelerden oluşur, seans esnasında işaretleme mantığıyla istenilen noktada üretilebilir.

**Perspektif kaydı:** Belirli bir perspektif açısının kaydı, kameranın o anki konum ve dönüşünün kaydı ile mümkündür, bu şekilde gözlemci modundaki veya avatar modundaki kullanıcılar bu kayıtlı perspektiflere ulaşabilir.

**Işık objesi:** Gerçek-zamanlı görselleştirmenin bir diğer avantajı da ışık objelerinin her an eklenebilme olasılığıdır. Kullanıcılar iç veya dış mekanda istedikleri noktada ışık objeleri üretmek mekanın aydınlanmasını sağlayabilirler. Bu teknik yardımıyla, güneşin de temelde bir ışık objesi olarak davranışından kaynaklı, güneşin kapanması ile gece aydınlanma simülasyonlarının yapılması da mümkündür.

**Boyama:** İşaretleme ve çarpışmanın birlikte kullanılması ile işaretlenen bir yüzeyin özelliklerinin değiştirilmesi de mümkündür, bu şekilde istenen yüzeyler boyanabilir, farklı malzemeler atanabilir veya şeffaflaştırılabilir.

**Eskiz:** İşaretleme objelerinin yardımıyla üç boyutlu veya düzlemsel eskiz yapmak mümkündür. Sıralı işaretleme objeleri ile çizgiler çizilebilir, temel geometrik objeler üretilebilir. Perspektif kaydının yardımıyla ise belirli bir perspektifte kamera kontrolleri dondurularak o perspektifin üzerine iki boyutlu eskizler yapılabilir.

#### 4.5. İletişim

**Kullanıcı isimleri:** Kullanıcılar arasındaki farkındalığı artırmak ve sağlıklı iletişim kurabilmek adına avatarların kullanıcılarının isimlerini taşıyacak biçimde olmaları gerektiği öngörülmüştür.

**Sesli iletişim:** Sanal ortamlarda iletişimi sağlamanın en yaygın yöntemlerinden biri sesli iletişimdir. Avatar mesafelerine bağlı olarak filtrelenecek sesli iletişimin aynı sanal ortamda birden fazla konuşmaya imkan sağlayabileceği öngörülmüştür.

**Yazılı iletişim:** Sesli iletişimde anlaşılamayan veya kalıcı iletişim sağlanmak istenen durumlarda ise yazılı iletişimin gerekeceği öngörülmüştür.

#### 4.6. Aktarım

Mimarlık alanına yönelik geliştirilecek bir sanal ortamda bulunması gereken en önemli özelliklerden birisi de dijital model aktarımıdır.

**İçe aktarma:** Genellikle görselleştirme yazılımlarında bulunan bu özellik, oyunlarda nadiren bulunur ve oyun motorlarında da program çalışırken içe aktarım (*runtime import*) kabiliyeti kendiliğinden bulunmamaktadır. Bu özelliğin sanal ortam geliştiricisi tarafından özel olarak eklenmesi gerekmektedir. Aktarım programlaması yapıldıktan sonra karşılaşılabilecek olan ilk problem dosya uyumsuzluğudur. Oyun motorları yalnızca “*mesh*” modeller ile çalışır. Mesh modellerin yüzeylerinin ön ve arkaları vardır, dikkat edilmesi gereken en önemli husus bu yüzlerin kullanıcı tarafından doğru bir şekilde ayarlanmasıdır. Yüksek sayıda poligonlu modeller (*high-poly*) sanal ortamdaki uygulama performansını düşürecek, düşük detaylı meshlenen, düşük sayıda poligonlu (*low-poly*) modeller ise modellenen geometriyi isabetli bir şekilde temsil edemeyecektir. Bu konuda, çoklu-kullanıcı ortamda dikkat edilmesi gereken ek bir husus ise dosya boyutlarıdır. Tüm kullanıcıların birbirlerinin modellerini görebilmesini sağlayabilmek için sunucunun bu dosyaları tüm kullanıcılara ulaştırabilmesi gerekmektedir. Bu tip problemleri aşabilmek ve kullanıcı deneyimini olabildiğince sorunsuz hale getirebilmek için, CAD programlarındaki modellerin sanal ortama en uygun biçimde aktarımını yaptırabilecek eklentilerin geliştirilmesinin gerekebileceği öngörülmüştür.

