

GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Volume: 3, Issue: 1, p. 47-65, 2020

BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIMIN GELİŞİMİ: YENİ BİR MİMARİ METODOLOJİ OLARAK YBM

DEVELOPMENT OF COMPUTER AIDED DESIGN: BIM AS A NEW
ARCHITECTURAL METHODOLOGY

Mehmet İNCEOĞLU¹

Bircan İNAN²

(Received 23.12.2019 Accepted 15.02.2020) - Review Article

Özet

Son yıllarda gelişen bilgisayar bilimi ile birlikte hayatımıza giren yazılımlar birçok alanda yeni metodolojiler ve yeni kavramlar kazandırmıştır. Gelişen bu bilgisayar bilimleri ile birlikte sanat, mühendislik bilimleri, sağlık, sosyal, beşeri, ekonomi ve mimarlık alanları gibi çok çeşitli alanlarda yeni metodolojiler geliştirilmiştir. Bilgisayar programlarının başlangıcı ile mimarlık alanına giren 2 boyutlu CAD ortamları ve 3 boyutlu yazılımlar, kullanılan metodolojileri değiştirmiştir. Son yıllarda gelişen teknoloji ve bilgisayar bilimi sayesinde 2 boyutlu ya da 3 boyutlu çizimler kullanılarak oluşturulan metodolojileri geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yeni metodolojik sistemler Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) olarak adlandırılmıştır.. YBM programları sayesinde n-boyutlu çalışmalar yapılarak yapıların sadece projelendirme aşamaları değil inşa edilmesi aşamaları ve yapının sürdürülebilirliği, işletimi gibi çok çeşitli konularda değerlendirilmektedir. YBM metodolojisi sadece proje yönetimi ve projelendirme süreçleri sırasında kullanılmamaktadır. Günümüzde mimarlar artık tasarımlarında YBM sistemlerini giderek daha verimli bir halde kullanmaktadırlar. Bu metodolojiler tasarımları olabildiğince farklı noktalara çekmektedirler. Metodoloji sadece mimarlık alanında değil, aynı zamanda mimari tasarım ve akımlarla direkt olarak bağlantılı olmuştur. Günümüz teknolojisiyle birlikte hayatımıza giren YBM üzerinden geliştirilen grafiksel programlama dilleri sayesinde hesaplamalı tasarım ve parametrik tasarım gibi yeni mimari tasarımları çok çeşitlendirmişlerdir. YBM sayesinde disiplinler arası işbirliği artmış olup tüm proje paydaşları ile rahatlıkla ortak bir çalışma yapılabilmektedir. Ortak yapılan çalışmalar sayesinde yapıya ait çeşitli projeler arasında yaşanan çeşitli karmaşalar önlenerek yapının inşa aşamasında karşılaşılabilecek çeşitli sorunların önüne geçilebilmiştir.

¹ Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, mehmeti@eskisehir.edu.tr

² Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, bircan.inan993@gmail.com

İnceoğlu, M. & İnan, B. (2020). Bilgisayar Destekli Tasarımın Gelişimi: Yeni Bir Mimari Metodoloji Olarak YBM. GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies (AIST), 3 (1): 47-65.

Makale içerisinde verilen örneklerle bu durum desteklenmiştir. Bu çalışmada literatür taraması yapılarak elde edilen bilgilerin ışığında çeşitli örneklerle desteklenerek bilgisayar biliminin mimarlık alanına kattığı yeni bir metodoloji olan YBM sistemlerini incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Bilgisayar, Yazılım, Yapı Bilgi Modellemesi, Metodoloji, Mimarlık, Parametrik Tasarım

Abstract

With the development of computer science in recent years, different software emerged in our lives provide us new methodologies and new concepts in many areas. This developing computer science, put out new methodologies in various fields such as art, engineering sciences, health, social, humanities, economics and architecture. Appearing computer programing and emergence of 2D CAD and 3D software in the field of architecture, has improved many of used methodologies. These new developed methodological systems have been named as Building Information Modeling (BIM). Since BIM methodology is used in nD projects, is not only used in project planning processes, but also can be used in many other subjects like project management, structure sustainability and construction management. The architects have been using BIM systems in their deisgns in more and more efficient ways. These methodologies have been drafting designs into different positions as possibble. The methodology has also been directly related to architectural design and movements, rather than being related only to the field of Architecture. Architectural designs have been varied by the progressive design and by the parametric design, which are developed through the graphical programming languages evolving alongside the BIM that is involved in our lives with today's technologies. Through the BIM, the collaboration among disciplinaries has been increasing and collaboration has been being conducted among all the stakeholders. Several issues that would occur during the construction period are prevented by precaution several confuse that might happen among the several design drawings of the building. This phenomenon have been supported by the cases that are given along the article. In this study, Building Information Modelling Systems; which are gathered in a new methodology that IT sciences earned to the field of Architecture; are investigated through the guidance of the literature sources which is supported by cases.

Keywords : Computer, Software, BIM, Methodology, Architecture, Parametric Design

1.GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin gelişmesi hemen hemen her sektörün uzun yıllardır süregelen uyguladıkları metodolojileri değiştirmiştir. Birçok alanda kullanılan yöntemler değişmiş ve teknolojinin getirdiği bu yeni değişimle birlikte her alan bu değişimlere entegre olmuştur.

1970'li yıllarda teknolojinin gelişmesiyle birlikte bilgisayar sayıları artmıştır. Bu artışa paralel olarak bilgisayar yazılımlarında da artış ve gelişme gözlenmiştir. Bu artışla birlikte yeni programla dilleri ve yeni programlama mantıkları gelişmiştir. Bu programlama dillerinin hepsi en son aşamada nesne tabanlı yazılımlara dönüşmüştür. Bu alanda çeşitli kurum ve kuruluşlarca yeni bilgisayar programları da piyasaya sürülmüştür (İlhan, 2015). Mimarlıkta ki yeni metodolojiler ve akımlar, gelişen bu yazılım ve bilgisayar teknolojisiyle birlikte gelişmiştir. Özellikle gelişen bu yazılım teknolojisiyle birlikte mimari tasarım anlamında hesaplamalı tasarım ve parametrik tasarım gibi kavramlar da gelişmiştir. Mimarlık alanındaki geliştirilen bu yeni akımlar gelecekteki oluşacak yeni mimari akımlara da öncülük edebilecektir (Bredella, 2019).

Gelişen teknolojik imkânlarla birlikte yapı sektörü ve bu sektörü de ki gerek projelendirme süreçleri gerekse yapım süreçlerinde ki proje paydaşlarının da çalışma metodolojilerinde değişimlere neden olmuştur. 2 boyutlu CAD ve 3 boyutlu çizim programları günümüz teknolojisiyle birlikte gelişmiş ve bu gelişmelerle paralel yeni metodolojiler ortaya çıkmıştır (Mathews, 2013). Teknolojiyle birlikte hayatımıza giren bu yeni metodun ismi Yapı Bilgi Modellemesidir. Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) sayesinde mimarlar, mühendisler artık daha verimli çalışabildikleri gibi günümüzde inşa edilen kompleks yapılarda da hata paylarını en az düzeye çekebilmektedirler (Öktem & Ertuğral, 2017).

