

Mimarlıkta Yapı Dersleri Dijital Dönüşüm Modeli

Tayibe SEYMAN GÜRAY^{1*}, Burcu KISMET²

Öz

Mimarlık-inşaat sektörü, Endüstri 4.0 ve güncel teknolojilerin etkisiyle özellikle son on yıldır büyük bir dönüşüm yaşamaktadır. Bu gelişmelerin devamında İnşaat 4.0 kavramı oluşmuş olup, sektörü yönlendirici bir konumdadır. Güncel araştırmalar, mimarlık-inşaat sektöründe dijital teknolojilerinin giderek daha etkin bir rolü olacağını göstermektedir. Sektörün profesyonellerden beklentisi de bu dijital dönüşüme uygun yetkinlik, bilgi ve becerilere sahip olmasıdır. Bu bağlamda, mimarlık eğitiminin de güncel dijitalleşme gereklerine cevap vermesi beklenmektedir. Bu çalışma kapsamında, yapı derslerinde sanal gerçeklik (SG), artırılmış gerçeklik (AG) ve yapı bilgi modelleme (YBM) uygulamaları kullanılarak dijital dönüşüm modeli geliştirilmiş ve 2020-2021 ve 2021-2022 akademik yıllarında Yapı Teknolojileri, Yapı Uygulama Projesi ve Yapım Yönetimi ve Ekonomisi derslerinde uygulanmıştır. Bu model, sadece bir yazılımın kullanılması ve bir dersin planlanmasından ziyade yapı müfredatının bütüncül bir şekilde dijital dönüşüm sürecinde yeniden ele alınmasını ifade etmektedir. Böylece yapı tasarımı ve uygulama kararlarının iki, üç ve dördüncü boyutlarda algılanması ve maliyet-süre bağının kurulması hedeflenmiştir. Sonuç olarak, bu model, öğrencilerin etkileşim ve deneyim seviyesini artırarak YBM'nin SG-AG ile entegrasyonuna dayalı bir öğrenme ortamı sunmaktadır. Ayrıca modelin öğrencilerle pratik edilmesi sonucunda, yapı derslerindeki yapı elemanı tasarlama ve detay kavramadaki zorlukların aşılmasını sağladığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Sanal gerçeklik, Artırılmış gerçeklik, Yapı bilgi modelleme, Mimarlık eğitimi, Yapı dersleri.

Digital Transformation Model for Building Construction Curriculum in Architecture

Abstract

The architecture-construction sector has been undergoing a great transformation, especially in the last ten years, with the effect of Industry 4.0 and current technologies. In the continuation of these developments, the concept of Construction 4.0 was formed and it is in a position to guide the sector. Current research shows that digital technologies will play an increasingly active role in the architecture-construction industry. The expectation of the industry from professionals is that they have the appropriate competence, knowledge and skills for this digital transformation. In this context, architectural education is expected to respond to current digitalization requirements. Within the scope of this study, a digital transformation model was developed by using virtual reality (VR), augmented reality (AR) and building information modeling (BIM) applications in building courses, and this model applied to the courses Building Technologies, Building Construction Project and Construction Management & Economics

¹Beykoz Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye

*İlgili Yazar/Corresponding author: tayibeseymanguray@beykoz.edu.tr

² Beykoz Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye

Gönderim Tarihi /Received Date: 28.09.2022

Kabul Tarihi / Accepted Date: 21.02.2023

in the academic years of 2020-2021 and 2021-2022. This model refers to the reconsideration of the building-construction curriculum in the digital transformation process in a holistic way, rather than using only a software for a course. Thus, it is aimed to perceive the building design and implementation decisions in the second, third and fourth dimensions and to establish a cost-time link. As a result, this model offers a learning environment based on the integration of BIM with VR-AR by increasing the interaction and experience level of students. In addition, as a result of practicing the model with students, it was observed that the difficulties in designing building elements and understanding details in construction courses were overcome.

Keywords: Virtual reality, Augmented reality, Building Information Modelling, Architectural education, Building construction courses.