**Dışa aktarma:** Ortamda üretilen analiz, simülasyon, etkileşim veya iletişim sonucunda ortam içerisinde üretilenlerin başka ortamlara aktarılabilmesi için öncelikle sanal ortamın dışa aktarımı desteklemesi gerekmektedir. Sanal ortamdan dışa aktarılan verinin CAD yazılımında karşılık bulabilmesi için bu verinin okunup çizim yazılımının yerel veri tiplerinden birine dönüştürülmesi gerekmektedir.

Araştırmanın ilerleyen aşamaları, yazılım geliştirme ve mimari tasarım stüdyolarında kullanım testlerinin yapılması ile sürdürülmektedir. Henüz kullanım testlerinden bir sonuç elde edilmemiştir. Gelecekte bu ve benzeri sanal mimari tasarım stüdyolarının yaygınlaşacağı ve mimarlık eğitiminin hem uygulama hem de araştırma alanlarına doğrudan katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

#### Teşekkür

Bu bildirinin konusunu oluşturan araştırma, İstanbul Bilgi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi (no: 2021.01.004) tarafından desteklenmektedir.

#### KAYNAKLAR

- Bartosh, A., & Philip, A. (2019). Experimental applications of virtual reality in design education. K. Bieg, D. Briscoe & C. Odom (eds.), *ACADIA 38: Ubiquity and Autonomy* (pp. 458-467). ACADIA. [http://papers.cumincad.org/data/works/att/acadia19\\_458.pdf](http://papers.cumincad.org/data/works/att/acadia19_458.pdf)
- Black, C., & Forwood, E. (2017). Game engine computation for serious engineering: Visualisation and analysis of building facade movements as a consequence of loads on the primary structure. T. Nagakura, S. Tibbits & C. Mueller (eds.), *ACADIA 36: Disciplines & Disruption* (pp. 146-153). ACADIA. [http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/acadia17\\_146](http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/acadia17_146)
- Chien, S.-F., Lin, C.-I., & Lin, K.-L. (2020). A Light-weight CAAD-VR Bridge. D. Holzer, W. Nakapan, A. Globa & I. Koh (eds.), *CAADRIA 25: Anthropocene, Design in the Age of Humans* (pp. 761-770). CAADRIA. [http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/caadria2020\\_387](http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/caadria2020_387)
- Coşkun, E. & Çağdaş, G. (2018). Considering computer games as a learning tool in basic design education. *International Journal Of Advanced Research*, 6(7), 1077-1095.