YBM tabanlı sistemler sadece verimlilik üzerine kurulmuş bir sistem değildir. YBM metodolojisi aynı zamanda günümüzdeki 2 boyutlu CAD ortamları ve 3 boyutlu ortamlarında modelleyemediğimiz yeni hesaplamalı tasarımlar ve parametrik tasarımları yapabilmemizi sağlarken bunların diğer proje paydaşları ile paylaşarak üretime geçmesi gibi diğer süreçlere de geçilebilmesi sağlanmıştır (Azhar, Khalfan, & Maqsood, 2012).

YBM metodolojisi sayesinde günümüzde projeler için yaşam döngüsü sistemi oluşturulmuştur. Bu yaşam döngüleri sadece projelendirme ya da sadece yapım aşamasıyla birlikte sınırlı kalmamış yapıların sürdürülebilirliği gibi kavramlar dahilinde projelerin hayata geçirilerek yürütülmesi de söz konusu olmuştur (Acs, 2015).

Bu çalışmada YBM metodolojisinin kapsamı ve örneklerle desteklenerek günümüz metodolojisinin açıklanması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda gerekli kaynak taraması yapılarak çalışılmış olup YBM metodolojisinde günümüz mimar ve mühendislerinin nasıl çalışması gerektiği vurgulanmıştır (Yang & Liao, 2016).

2.BİLGİSAYAR ORTAMINDA TASARIMIN GELİŞİMİ

Gelişen teknoloji ile birlikte hayatımıza giren bilgisayar ve yazılımlar gün geçtikçe çok hızlı bir şekilde gelişmektedir. Gelişen bilgisayar bilimleri sayesinde oluşan imkanlar her alanı etkileyebildiği gibi mimarlığı da etkilemektedir.

İnsanlık tarihindeki geçmiş dönemlere ve uygarlıklara bakıldığında her dönemin koşulların ve teknolojik imkanları doğrultusunda mimari metodolojiler geliştirilmiştir. Örnek verilmek istenirse Mısır uygarlığında M.Ö. 2700’li yıllarda önemli bir yere sahip olan Baş Rahip İmhotep metodoloji anlamında döneminin teknolojisi ve bilgi birikimi ile oluşturulan tuğla fırınındaki tuğla diziliminin sıralanmasından yola çıkarak döneminin imkanları ile kurgusal bir düzen oluşturmuştur (Bauval ve vd. 2013). Oluşturulan bu düzen ile geçmişten günümüze kadar ulaşan mısır piramitlerinin fikri ortaya çıkmıştır. O dönemdeki teknolojinin günümüz kadar gelişmemiş olması ve bu kurgunun tamamının insan zihninde yapıldığı gerçeğini de ortaya koymaktadır. Verilen örnekteki gibi geliştirilen bu metodolojiler de dönemlerinin teknolojik imkânlarıyla birlikte paralel bir şekilde gelişmiştir. Bu paralellik sadece metodoloji olarak kalmayıp mimari tasarım akımlarını da etkilemiştir. Mimarlar kullandıkları metodoloji ile mimari tasarımlarını ortaya koydukları için metodolojinin doğrudan tasarım diline de etkisi vardır. Aslında bu paralellik birçok alanda bulunabilmektedir. Günümüzün metodolojisi olan teknolojik gelişmeler sayesinde sanat, bilim, mühendislik, mimarlık, sosyal ve beşeri bilimler gibi birçok alanda kullanılan metodolojiler de değişmiştir.

Bu değişim sadece metodolojilerle sınırlı kalmamıştır. Bu değişimlerle birlikte sosyal ve kent yaşamlarında da büyük değişimler görülmüştür. Dünyanın birçok ülkesinde insanlar köy gibi yerel yaşam alanlarından kentlere göç etmişler ve kentleşme hızı oldukça artmıştır. Bu kentleşmeyle birlikte birçok kent kontrolsüz bir şekilde büyümüştür. Bu kentleşme sorunlarından dolayı günümüzde gelinen son durumlar göz önüne alındığında, dünyanın birçok ülkesinde yeni akıllı kentlerin kurulması söz konusu olmaktadır. Gelişen bilgisayar ve yazılım teknolojisi göz önüne alındığında yeni yapılacak kentlerin ve yapıların yapay zekalar ile yönetilmesi ve insanların konut ya da yapı içerisindeki yaşamlarına göre yeni cevaplar verebilmesi yakın gelecekte beklenmektedir.

Gelişen bilgisayar bilimleri ve yazılımlar ile günümüzdeki mimarlık ve yapı bilimleri alanında devrim olarak nitelendirilen YBM tabanlı teknolojilerin tarihi 1970’li ve 1980’li yıllara kadar dayandığı düşünülse de ilk olarak 1962 yılında Douglas C. Englebart tarafından “Augmenting Human Intellect” isimli bir makalede bahsedilmektedir (Bergin, 2012). Ancak YBM sistemlerinin mantığı ve çalışma prensiplerinden biri olan hesaplamalı tasarım insanlık tarihinde kullanımı çok daha eskiye dayanmaktadır.

YBM metodolojisi ve çalışma sistematığı olarak hesaplamalı tasarım ve düzene sahip olmuştur. Hesaplamalı tasarım ve bilgi modellemesi günümüzde kullandığımız

teknolojilerle birlikte giderek geliştirilmiştir. Yapı henüz daha yapılmamışken bu projeyi sanal ortamda inşası ve kurgulanması, günümüz mimarlığı için önemli bir gelişme olarak görülse de geçmiş dönemlerde de mimarlar bu sistemlere benzer yardımcı sistemler kullanmışlardır.

YBM metodolojisinin altında yatan fikri ise Eastman (1999) *“bir binanın, yaşam döngüsü boyunca bütün ana aktivitelerim destekler nitelikte elektronik temsilini modelini geliştirmek”* tarafından açıklanmıştır. Aslında Eastman tarafından ortaya konan bu fikir yüzyıllardır mimarların kullandığı metodolojilerin teknolojiyle buluşması anlamına gelmektedir (Özener Ö. O., 2009). Ortaya koyulan bu metodoloji sadece tasarım süreçleri ile ilgili olmayacaktır. Günümüz koşulları gereği yapıların sürdürülebilirliğini de sağlanmasına yönelik bir metodoloji geliştirilmesi söz konusu olmuştur.