1. Giriş

Mimarlık-inşaat sektörü, Endüstri 4.0 ve güncel teknolojilerin etkisiyle özellikle son on yıldır hızlı bir dönüşüm yaşamaktadır (Sawhney vd., 2020, s.500). Bu gelişmelerin devamında İnşaat 4.0 kavramı oluşmuş olup, İnşaat 4.0'ın sunduğu dijital araçlar ve dönüşüm sektörü yönlendirici bir konumdadır. Avrupa İnşaat Sektörü Gözlem Raporu'na (ECSO, 2021, s.9) göre inşaat sektörünün dijitalleşmesi Avrupa inşaat sektörünün sürdürülebilirliği ve rekabet ortamı için hem kaçınılmaz bir gerçek hem de temel bir bileşendir. Bununla birlikte inşaat sektörünün dijitalleşme süreci, endüstrinin tamamının etkileyen, iş yapış tekniklerinin ve işin dönüşümünün tetikleyicisi olarak görülmektedir (McKinsey Raporu, 2020, s.5). Bu durum Kovid-19 pandemisi sonrasındaki sektörün yeni normalinde artan bir etkiye sebep olup önemli bir rol oynayacaktır (ECSO, 2021, s.104). Sektörün profesyonellerden beklentisi de bu dijital dönüşüme uygun yetkinlik, bilgi ve becerilere sahip olmasıdır. Bu bağlamda, mimarlık eğitimi de güncel dijitalleşme gereklerine cevap vermelidir. Bu çalışma kapsamında, yapı derslerinde sanal gerçeklik (SG), artırılmış gerçeklik (AG) ve yapı bilgi modelleme (YBM) uygulamaları kullanılarak bir dijital dönüşüm modeli önerilmektedir.

Sanal gerçeklik teknoloji kullanılarak yapay bir ortamın oluşturulması ve oluşturulan kurguların tamamen sanal bir ortamda birleştirilmesidir. Arttırılmış gerçeklik ise gerçek dünyadaki çevrenin ve içindekilerin, bilgisayar tarafından üretilen; ses, görüntü, grafik ve GPS verileriyle zenginleştirilerek meydana getirilen canlı veya dolaylı fiziksel görünümüdür. Bu kavram kısaca gerçekliğin bilgisayar tarafından değiştirilmesi ve artırılmasıdır. SG sanal bir ortamı ifade ederken, AG gerçek ortam içinde sanal müdahaleler yapılmasını içerir. SG tamamen yeni bir gerçeklik yaratırken, AG gerçek hayatta kuramsal bir dünya oluşturur (Milgram, 1994, s.3).

SG-AG teknolojilerinin mimari proje tasarımında yer bulabilmesi için çeşitli bilgisayar programları gereklidir. Bu amaç doğrultusunda yapılan literatür araştırmalarının da ışığında, en uygun aracın YBM araçları olduğuna karar verilmiştir. YBM ve SG-AG entegrasyonu sağlanması ile birlikte tasarım sürecinin en başından, uygulama – inşa sürecini de kapsayan proje yaşam döngüsünün tutarlı bir şekilde oluşturulması sağlanır. Bu şekilde mimarlık eğitimde amaçlanan bütüncül ve güncel yaklaşım belirlenmiştir. YBM'nin seçilmesindeki sebepler, işbirlikçi çalışma ile birlikte öğrenme sonuçlarını iyileştiren uygun görselleştirme ve etkileşim platformu olmasıdır. YBM, mimarlık inşaat sektöründe disiplinler arası koordineli çalışmalar sağlamakta, tasarım aşamasından işletme ve bakım aşamasına kadar tüm bina yaşam döngüsü boyunca yaygın olarak görselleştirme ve modelleme amacıyla kullanılmaktadır. YBM'nin bu avantajlarının yanı sıra, fiziksel projenin gerçekçi görselleştirilememesi, büyük miktarda veriye sahip olması, YBM modellerinin paylaşım ve erişim zorlukları gibi bazı kısıtları vardır (Arashpour ve

Aranda-Mena., 2017, s.2; Coates vd., 2010, s.7). Bu kısıtlara cevap olmak için SG-AG ile bütünleşen YBM önerisi getirilmiştir.

Literatürde YBM, SG ve AG teknolojilerinin mimarlık inşaat eğitiminde kullanımı ile ilgili denemelere son yıllarda rastlanmaktadır (Arashpour ve Aranda-Mena, 2017, s.2; Diao, ve Shih, 2019, s.3; Emre vd., 2019, s.120; Horne ve Thompson, 2015, s.7; Kızılyaprak ve Altun, 2019, s.41; Seyman Güray ve Kismet, 202, s.196; Wang vd., 2018, s.2). Bu çalışmalarda genel olarak bu teknolojilerin ders içi etkileşimi arttırarak karmaşık detayları algılamayı kolaylaştırdığı belirtilmiştir. Bu çalışma kapsamında da yapı – yapım derslerinde verimliliği arttırmak ve daha etkin öğrenme ortamı sunmak amacıyla yapı dersleri müfredatı için yenilikçi bir YBM tabanlı SG-AG dijital dönüşüm modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen ve öğrencilerle pratik edilen bu model, İnşaat 4.0'ın sunduğu farklı teknolojik araçların birlikte kullanımını içermesiyle birlikte sistematik-yapılandırılmış bir iş akışıyla proje aşamalarına odaklanması ve dinamik-etkileşimli bir öğrenme ortamı sunması yönleriyle yapı dersleri müfredatına yenilikçi bir yaklaşım ortaya koymaktadır.