- Oyun Motoru Tabanlı Sanal Ortamların Mimari Tasarım Stüdyolarında Kullanım Olanaklarının Araştırılması | Yazar, Tuğrul; Üneşi, Oğulcan Du, J., Shi, Y., Mei, C., Quarles, J., & Yan, W. (2016). Communication by interaction: A multiplayer VR environment for building walkthroughs. J.L. Perdomo-Rivera, A. Gonzáles-Quevedo, C.L. del Puerto, F. Maldonado-Fortunet & O.I. Molina-Bas (eds.) *Construction Research Congress 2016* (pp. 2281–2290). ASCE. <https://doi.org/10.1061/9780784479827.227>
- Grasser, A., Parger, A., & Hirschberg, U. (2020). Pervasive Collaboration and Tangible Complexity in Realtime Architecture. W Liss, D. Koering (eds.), *eCAADe 2020: Anthropologic – Architecture and Fabrication in the Cognitive Age* (pp. 393-400). eCAADe. 10.14279/depositonce-10568.2
- Gül, L. F. (2019). Dijital teknolojilerin işbirlikli tasarıma olan etkisi. *Megaron: Yıldız Technical University, Faculty of Architecture E-Journal* 15(1), 84-98. <https://doi.org/10.14744/megaron.2019.23281>
- Gül, L. F. (2020). Sanal mecralarda mimari tasarımın dünü ve bugünü. *Dosya: Gelecek, Teknoloji ve Mimarlık*, 45, 28–38.
- Hong, S. W., El Antably, A., & Kalay, Y. E. (2019). Architectural design creativity in multi-user virtual environment: A comparative analysis between remote collaboration media. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 46(5), 826–844. <https://doi.org/10.1177/2399808317733267>
- Leitão, A., Castelo-Branco, R., & Santos, G. (2019). Game of renders: The use of game engines for architectural visualization. M. Haeusler, M.A. Schnabel & T. Fukuda (eds.), *CAADRIA 24: Intelligent & Informed* (pp. 655-664). CAADRIA. [http://papers.cumincad.org/data/works/att/caadria2019\\_194.pdf](http://papers.cumincad.org/data/works/att/caadria2019_194.pdf)
- Moleta, T. (2016). Game on: Exploring constructive design behaviors through the use of real-time virtual engines in architectural education. *International Journal of Architectural Computing*, 14(3), 212–218. <https://doi.org/10.1177/1478077116663341>
- Moleta, T. J. (2017). Digital ephemera: Autonomous real-time events in virtual environments. P. Janssen, P. Loh, A. Raonic & M.A. Schnabel (eds.), *CAADRIA 22: Protocols, Flows, and Glitches* (pp. 13-22). CAADRIA. [http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/caadria2017\\_158](http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/caadria2017_158)
- Nandavar, A., Petzold, F., Nassif, J., & Schubert, G. (2018). Interactive virtual reality tool for BIM based on IFC - Development of openBIM and game engine based layout planning tool - A novel concept to integrate BIM and VR with bi-directional data exchange. T. Fukuda, W. Huang, P. Janssen, K. Crolla & S. Alhadidi (eds.), *CAADRIA 23: Learning, Prototyping and Adapting* (pp. 453-462). CAADRIA. [http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/caadria2018\\_057](http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/caadria2018_057)
- Pienaru, M.-I. (2018). The city as a playground - game tools for interactive planning. A. Kepczynska-Walczak & S. Bialkowski (eds.), *eCAADe 36: Computing for a Better Tomorrow* (pp. 679-686). eCAADe. [http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/ecaade2018\\_375](http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/ecaade2018_375)
- Sandstrom, A., & Park, H.-J. (2019). Reflection in action - An educational indie video game with design schema. M. Haeusler, M.A. Schnabel & T. Fukuda, (eds.), *CAADRIA 24: Intelligent & Informed* (pp. 303-312). CAADRIA. [http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/caadria2019\\_176](http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/caadria2019_176)
- Sorguç, A. G., Yemişcioğlu, M. K., Özgenel, Ç. F., Katipoğlu, M. O., & Rasulzade, R. (2017). The role of VR as a new game changer in computational design education. A. Fioravanti, S. Cursi, S. Elahmar, S. Gargaro, G. Loffreda, G. Novembri, A. Trento (eds.), *eCAADe 35: ShoCK! - Sharing Computational Knowledge!* (pp. 401-408). eCAADe. [http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/ecaade2017\\_142](http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/ecaade2017_142)
- Valls, F., Redondo, E., Fonseca, D., Garcia-Almirall, P., & Subirós, J. (2016). Videogame technology in architecture education. *Human-Computer Interaction: Novel User Experiences*, 9733, 436–447. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-39513-5\\_41](https://doi.org/10.1007/978-3-319-39513-5_41)
- Yan, W., & Liu, G. (2007). BIMGame: Integrating building information modeling and games to enhance sustainable design and education. J. Kieferle & K. Ehlers (eds.), *eCAADe 25: Architecture in the Age of the 4th Industrial Revolution* (pp. 211-218), eCAADe. [http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/ecaade2007\\_188](http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/ecaade2007_188)