Teknolojinin tasarım metodolojisine girmesi ilk olarak 1963 yılında piyasaya çıkarılan Sketchpad programı ile olmuştur. 2 boyutlu çizim imkanı sağlayabilen bu program sayesinde tasarım ve mimarlık alanlarında 2 boyutlu çizim çağı başlamıştır. Bu program ve devamında gelecek 2 boyutlu çizim programları vektörel çizim imkanı sağlamıştır. CAD olarak adlandırılan bu bilgisayar destekli tasarım metodolojisi halen günümüzde kullanılmaktadır. Kağıt ve kalem yardımıyla yapılan çizimlerin bilgisayar üzerinde vektör ve noktalarla yapılabilmesini sağlamıştır (Mathews, 2013). Ancak teknoloji ve yapılan yapıların fonksiyonel ve fiziksel boyutlarının büyümesiyle birlikte bu programlarda yetersiz kalmıştır. Charles Eastman 2 boyutlu çizimlerin artık döneminin ve geleceğin gerekliliklerine göre yetersiz kaldığını öne sürerek 1977 yılında “İnteraktif Tasarım İçin Grafik Dili’ni geliştirerek günümüzün YBM sistemleri için ilk adımı atmıştır (Bergin, 2012). 1984 yılında Macaristan’da kurulan Graphisoft isimli şirket tarafından ilk 3 boyutlu çizim programı olan Archicad adlı program piyasaya çıkmıştır. Bu program sayesinde mimari tasarım unsurları kullanılarak 3 boyutlu şekilde tamamen çizim yapılabilmesine olanak sağlanmıştır. Archicad, YBM tabanlı teknolojilere en yakın ve Eastman’ın ortaya koyduğu Grafik dili ilkelerine bağlı ilk program olmuştur (Ofluoğlu, 2009). Archicad programı ile YBM metodolojije uygun şekilde çizim yapılıp bu metodoloji için ortaya konan tüm fikirlere esas bir program olmuştur (Martens, Peter, & Peter, 2007). Dr. Chuck Eastman, Georgia Teknik Üniversitesi’nde Mimarlık ve Bilgisayar Enstitüsü’nde YBM (BIM) terimini dünyaya sunmuştur (Zhao & Yang, 2012).

2 boyutlu ve 3 boyutlu bina modellemelerine uygun bu imkanlar ve teknoloji gelişmelerden hemen sonra YBM metodolojisini geliştirme ve sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için 4 boyutlu ve n-boyutlu çizim programlarının geliştirilmesine başlanmıştır. 1988 yılında Stanford şehrinde Paul Teicholz tarafından kurulan CIFE birimi bu araştırmaların merkezi olmuştur. Bu birim içerisinde birçok öğrenci ve araştırmacı YBM tabanlı teknolojiler üzerinde çalışmıştır. Bu birimde yapılan çalışmalar YBM tabanlı teknolojilerin ve metodolojilerin tabanını oluşturmuştur (Bergin, 2012). Bu birimde yapılan çalışmalardan hemen sonra 2 boyutlu ve 3 boyutlu çizim programları üzerinde çalışan ve geliştirdiği programlar ile geniş kitlelerce kullanılan Autodesk isimli firma YBM alanında yeni bir program geliştirip piyasaya sunmuştur. Geliştirilen

programın ismi Revit olup günümüzde YBM tabanlı programlar arasında sıkça kullanılan programlardan biri olmuş ve YBM metodolojisi yaygınlaşmıştır (I. Kıvırcık, 2016).

3. YBM KAPSAMI VE DİSİPLİNLERARASI İLİŞKİLER

3.1 Kapsamı

Günümüzde hızla artan teknolojik gelişmelerle birlikte, artan nüfusa karşı artan ihtiyaçlar, yapı malzemelerinin geliştirilmesi ve artan inşaat faaliyetleri ile birlikte ekonomik rekabet faktörleri göz önüne alınarak inşaat sektörü hızla büyümektedir ve sektörün ihtiyaçları da giderek artmaktadır. Bu ihtiyaçlara yönelik olarak proje paydaşlarının da sorumlulukları artmaktadır. YBM tabanlı teknolojiler ise proje paydaşlarının omuzlarına binen bu yükün hafifletilmesi ve süreçlerin doğru yönetilebilmesini sağlamıştır. YBM, projedeki yapı unsurlarını, yapı malzemelerini, çevresel ve fiziksel faktörleri gibi birçok faktörleri göz önüne alarak projelerin tasarımı, yapım süreçleri ve sürdürülebilirliği gibi kullanıcılara çeşitli bilgiler verecektir. YBM aynı zamanda mimari tasarım sürecinde aktif olarak kullanılarak hesaplamalı tasarım ve parametrik tasarım gibi argümanlarında rahatlıkla kullanılabilmesine olanak sağlamıştır. Proje için çevrenin ve oluşturulması planlanan yapı kütlelerine dair hesaplamalar yaparak çeşitli bilgiler sunacaktır (Kaçmaz, 2019).

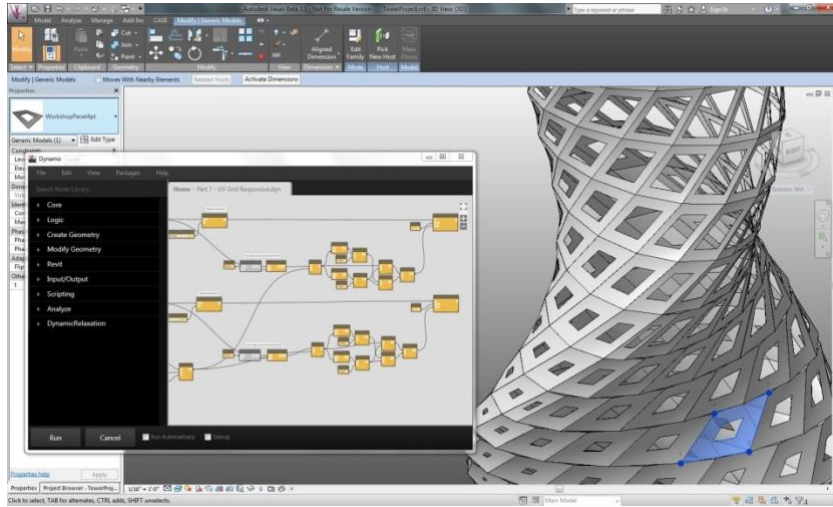
YBM tabanlı programlardan alınacak tüm bu bilgilerin ışığında projenin yapım ve yapım sonrası işletme maliyetleri hakkında alınan bilgiler ile ekonomik rekabet anlamında proje paydaşlarına gerekli duydukları bilgiler verilerek projenin ticari anlamda başarılı olması sağlanabilecektir (Karagöz, 2019).

YBM metodolojisi günümüz koşullarına göre değerlendirildiğinde tasarım ve inşa süreçleri için uygun bir metodoloji olarak görülmektedir. YBM sayesinde ortak bir amaç uğruna birçok kesimden insanlar toplanarak YBM'nin geliştirilmesi konusunda çalışmaktadır. Akademisyenler, öğrenciler, mimarlar, yazılım şirketleri gibi birçok alanda uzman kişiler günümüzde YBM tabanlı teknolojilerin geliştirilmesi için çaba göstermektedir. YBM metodolojisinin ortaya koyduğu tüm parametrelerle birlikte yapılan bütüncül tasarımlar, 3 boyutlu ya da 2 boyutlu tasarımlardan ayrılmaktadır. Diğer proje paydaşları ile birlikte projenin yaşam döngüsüne bağlı kalınarak 3 boyutlu ve 2 boyutlu çizimlerle birlikte modelleme ve tasarım imkanı oluşturulmaktadır (Tsai, Mom, & Hsieh, 2014). YBM metodolojisi tanımlanacak olursa; günümüzde insanların ortaya koydukları projelerin tasarımı, yapımı, maliyeti, işletimi, sürdürülebilirliği, bakımı ve güvenliği gibi birçok boyutta bilgilerin projeye sanal ortamda aktarımı ve gelecekte eklenecek birçok parametreye entegre olabileceği gibi bu süreçlerden oluşacak verilerin en iyi şekilde yapıyla birlikte modellenerek dijital olarak bizlere sunabilen günümüzün mimarlık metodolojilerinden biridir (Barlish & Sullivan, 2012).