2. Yöntem

Çalışmanın yöntemi, YBM tabanlı SG - AG dijital modelinin geliştirilmesini ve belirtilen derslerde uygulanmasını kapsamaktadır. Modelin geliştirildiği ve uygulandığı Beykoz Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde yapı dersleri Yapı Bilgisi ve Malzemesi I, Yapı Bilgisi ve Malzemesi II, Yapı Bilgisi ve Malzemesi III, Yapı Teknolojileri, Yapı Uygulama Projesi ve Yapım Yönetimi ve Ekonomisi derslerinden oluşmaktadır. Bu çalışma kapsamında öğrencilerin bilgi düzeyi ve birikimleri düşünülerek 3.sınıf düzeyinden itibaren sırasıyla Yapı Teknolojiler, Yapı Uygulama Projesi ve Yapım Yönetimi ve Ekonomisi dersleri müfredatı bütüncül olarak ele alınmıştır.

Bu çalışmada, konstrüktivist yaklaşımın benimsenerek Dewey'in "yaparak öğrenme" (Mala ve Singh, 2017, s.68) ortamlarında, öğrencilerin proje geliştirmeleri ve bunun üzerinden öğrenmenin gerçekleşmesini odaklanılmıştır. Proje odaklı öğrenme (POÖ) sayesinde bu yaklaşım eğitimde uygulanabilmektedir. Bununla birlikte, Duit (2016, s.40), konstrüktivist yaklaşımının teknik derslerin anlatılması ve öğrenilmesinde etkili olduğunu belirtmektedir. Bu sayede öğrenciler pasif – sadece dinleyici durumundan çıkıp, aktif ve üreten bireylere dönüşmektedirler (Kurt, 2011, s.3984). Bu çalışma, teorik derslerde POÖ bileşenin tasarlanmasını ve öğrencilerin ders dönemi süresince bu süreci deneyimlemesini hedeflemektedir. POÖ bileşeni, ödev veya uygulama yapılması yerine; süreç içinde öğrenci ve yürütücü etkileşimi ile gelişen – dönüşen ve üretilen projeyi ifade etmektedir. Öğrencilerin, teorik bilgileri bireysel olarak değerlendirip bir üretim ortaya koymaları beklenmektedir. Bu yaklaşım, analiz-sentez-değerlendirme aşamalarından oluşan Bloom'un taksonomisi (1956, s.80) ile de uyumludur. Bu çalışmada, dijital dönüşüm modeli için önerilen yöntem ve araçlar, mimarlık inşaat sektörünün de aktif ve yaygın olarak kullanılan bileşenlerden seçilmiştir. Öğrencilerin, profesyonel hayata hazırlamak ve güncel yeterliliklere sahip olmalarını sağlamak hedeflenmiştir.

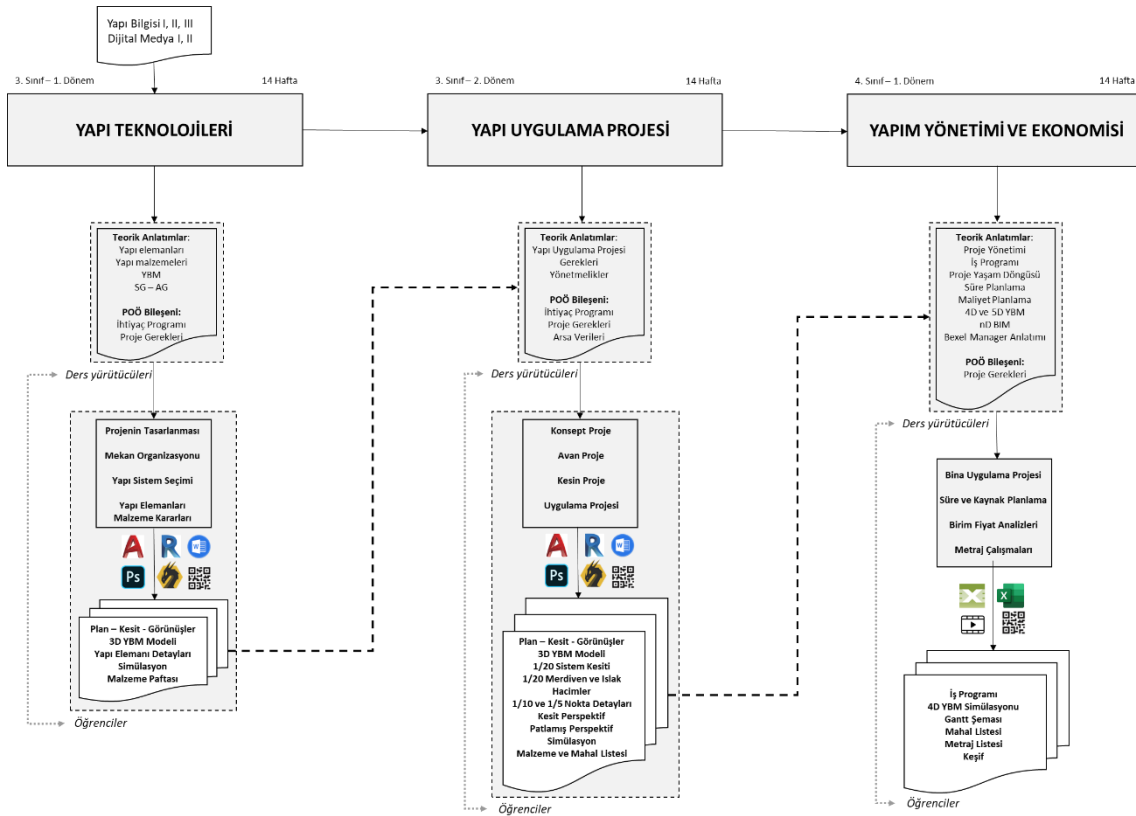
2.1. Bütüncül Dijitalleşme Modelinin Geliştirilmesi