3.1.1 Görsel Programlama Dilleri

YBM metodolojisinin yaygınlaşp kullanılmasıyla birlikte projelendirme metodolojisine yeni bir üye katılmıştır. Daha karışık formlar ya da çoklu formlar üzerinden daha basit komutlarla tasarım yapmak 2 boyutlu ya da 3 boyutlu çizim programlarında çok daha zordu. Bu programlarda hesaplamalı tasarım ya da parametrik tasarım düzeninde bir tasarım yapmak sadece bu programı bilmekle kalmayıp bu programlar üzerinden programla dillerini kullanarak script yazabilmek gerekiydi. Ancak yazılması planlanan bu scriptler çok uzun ve ciddi derecede programlama bilgisi gerektirmekteydi (Aranda-Mena, 2017). Bu durum mimarlar, tasarımcılar ve diğer proje paydaşları için kullanılabilir bir durum değildi.

YBM metodolojisi sayesinde kullanabildiğimiz görsel programlama dilleri sayesinde birçok sorun ortadan kalkmaktadır. Bir yazılımcının yapacağı karmaşıklığı kodları tamamen hazır görsel dizinler kullanılarak çizim unsurlarına verilmek istenen komutlar kolayca verilebilmektedir. Kullanıcıların ya da yazılım firmalarının ürettiği görsel dizin kutularının birbirine görsel olarak bağlanarak ve her kutuda işlevine bağlı olarak verilecek rakamsal değerlerle birlikte kutucuklar program tarafından aynı bir yazılım scripti işlenir gibi teker teker okunmaktadır. Bu yapılan okumalar sırasında çizim unsurlarına atanan algoritmali görsel dizin kutularındaki komutlarda da eş zamanlı bir şekilde uygulanmaktadır. Bu görsel programla platformlar ise arka yüzünde C## veya Pyhton gibi programlama dilleri kullanarak çalışmaktadır (Reinhardt & Mathews, 2017).



Şekil 1 : Revit Dynamo parametrik tasarım örneği

Kaynak : <https://dynamobim.org/dynamo-autumn-workshop-recap/>

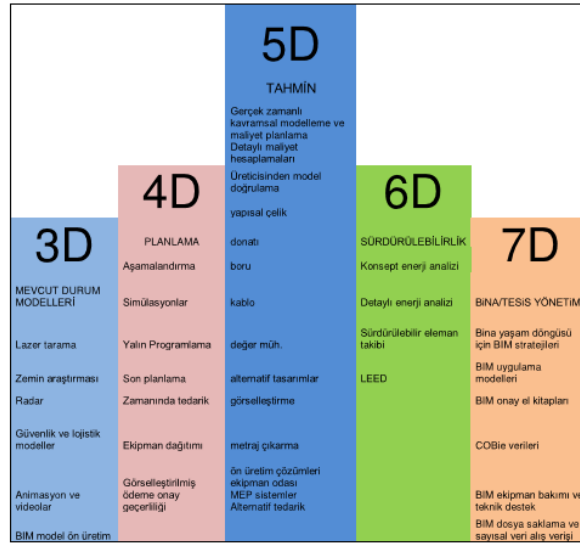
Görsel programla dilleri sayesinde günümüzde parametrik tasarım ya da hesaplamalı tasarımlar için herhangi bir yazılımcı ihtiyacı olmadan tasarımcılar tarafından kolaylıkla tasarım yapılabilmektedir. Görsel programlama dilleri sadece parametrik ya da hesaplamalı tasarım yapma amacıyla tasarlanmamıştır. Bu programlama dilleri sayesinde çok daha karmaşık ve geniş çaplı projelerde çizim unsurlarının gruplandırılması, metraj faaliyetleri, üretim ve bakım süreçlerine yardımcı

olabilecek data sağlanması gibi çeşitli amaçlarda kullanılarak proje paydaşlarına yardımcı olabilmektedir (Hammad, Sutrisna, Do, & Jonescu, 2018).

Grafiksel programlama dilleri ayrı platformlar üzerinden çalışmamaktadırlar. Bu programlama dilleri YBM tabanlı programlara entegre olarak çalışabilmektedir. Bu durumda çizim yapan proje paydaşları için ek olarak başka programlar arası geçiş yapmadan kolaylıkla programlama dilleri kullanılabilir ve YBM metodolojisi sayesinde oluşturulan bu ortak platformda rahatlıkla yeni tasarım ve çizim öğeleri kullanarak daha verimli çalışabilmektedirler. Oluşan tüm bu durumları toparlamak gerekirse YBM metodolojisi sayesinde hayatımıza giren görsel programlama dilleri bizlere yaptığımız tasarımları çok daha kolayca bilgisayar ortamına aktarabilmemizi sağlarken aynı zamanda yapılan çizim üzerinde ki kontrolümüzü sağlamlaştırdığını söyleyebiliriz.

3.1.2 YBM Boyutları

Gelişen bilgisayar bilimi ve yazılım teknolojisi ile birlikte geçmişte kullanılan 2 boyutlu CAD ortamları ve 3 boyutlu çizim ortamlarının yerini alan YBM metodolojisinde yapılan geliştirmeler sonucunda 3 boyutun üstünde belirli boyutlar tanımlanmıştır. Tanımlanan yeni bu boyutlarla ilgili projenin 2 boyutlu, 3 boyutlu yapılan modelleme ve çizimlerine ek olarak projenin yapım, sürdürülebilirlik, bakım-onarı, yaklaşık maliyet gibi çok çeşitli boyutlar kazandırılmıştır. Kazandırılan bu boyutlardan dolayı literatürde YBM programlarında belirli boyut sınıflandırmasına gidilmiştir. Tüm bu boyutlar literatürde “nBIM” olarak ifade edilmiştir. (Azhar ve vd, 2008; Erdik, 2018). 3D, 4D, 5D, 6D ve 7D boyutları YBM alanında üzerinde en çok durulan boyutlardır (Akkoyunlu, 2015). 4D boyutlu modellemeler yapının inşa süreçlerini iş akış şeması ve yapı yapım sırasında izlenecek yönergeleri içerir. 5D boyutu ise yapının yine 3D boyutundan faydalanarak projenin metraj ve projedeki fabrikasyon ürünlerin süreçleri hakkında bilgiler veren boyuttur. 6D boyutu projedeki yapının sürdürülebilir bir yapı olması enerji kimliği gibi yaklaşımlar ile yapının işletilmesinde enerji tasarrufu gibi çeşitli durumlara imkan verilmiştir. 7D boyutun da ise projenin yapım sonrası işletilmesi, projedeki mekanik ve elektronik ekipmanların bakımı ve konumları gibi çeşitli bilgi ve imkanlar sunarak havalimanı gibi çok büyük kompleks yapılar için büyük faydalar sağlamaktadır.



Şekil 3.6 : Çok boyutlu BIM (BIMTaskgroup).

Şekil 2: YBM Boyutları

Bu boyutlar sayesinde kompleks ve büyük yapılardan daha küçük yapılara kadar projelendirme, yapım aşaması ve yapım sonrası gibi bir projenin tüm yaşam döngüsü kapsayıcı şekilde ele alabilmemizi sağlayacaktır. Bu boyutlar sayesinde projeler bir bütün olarak tek bir platformda incelenebilecektir (Kamardeen, 2010). Bu faydaların hepsi günümüzde ve gelecekte ihtiyaç duyacağımız daha büyük ve karmaşık projelerde güvenilir bir disiplinler arası bir ilişki içerisinde daha verimli yapılar yapabilmemizi sağlayacaktır.

3.2 Disiplinler Arası İşbirliği

YBM sistemleri geliştirilmesiyle birlikte birçok yenilik gelmiştir. Ancak YBM ile gelen yenilikler sadece proje tasarımı ya da yapımı için değildir. YBM metodolojisi ile projenin paydaşları arasında veri akışı da hızlanmıştır. YBM metodolojisi sayesinde tüm proje paydaşları için ortak bir dil oluşturulmuştur. Bu ortak dil sayesinde her proje paydaşı projelendirme aşamasında bu ortak dili kullanarak projelendirme yapabilecektir. YBM tabanlı program platformları üzerinde yapılan statik, elektrik, mekanik, mimari gibi birçok proje üzerinde yapılan işlemleri tüm proje paydaşları tarafından görülerek projelendirme aşamalarında bir tesisat unsurları ya da yapı unsurları arasında olası bir çakışma durumu söz konusu olmayacaktır.

Dünyanın birçok ülkesinde YBM için gerekli standartlar ve mevzuatlar geliştirilmiştir (Alkawi, 2016). Buildingsmart adı altında yapılan bu mevzuata göre proje paydaşları arasında oluşturulan bu platformun ve ortak projelendirme dilinin faydaları şu şekilde sıralanabilir;

- Proje paydaşlarının duydukları gereksinimler için gerekli cevabı hızlı ve güvenilir bir platformda verilebilmesi

- Denetleyici kurum ve işverenler tarafından projede ki yapı unsurlarını ve yapı malzemeleri gibi çeşitli bilgilere ulaşıp istenilen standartlar ya da istenilen ihtiyaçlara göre sürekli denetlenebiliyor olması
- Projenin yaşam döngüsü boyunca gerekli veri akışının sağlanarak güvenilir bir bilgi kaynağı oluşu ve proje iyileştirmelerinin yapılabilirliği
- Projenin tasarım ve inşa sürecinde en uygun yazılımlar kullanılarak verim kaybının azaltılması
- Proje tasarımında pazar kalitesini ve rekabetçiliği artırması
- Projeden elde edilecek bilgilerin tedarikçiler tarafından gerekli karar ve ilkeler doğrultusunda kullanılabilir olması (Akkoyunlu, 2015; GSA 2007)

Disiplinler arası ortak çalışmalar yapılabilmesi için oluşturulan bu ortak platform sayesinde tüm proje paydaşları arasında veriler alışverişi ve sürdürülebilir bir proje süreci oluşturulmuştur (Akkoyunlu, 2015; Eastman ve vd, 2011). Proje üzerinden mimari proje için yapılan 3 boyutlu model aynı zamanda inşaat mühendisi, elektrik mühendisi, makine mühendisi ve diğer tüm proje paydaşları tarafından kullanılacaktır. Böylece yapılacak tek bir model üzerinden mimari, statik, elektrik ve mekanik gibi tüm sistemler proje yerinde inşa edileceği gibi tüm standartlara uygun bir şekilde disiplininde uzman kişiler tarafından modellenebilecektir. Yapılacak bu ortak model ile paydaşlar arasında gerekli tesisat, statik gibi olası çakışmalarında önüne geçilerek proje tadilatları ile yapı uygun bir şekilde modellenip inşa edilebilir hale gelecektir. Disiplinler arası yapılacak bu ortak çalışma ile projelendirme ve tasarım aşamasında ortak bir dil oluşturulmuş olacaktır (Akkoyunlu,2015).

Proje içerisindeki farklı disiplinlerdeki paydaşlar tarafından yapılacak imalat, metraj, planlama süreçlerinin hepsi YBM sistemi ile kontrol altında ve hızlı bir şekilde yapılabilecektir. Yapılacak gerekli metraj gibi hesaplardaki hata payları en az düzeye indirilerek disiplinler arası oluşturulan bu ortak platformdaki verimi yükseltecektir.

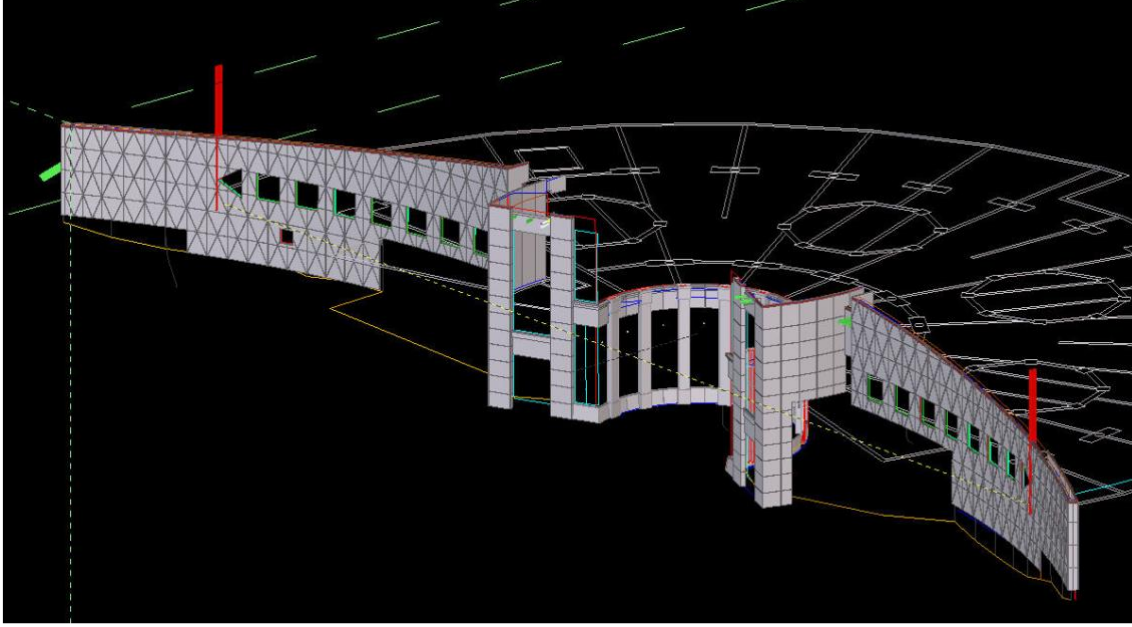
Projelendirme ve tasarım aşamasında disiplinler arası bir çalışma ile modellenen proje inşa sürecinde de kullanılacaktır. İnşa sahasındaki farklı disiplinlerdeki paydaşlar tarafından proje rahatlıkla incelenip herhangi bir hata ya da teknik aksaklığa mahal vermeden inşa süreci devam ettirilebilecektir.