Modelin geliştirilmesi birbirini takip eden üç derste uygulanmasından oluşmakta olup üç aşamaya ayrılmıştır (Şekil 1). Her aşama, girdi, süreç ve çıktı akış şemasından oluşmaktadır. Bir önceki aşamanın çıktısı, takip eden aşamanın girdisidir. Bu model geliştirilirken hem sektörde yaygın kullanıma hem de kullanım – öğrenim kolaylığı dikkate alınarak dijital araçlar seçilmiştir. Revit, tasarım ve modelleme aşamalarında YBM aracı olarak, SimLab gerçek zamanlı simülasyon ve malzeme kararları ile ilgili olarak SG aracı

olarak, Bexel Manager ise inşaat simülasyonu ve süreç planlamalarında 4B YBM aracı olarak belirlenmiştir. Bu yazılımların birbirleri ile uyumlu çalışabilmesi ve öğrenci sürümlerinin bulunması da avantaj olarak görülmüştür. Bunların yanında Microsoft Word, Microsoft Excel, Adobe Photoshop ve Autocad gibi yardımcı dijital yazılımların da kullanılması söz konusudur. Karekod (QR code) ise AG tabanlı bir sunum yöntemi olarak modele dahil edilmiştir.

Dijitalleşme Modelinin uygulanacağı ilk aşama, 3.sınıf 1.dönem dersi olan Yapı Teknolojileri dersidir. Yapı Teknolojileri dersi, Yapı Bilgisi ve Malzemesi I, II, III ve Dijital Medya I, II derslerini alan öğrenci grubu tarafından alındığı için, öğrencilerin temel yapı elemanları, sistemleri, malzemeleri bilgisi vardır ve Autocad, Revit, Photoshop gibi bilgisayar yazılımlarını kullanma becerileri bulunmaktadır (Şekil 1). Yapı teknolojileri dersi, öğrencileri yapı üretimiyle ilgili rasyonelleştirilmiş ve endüstrileşmiş yapım teknolojileriyle tanıştırmayı hedefler; farklı yapım teknolojilerinin temel prensiplerini, olumlu ve olumsuz yönlerini, tasarım kısıtlarını öğretmeyi ve teknik ifade becerisi kazandırmayı amaçlar. Yapı teknolojileri dersi POÖ bileşeni Yapı Uygulama Projesi'ne bir hazırlık olacak şekilde planlanmıştır. Bu amaçla öğrencilere detaylı olarak YBM, SG, AG başta olmak üzere dijital teknolojiler hakkında anlatımlar yapılarak POÖ bileşeninde bunların uygulanması ve bu teknolojilerin kullanımı beklenmiştir. Yapı teknolojileri dersi çıktısı olarak verilen projenin plan-kesit-görünüş olarak iki boyutlu (2B) çizimleri, üç boyutlu (3B) Revit ortamında hazırlanmış YBM modeli, sistem ve malzeme kararlarının 2B ve 3B olarak oluşturulmasıdır. SimLab programında 3B olarak tasarım kararlarının ve yapı malzemelerinin incelendiği simülasyonlar oluşturulmuştur.