4. Dünyada YBM ve Örnek Projeler

4.1 Blackfoot Tarihi Parkı Projesi

Blackfoot Tarihi Parkı, Kanada'nın Batı Kanada eyaletlerinden biri olan Alberta eyaletinde yaşayana yerli halk olan Blackfoot olarak adlandırılan halkın kültürel ve tarihsel öğelerini içeren turistik bir bölgedir. Yapının tasarım aşamasında hem bu kavmin kültürel hem de tarihsel öğeleri taşınması planlanmıştır. Cephesinde kavmin kültürel öğeleri yer alacak olup iç mekan çözümleri de kavmin yaşadıkları çadır tipolojisine benzer şekilde tasarımı yapıldı (Kaner, Sacks, Kassian, & Quitt, 2008).

Yapının cephesinde hem dikey hem de yatayda paneller bulunurken kavisli duvarlarla tasarıma kültürel etkiler kazandırılmıştı.



Şekil 3 : *Blackfoot projesinin bilgisayar ortamında oluşturulan cephe modeli*

Kaynak : (Kaner et al., 2008)

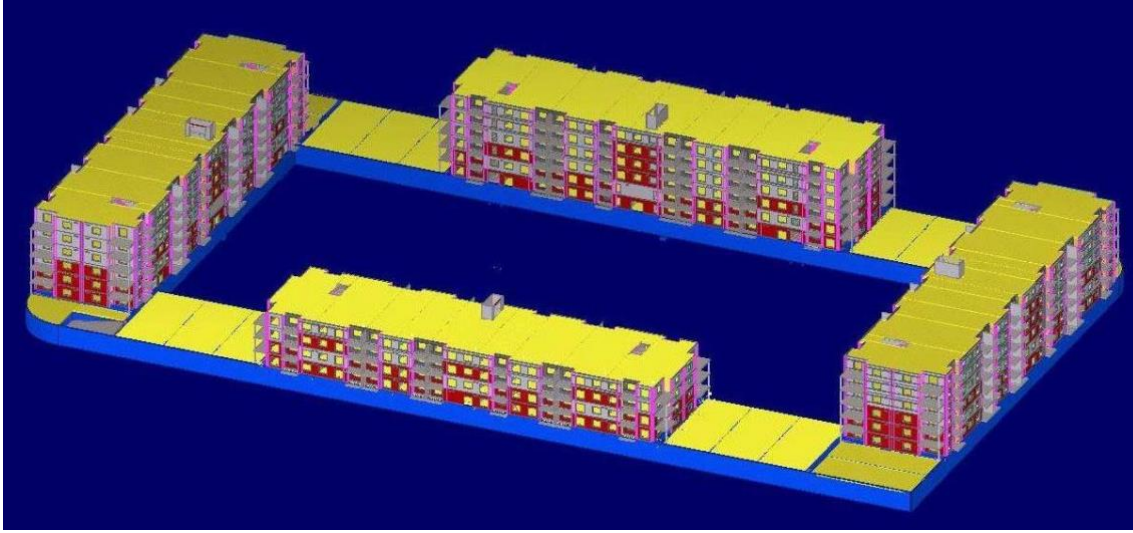
Cephede yapılacak panellerin betonarme ve çelik konstrüksiyon ile bütünleşmesi çok önemliydi. Yapının kütlesi ile cephesinin farklı olması istenen etkiyi bozacaktır.

Yapının tasarım aşaması 3 boyutlu programlar ve 2 boyutlu CAD ortamında başladı. Sonraki süreçlerde ise proje YBM ortamına aktarıldı. YBM ortamında çalışılması sırasında projenin yüklenici firması ve diğer paydaşlarla YBM ortamı üzerinden iletişime geçilerek projede kullanılacak yapı malzemesi ve yapı elemanlarıyla birlikte modellemesi tamamlandı. Kavisli prekast modellemeleri için kullanılan YBM programının grafik programlama dili olan altyapısı kullanılmıştır. Ancak asansör ve diğer mekanik yapı parçalarının üretimi için ilgili firmalara gönderilmek üzere CAD ortamına aktarılarak gönderilmiştir.

YBM uzmanları tarafından proje paydaşlarından gelen CAD çizimler YBM programlarının içine entegre edilerek çizilmiş bu projede başarılı sonuçlar alınmıştır. Projelendirme süresi olarak projenin YBM kullanılmadan yapılması halinde dahi aynı sürede projelendirilmiş ve modellenmiştir. Ancak 2 boyutlu ya da 3 boyutlu ortamlarda modellemesi halinde inşaat süreci ve projenin yaşam döngülerinde herhangi bir kazanç sağlanamayacağı gibi mekanik proje, statik proje, elektrik projesi gibi yapı hakkındaki birçok projenin çakışması sağlanarak projelendirme sürecindeki oluşabilecek hatalar en aza indirilmiştir (Kaner et al., 2008).

4.2 Eagle Ridge Projesi

Proje 22 konut yapısından oluşan kompleks bir site projesidir. 4 katlı ve 6 katlı yapılardan oluşmaktadır. Yapıların bodrum katlarında bloklar arası bodrum katları mevcuttur. Ancak yapıların buldukları alanlara göre bodrum katları ve zemin katlarında farklılıklar bulunmaktadır. Yapıların tamamı betonarme olarak tasarlanmıştır. Yapıların cephelerinde çok katmanlı cephe kaplamaları bulunmaktadır.



Şekil 4 : *Eagle Ridge Proje modellemesinin 4 katlı olan blokların görünümü*

Kaynak : (Kaner et al., 2008)

Yüklenici firma zamansal olarak çok kısa sürede projede imalata geçmek istemiştir. Bu şartlar altında mimari proje ofisi projeye direkt olarak YBM programlarında modellemeye ve tasarım aşamalarına başlamıştır. Projenin cephelerinde kullanılacak katmanlı cephe sistemleri ve taşıyıcılar diğer proje paydaşlarından gelen bilgiler doğrultusunda modellenmiştir.

Projenin YBM ortamında modellenmesinde 2 YBM uzmanı tarafından yönetilmiştir. Proje başlangıcında proje paydaşları ile yapılan toplantı sonucunda çıkan kararlar birer dosya haline getirilip proje öncesinde bir YBM protokolü hazırlanarak başlanmıştır.

Proje paydaşları ile yapılan toplantılar sonucunda YBM programları üzerinde buluşulan ortak platform sayesinde tasarım aşaması çok hızlı ilerlemiştir. 2 boyutlu ve 3 boyutlu programlar kullanılarak çizim sürecinde harcanacak süreden daha kısa sürede projelendirme yapılmıştır.