Dijitalleşme Modelinin ikinci aşaması, 3.sınıf 2.dönem dersi olan Yapı Uygulama Projesidir (Şekil 1). Bu ders yapı uygulama projesi hazırlanmasının aşamaları ve tekniklerini öğretmek, öğrencinin mimari tasarıma teknik bir yaklaşım geliştirmesini ve uygulama detaylarını kavramasını amaçlamaktadır. Öğrencilerin, yapı endüstrisi kaynaklarına ve tasarım, teknik çizim ve uygulamayla ilgili yönetmelikler ve kanunlara ulaşabilmesi beklenmektedir. Bu ders öğrenciyi, Yapı Teknolojileri, Yapı Statiği gibi yapı ders serisinde oluşturduğu bilgi birikimini strüktür tasarım alanına yansıtması yönünde teşvik eder. Verilen bir mimari projelerin yapı uygulama çizimlerinin oluşturulması –avan proje ve kesin proje aşamalarını takiben yapı uygulama projesi dokümanlarının hazırlanmasını içerir. İlgili yönetmelikler, verilen ihtiyaç programı ve gerekleri göz önüne alarak yapı malzemesi, bileşeni ve sistemlerinin seçilmesini ve teknik çizimlerde ifade edilmesini; detay kararlarının verilmesini kapsar. Bu bağlamda YBM, SG ve AG kullanımı ile öğrenme çıktılarının geliştirilmesi amaçlanmaktadır.



Şekil 1. Yapı dersleri bütüncül dijitalleşme modeli (yazarlar tarafından hazırlanmıştır.)

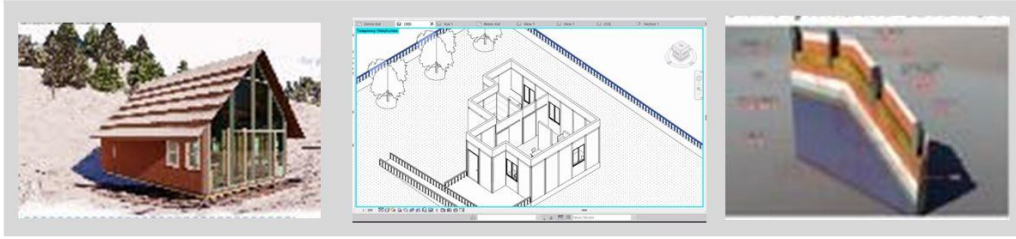
Modelin üçüncü aşaması, Yapım Yönetimi ve Ekonomisi dersine uygulanmasıdır (Şekil 1). Yapım Yönetimi ve Ekonomisi dersi proje programlaması hazırlanması, projeye ilgili üretim hedeflerinin tespit edilmesi ve bu şekilde projenin bütününe ve ilerleyişine ait geniş bir perspektif kazanılması amaçlanır. Yapı üretiminde rol alan kesimlerin işlevleri ve örgütlenme biçimleri, proje düzenleme öncesi işlemler, ruhsata yönelik işlemler, şantiye yönetimi ve organizasyon yapısı; maliyet, süre ve kaynak yönetimi, risk yönetimi, kalite yönetimi, proje planlaması ve programlaması bu dersin kapsamındadır. İnşaat sürecinin öğrenciler tarafından daha iyi algılanmasını sağlamak ve süre – maliyet konularını kavramak amacıyla 4B ve 5B YBM kavramları anlatılmış ve bu teknolojileri öğrencilerin kullanması beklenmiştir. Bu aşamada 4B YBM aracı olarak seçilen Bexel Manager yazılımı kullanılmıştır, 5B maliyet boyutu olup, Revit ve Excel üzerinden simüle edilmesi sağlanmıştır.

2.2. Modelin Uygulanması

Bütüncül dijitalleşme modeli, Beykoz Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde 2020-2021 ve 2021-2022 akademik yıllarında uygulanmıştır. Birbirini takip eden akademik yıllarda; 5, 6 ve 7.yarıyıldarda bu model geliştirilmiş ve öğrenciler ile pratik edilmiştir.

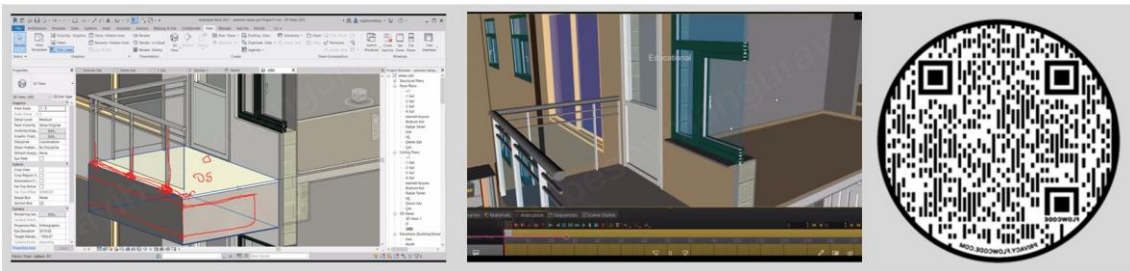
Modelin ilk ayağı olan Yapı Teknolojileri dersi, öğrencilerin YBM ile çalışma mantığını deneyimlemesini, bu yöntemle alışmasını, YBM aracı olan Revit pratiklerinin gelişmesini ve YBM ile SG-AG ilişkisini kurmayı sağlamayı amaçlayacak şekilde POÖ bileşeni içeren bir ders olup 5. Yarıyıldada yer almaktadır. Bu amaçlara optimum düzeyde ulaşmak üzere, bir 'tiny house' projesi öğrencilere verilmiştir. Hafif çelik yapım teknolojisi kullanarak her öğrenciye farklı kullanıcı konsepti (sporcu, fotoğrafçı, çocuklu vb.) verilmiştir. Buna

uygun verilen ihtiyaç programını dikkate alarak tasarım ve uygulama detaylarının hazırlanması istenmiştir. 40m² alan gereksinimi olan tiny house, salon, yatak odası, açık mutfak ve banyodan oluşan minimum alan gereksinimlerini karşılayan bir yaşam alanını ve veranda, teras gibi açık alanları içermektedir. Tasarım YBM aracı Revit ile hazırlanarak, malzeme ve gerçek zaman simülasyonu SIM Lab üzerinden ortaya konmuştur (Şekil 2). YBM ve SG-AG konularında dersin yürütücüleri anlatımlar yapmıştır. Dönem sonunda 1/50 (plan/kesitler/görünümler), 1/10 detaylar ve 3B görseller teslim edilmiştir. Kovid-19 pandemi koşulları sebebiyle ders, çevrim içi olarak Zoom platformunda işlenmiştir.



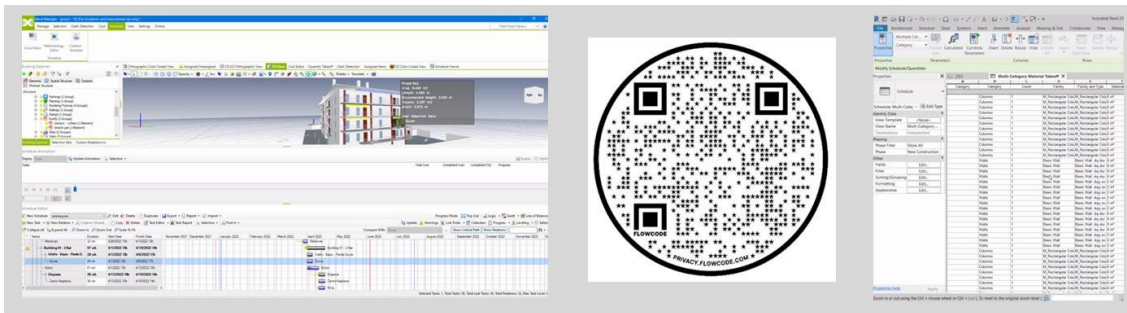
Şekil 2. Yapı Teknolojileri dersi, geliştirilen modelin uygulama çıktıları-öğrenci pratikleri

Modelin ikinci aşaması Yapı Uygulama Projesi dersi, 6.yarıyıl dersi olup, öğrencilerden 5 katlı bir apartman bloğu tasarlamaları beklenmiştir. Öğrencilere, 1000-1200 m² inşaat alanı olacak şekilde İstanbul ili Kadıköy ilçesi Göztepe semtinde yer alan farklı parseller atanmıştır. Proje, her katın 2 adet 2+1 ve 2 adet 3+1 daire içerecek şekilde 5 katlı apartman bloğunun tasarlanması ve uygulama projesi dokümanlarının hazırlanmasıdır. 2+1 daireler ortalama 100 m², 3+1 daireler ise ortalama 150 m² kullanım alanına sahip olması istenmektedir. Binanın betonarme iskelet sistemli; ahşap kırma çatı sistemli, radye betonarme temelli olması istenmiştir. Uygulama projesinin antetli pafta üzerinde 1/200 vaziyet planı, 1/50 kat planları-kesitler-görünümler, 1/20 sistem kesiti ve ıslak hacimler, 1/5 nokta detayları olmak üzere iki boyutlu çizimler ve YBM-SG-AG araçları kullanılarak oluşturulmuş tüm simülasyon ve üç boyutlu çizimler QR kod olarak paftalara yerleştirilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3: Yapı Uygulama Projesi kapsamında geliştirilen modelin YBM-SG-AG uygulama çıktısı-öğrenci pratikleri.