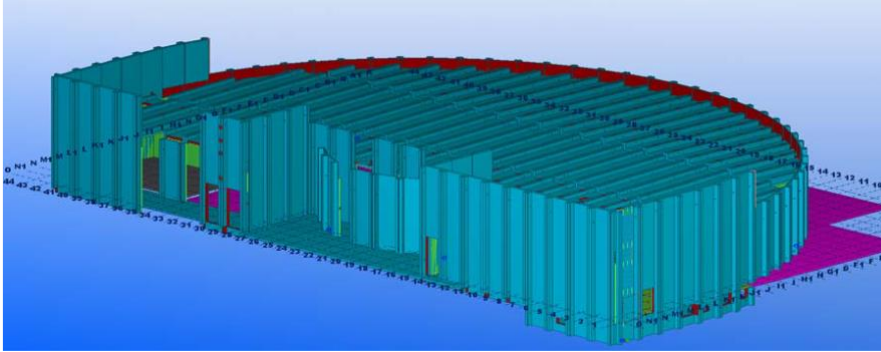
Projenin ilk etapta yapılan yapılarda görülen bazı aksaklıklar ve yüklenici firmalar tarafından istenen bazı revizeler olmuştur. Projede ciddi bir tadilat yükü oluşturmuştur. Çok katlı yapılarda yapılacak tadilat normal şartlarda 270 saat sürmesi beklenirken 203 saat gibi sürelerde sürmüştür.

Projenin yapım sürecinde CAD ortamında çizilen bazı montaj detayları ilk etapta YBM programlarına aktarılmamıştı. Ancak ilerleyen zamanlarda bu montaj detayları YBM programlarına aktarılmıştır ve diğer projelerle çakışmaları kontrol edilmiştir.

Proje 5D boyutuna kadar modellenmiştir. Bu yapılan modelleme sayesinde yapının projelendirme, metraj ve yapım sürecindeki fabrikasyon üretimler paralel şekilde yürütülerek yapım programına göre hiçbir sıkıntı yaşanmadan yapılmıştır. Çakışan noktalarda revizeler yapılarak projenin yapım sürecinin hatasız gitmesi sağlanmıştır. Projede olası çakışmalar YBM programları sayesinde giderilmiş olup yapım aşamasında birçok blokta nerdeyse hiç hatasız bir şekilde yapılabilmektedir (Kaner et al., 2008).

4.3 İsrail’de Prefabrik Sığınak Projesi

İsrail’in güney bölgesinde yapılan bu sığınak hava saldırılarına karşı çevre halkı korumak amacıyla yapılan kamusal bir yapıdır. Proje tamamen toprak altında ve 1500 m² alan kaplamaktadır. Yapı içerisinde sadece sığınak alanı değil teknik hacimlerde bulunmaktadır. Yapılan sığınağın kütlesi alışıldık bir kütle olarak tasarlanmamıştır. Sığınak kütlesi yarı dairesel bir form olarak tasarlanmıştır.



Şekil 5 : Prefabrik sığınak projesinin YBM ortamında ki modeli

Kaynak : (Kaner et al., 2008)

Yarı dairesel cephesinde kullanılması planlanan U profillerin hepsinin ölçüsü ve profili birbirinden farklı olacağı görülmüştür. Bu nedenle ilgili tasarımcılar ilk etapta CAD ortamında yaptıkları çizimler daha sonra YBM ortamına aktarılmıştır. Proje paydaşları ile yapılan toplantılar sonucunda proje başlanmadan önce belirli kurallar belirlendi. Proje 2 aşamada modellenecekti. İlk etapta dikey paneller ve profiller modellenecek 2. Etapta ise yatay paneller ve profiller modellenecekti.

İlk etapta yapılan modellemede çizim teknikerleri her panel başına yaklaşık olarak 16 saat harcadıkları görülmüştür. İlk etapta modelleme sırasında çok fazla hata yapılmış model arazi ile olan ilişkisi kurulamamış ve programlarla ilgili teknik sıkıntılar yaşanmıştır. Ancak 2. Etapta çizim teknikerlerinin artık tecrübe kazanmasıyla birlikte

her panel çizimi yaklaşık olarak 2.5 saat sürmüştür. Bu zamansal kazanım çalışma verimliliğini artıran çok önemli bir olay olmuştur.

Projenin YBM ortamında yapılması proje paydaşları tarafından %600'lük verim artışı yaşanmıştır. Yaşanan bu verim artışı proje paydaşları tarafından beklenmedik bir durum olmuştur. Projenin mimari tasarım ve uygulama kısmını üstlenen firma ilk etapta dil farklılığı ve vasıflı eleman eksikliğinden ötürü YBM konusunda bazı çekinceleri varken bu proje sonrasında YBM sistemlerine olan güvenleri artmıştır. YBM yazılımları CAD yazılımlarına göre çok daha karmaşık gibi görülse de elde edilecek verimlilik kıyaslanamayacak kadar çoktur (Kaner et al., 2008). Projede 2D, 3D, 4D, 5D, 7D gibi boyutlar kullanılarak projenin yapım sonrasında sürdürülebilirliği de sağlanmıştır.

5.SONUÇ

İnsanoğlu yerleşik hayata geçtiğinden beri mimarlık için çok çeşitli metodolojiler uygulamıştır. Yüzyıllar boyunca mimarlar geliştirilen teknolojiler doğrultusunda mimari tasarımlarına cevap verebilecek birer metodoloji uygulamaya çalışmışlardır.

Günümüzün teknolojik imkanları 1900'lu yılların başından beri geliştirilen teknolojilerin ve tekniklerin sonucunda oluşmuştur. Teknolojik imkanlar hala gelişmekte ve gelişmeye açıktır. Ancak bilgisayar bilimi ile gelinen noktaya bakıldığında sadece mimarlık değil birçok alanda ki metodolojilerin değiştiği görülebilmektedir. Bu değişimden kentlerimizde etkilenmekte olup sosyal yaşamlarımızı da değiştirmektedir. Mekan, zaman ve hızda olan bu tepki insan ihtiyaçlarıyla birlikte mimarlığında entegre olması gerekmektedir. Bu ihtiyaçlara YBM metodolojisi ile çözüm üretebileceği görülmektedir. YBM metodolojisi günümüz teknolojisi ile geliştirilmiş ve gelecekte de bu metodolojinin giderek gelişeceği görülmektedir.

YBM metodolojisinde ki programlar, günümüzdeki 2 boyutlu CAD programlarından ve 3 boyutlu programlardan farklı olarak n-boyutlu çalışma prensibine sahiptir. N-boyutlu çalışma prensibi sayesinde YBM metodolojisi kullanılarak projeler için yaşam döngüsü adı verilen süreçler oluşturulmuştur. Oluşan bu yaşam döngüsü süreçlerinde projeler için sadece çizim ve tasarım aşamalarında YBM programları kullanılmaz. YBM metodolojisi ile oluşturulan bu yaşam döngüsü süreçleri ile projenin yapım, maliyet, sürdürülebilirlik kavramları gibi çok yönlü bir şekilde ele alınabilmesi mümkün olmaktadır. Örneğin havalimanları, hastaneler gibi çok fonksiyonlu yapılarda kullanılan bu metodoloji sayesinde yapıların bakım, yapım, sürdürülebilirliği gibi mekanizmalar tamamen bilgisayar ortamına aktarılarak en az hata düzeyinde bu yapıların işlevlerinin ve bina programlarının sürdürülebilirliği mümkün kılınmıştır.