Modelin üçüncü aşaması olan 7.yarıyıl dersi Yapım Yönetimi ve Ekonomisidir. Yapı Uygulama Projesi'nin takip eden dönem uygulanmıştır. Dersin POÖ bileşeni kapsamında öğrenciler bir önceki dönem Yapı Uygulama Projesi'nde tasarladıkları ve uygulama projesi dokümanlarını hazırladıkları apartman bloğu projesinin süre, maliyet planlamasını ve iş programı 4B-5B simülasyonunu yapmışlardır (Şekil 4). Öğrencilere, YBM tabanlı SG-AG dijitalleşme modeli kapsamında YBM teknolojisi ile entegre 3B/4B/5B proje yönetimi yazılımı olan BEXEL Manager tanıtılmış ve 4B-5B, nB kavramları üzerinde durulmuştur. Öncelikle, YBM Revit modelinin, Bexel Manager programına bağlantısı kurulmuştur. Bexel Manager'da iş kalemleri tanımlanmış ve süreleri atanmıştır. Sonrasında iş kalemlerinin birbirleriyle ilişkileri belirlenmiş ve eş zamanlı olarak inşaat süreci simülasyonu Bexel Manager'da çalıştırılmıştır. Maliyet ve 5B YBM ise Revit programında, çizimler yapılırken programın arka planında eş zamanlı olarak metraj ve mahal listeleri oluşması ve bilgi yüklü bir model olması üzerinden ilerlemiştir. Revit ve Excel ortaklaşa kullanılarak mahal listeleri, metraj ve keşif hazırlanmıştır.



Şekil 4: Yapım Yönetimi ve Ekonomisi dersi geliştirilen modelin YBM-SG-AG uygulama çıktıları-öğrenci pratikleri.

3. Sonuç ve Değerlendirme

Dalgarno ve Lee'nin (2010, s.11) vurguladığı üzere, artan etkileşim ve öğrencilere daha aktif katılım imkânı sağlayan sanal ortamlar, öğrenme deneyiminin kalitesini artırma potansiyeline sahiptir. Bu model sayesinde öğrencilerin yapı detay çözümlerini ve sistem kararlarını daha iyi açıklayabildikleri görülmüştür. Geleneksel yöntemlerin en önemli sorunlarından biri ise öğrenciler 2 boyutlu çizimlerden yapım detaylarını, sistem bağlantılarını ve inşaat sürecini hayal etmekte zorlanmalarıdır. Bu model sayesinde bu kısıtların ortadan kaldırılması hedeflenmiştir.

YBM tabanlı SG-AG modelinin en önemli avantajlarından biri, öğrencilerin yapı malzeme ve sistem kararlarını dinamik temsiller aracılığıyla açıklayabilecekleri dijital bir ortam sağlıyor olmasıdır. Ayrıca, bu yöntem ile kesit perspektifleri ve patlatılmış perspektifler gibi çeşitli 3B temsillerin yenilikçi kullanımı nedeniyle öğrencilerin yapı detaylarını ve bağlantılarını çok daha iyi anlamaları sağlanmıştır. Örneğin, ders sırasında öğrenciler verdikleri kararları 3B modeller üzerinden eş zamanlı olarak kesme veya döndürme gibi müdahalelerde bulunarak daha iyi tartışabilişlerdir. Ayrıca, daha uygun çözümlere ulaşmak için, yürütücülerin eş zamanlı olarak revizyonları takip edebiliyor olmaları bir diğer avantajdır. Bu çalışmanın başlıca pratik çıkarımları; kolay ve hızlı iletişim sağlaması, gerçek zamanlı bilgi içeren 3B modellere ve daha gerçekçi bir malzeme ortamına sahip olmasıdır. Aynı zamanda inşaat yapım sürecini ve iş kalemlerini görsel olarak ilişkilendirerek video simülasyon oluşturulması öğrencinin bütüncül olarak yapı teknik kararlarını ve yapım süreçlerini kavramasını sağladığı görülmüştür. Bir başka

dikkat çekici pratik çıkarımı ise, QR Kodunu 2B yazdırılmış sayfadan tarayarak doğrudan simülasyonlara ve 3B temsillere ulaşma yeteneği kazandırmasıdır. Bu sonuç, inşaat sektöründeki şantiyeler için özellikle önemlidir. Ayrıca QR Kod kullanımının bir avantajı olarak daha az çıktı alınmasını sağlaması ile sonuçlanır.

Çalışmanın en önemli kuramsal kazanımlarından biri, araçlara ve aşamalara odaklanan sistematik ve yapılandırılmış bir iş akışı ile birlikte mimarlık eğitiminde yapı dersleri müfredatına uyarlanabilir bir kılavuz önermesidir. Bir diğer önemli kazanım ise, mimarlıkta yapı dersleri için öğrenci-öğrenci ve öğrenci-yürütücü arasında dinamik bir etkileşim ortamı sağlayan interaktif bir dijital tasarım ortamı sunmasıdır. Son olarak, birbirini takip eden yapı grubu dersleri ve deneyimlenen model sayesinde mimarlık öğrencilerinin yapı ve yapım derslerini daha iyi anlaması ve algılaması sağlanmıştır.

Geleceğe yönelik bir öneri olarak, dijitalleşmenin gereksinimlerini karşılamak için yeni bir yaklaşım olan bu model, gerçek zamanlı bina proje aşamalarına ve araçlarına göre oluşturulduğu için inşaat sektöründe uyarlanması mümkündür, bu yönde araştırma potansiyeli vardır.

Kaynaklar

Arashpour, M., Sagoo, A., Wingrove, D., Maqsood, T. ve Wakefield, R. (2015). Single capstone or multiple cornerstones? Distributed model of capstone subjects in construction education, 8th International Structural Engineering and Construction Conference: Implementing Innovative Ideas in Structural Engineering and Project Management, ISEC Press.

Arashpour, M. ve Aranda-Mena, G. (2017). Curriculum renewal in architecture, engineering, and construction education: visualizing building information modeling via augmented reality, Proceedings of International Structural Engineering and Construction, Vol. 4 No. 1, doi: 10.14455/ ISEC.res.2017.54.

Bloom, B. (1956). Bloom's taxonomy.

Coates, P., Arayici, Y., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C., ve O'Reilly, K. (2010). The limitations of BIM in the architectural process, ICSU 2010, China. 15-17 Dec.

Dalgarno, B. ve Lee, M.J.W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments?, British Journal of Educational Technology, Vol. 41 No. 1, pp. 10-32, doi: 10.1111/j.1467- 8535.2009.01038.x.

Diao, P. ve Shih, N. (2019). Trends and research issues of augmented reality studies in architectural and civil engineering education – a review of academic journal publications, Applied Sciences, Vol. 9 No. 9, p. 1840, doi: 10.3390/app9091840.

Duit, R. (1996). The constructivist view in science education—what it has to offer and what should not be expected from it. *Investigações em ensino de ciências*, 1(1), 40-75.

ECSO (2021). Digitalisation in the Construction Sector Analytical Report, European Construction Sector Observatory, available at: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/45547>.

Emre, İ.E., Selçuk, M., Budak, V.Ö, Bütün M. ve Şimşek, İ. (2019). Eğitim Amaçlı Sanal Gerçeklik Uygulamalarında Kullanılan Cihazların Daldırma Açısından İncelenmesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*. 2, 119-129.

Horne, M. ve Thompson, E.M. (2008). The role of virtual reality in built environment education, *Journal for Education in the Built Environment*, Vol. 3 No. 1, pp. 5-24, doi: 10.11120/ jebe.2008.03010005.

Kızılyaprak, H.N., Altun, M. C. (2019). Türkiye'deki Mimari Teknoloji Eğitime Yönelik Bir Analiz. *Mimarlık ve Yaşam Dergisi*, 4(1), 39-53. doi: 10.26835/my.491641.

Kurt, S. (2011). Use of constructivist approach in architectural education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 15, 3980-3988.

Mala, K. ve Singh, N. (2017). Constructivist approach: a way of learning. *GHG Journal of Sixth Thought Vol. 4 No.2*

McKinsey Raporu (2020), The Next Normal in Construction, available at: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Capital%20Projects%20and%20Infrastructure/Our%20Insights/The%20next%20normal%20in%20construction/The-next-normal-in-construction.pdf>

Milgram, P. and Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays, *IEICE Transactions on Information and Systems*, Vol. 77 No. 12, pp. 1321-1329.

Sawhney, A., Riley, M. and Irizarry, J. (2020). *Construction 4.0: An Innovation Platform for the Built Environment*, Routledge, London, ISBN 9780367027308.

Seyman Güray, T ve Kismet, B. (2021). Applicability of a Digitalization Model based on Augmented Reality for Building Construction Education in Architecture. *Construction Innovation: Information, Process, Management*. <https://doi.org/10.1108/CI-07-2021-0136>

Wang, P., Wu, P., Wang, J., Chi, H.A. ve Wang, X. (2018). A critical review of the use of virtual reality in construction engineering education and training, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 15 No. 6, doi: 10.3390/ijerph15061204.