YBM içindeki programlar ile yapılan araştırmalar sayesinde, geliştirilen grafik programlama dilleri, hesaplamalı tasarım ya da parametrik tasarım gibi günümüzün tasarım kavramlarının ortaya çıkışını sağlamıştır. Geliştirilen bu grafiksel programlama dilleri, YBM metodolojisindeki programlar ile de entegre bir şekilde çalışabilmektedir. Grafik programlama dilleri sayesinde yapılan dinamik modeller aynı zamanda YBM

programları ile entegre olarak kullanılmasıyla elde edilecek veriler diğer proje paydaşlarıyla paylaşılabilmesine olanak vermektedir. Grafik programlama dilleri kullanılarak yapılacak çalışmalarda, YBM programlarının ara yüzlerinin kullanılması ve programlamada çalıştırılacak kodların grafiksel olarak gösterimi sayesinde herhangi bir yazılımcı desteği gerektirmeksizin kullanımı kolaylaştırdığı bilinmektedir.

Mimarlık eğitiminin YBM standartlarında yapılması, geleceğin mimarlarını doğrudan bu sisteme entegre edebilecektir. Çünkü YBM metodolojisi gelişerek sürekli yenilenmektedir. Gelecek dönemlerde ki YBM metodolojisindeki programlar ile birlikte geliştirilen yapay zeka yazılımlar ile projelerde karşılaşılan birçok zorlayıcı ve karmaşık durumu basite indirgeyerek çözümüne kavuşturabilecektir. Bu durumda mimarlık ortamının da yapay zeka kavramları ile tekrar ele alınmasını gerektirecektir.

Türkiye’de bulunan mimarlık okullarındaki eğitim ve öğretim programları incelendiğinde YBM metodolojisi konusunda yetkin bir şekilde akademik çalışmaların yapılmadığı ve metodoloji konusundaki eğitimlerin yeterli düzeyde olmadıkları görülmüştür. Türkiye’de ki bilinen mimarlık okullarına bakıldığında YBM tabanlı programların (Archicad, Revit, Allplan, Bentley) mimarlık eğitim programlarına girdikleri gözlemlenmektedir. Ancak bu okullarda yapılan eğitim çalışmaları sadece YBM metodolojisindeki programların kullanımı üzerine yapılmaktadır. YBM metodolojisi tabanlı çözümler ve disiplinler arası çalışmalara yönelik eğitimlerin olmadığı gözlemlenmektedir. Bu mimarlık okullarındaki YBM tabanlı eğitimlerin, mevcut öğrenci profilleri ele alınarak daha kapsamlı bir şekilde eğitim programlarına dahil edilmesi gerekmektedir. Günümüzde mimarlık okullarındaki eğitim ile YBM metodolojisinin arasındaki kopukluğun sonucu olarak günümüzdeki ticari faaliyetlerde gözlemlenmektedir. Gelişmiş ölkelerde yapılan inşaat alanındaki ticari faaliyetlerde de görülebileceği gibi YBM tabanlı programların tüm proje paydaşları tarafından en üst seviyede kullanıldığı görülmektedir. YBM tabanlı programlar kullanılarak yapılan bu projelendirme faaliyetler sırasında proje paydaşları hem işgücünden kazanç elde etmektedirler hem de zamandan kazanabilmektedirler. Günümüzde ki birçok gelişmiş ölkede, YBM metodolojisi tabanlı programların kullanımını zorunlu kılmışlardır. Örneğin Amerika, İngiltere, Finlandiya, Danimarka gibi birçok ölkede YBM üzerine resmi yönergeler çıkarılmış olup kullanımı zorunlu kılınmıştır. Ancak ölkemizde henüz YBM metodolojisine uygun bir yönerge hazırlanmamıştır. Ölkemizdeki mevcut ticari faaliyetlere bakıldığında proje paydaşlarının çoğunun YBM tabanlı programlar kullanmadığı gözlemlenmektedir. Aynı zamanda proje paydaşları tarafından çizilen projeler halen CAD tabanlı 2 boyutlu çizim programlarında hazırlanmaktadır. Hazırlanan bu projelerin yapım aşamasında ise birçok problem ortaya çıkmaktadır. Ölkemizde YBM metodolojisi kullanımını yaygınlaştırmak ve bu metodoloji kullanılarak başarılı sonuçlar elde edebilmek için öncelikli olarak proje paydaşlarının akademik eğitimleri süresince bu metodolojiyle birlikte bir eğitim verilmesi gerekmektedir. Ölkemizdeki mimarlık okullarında halen öğrenciler I-tipi profillerine göre eğitim verildiği gözlemlenmektedir. I-tipi profil eğitiminin amacı kişinin tek bir meslek dalında uzmanlaşmasını sağlamaktadır. Ancak YBM metodolojisinin içerdiği

prensiplerden dolayı yapılacak eğitim programlarında I-tipi profil eğitimi uygun olmayacaktır. YBM metodolojisi doğrultusunda oluşturulacak kapsamlı bir eğitim programı için I-tipi profil eğitiminin yerine, T-tipi profilde eğitim daha uygun olacaktır. T-tipi öğrenciler diğer disiplinler ile daha fazla işbirliği yapabilmektedirler (Barile, Saviano, & Simone, 2015) . T-tipi eğitim, kişinin sadece tek bir meslek dalında uzmanlaşmasını değil bu meslek dalıyla ortak bir şekilde çalışan tüm meslek dallarından da temel bilgiler öğrenmesini sağlayarak, kişinin disiplinler arası ortak bir çalışma yapabilmesi sağlanabilecektir. Temelleri disiplinler arası ortak bir çalışma ağına dayanan YBM metodolojisi için T-tipi eğitim profilinin daha uygun bir eğitim modeli olduğu görülmektedir.

Yapılan bu çalışmada anlaşılacağı gibi YBM konusundaki akademik çalışmalarının son yıllarda başladığı görülmüştür. Yapılan çalışmalara bakıldığından yurtdışında ki akademik çalışmalara göre henüz erken bir aşamada olduğu söylenebilmektedir.

KAYNAKÇA

- Acs, F. (2015). Building Information Modelling Impacts and Opportunities for Land surveying and the Cadastre. *EPrints Utas*, (October). Retrieved from <http://eprints.utas.edu.au/23180/>
- Akkoyunlu, T. (2015), *Kentsel Dönüşüm Projeleri İçin BIM Uygulama Planı Önerisi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 184.
- Alkawı, G. (2016). *Mimarlık Eğitiminde BIM Tabanlı Disiplinlerarası İşbirliği Önerisi*.
- Aranda-Mena, G. (2017). Bim Integration in Architecture Studios: the G-LAB Milano. *AUBEA 2017: Australasian Universities Building Education Association Conference 2017*, (July 2016), 527–539.
- Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (2012). Building information modeling (BIM): Now and beyond. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 12(4), 15–28. <https://doi.org/10.5130/ajceb.v12i4.3032>
- Barile, S., Saviano, M., & Simone, C. (2015). Service economy, knowledge, and the need for T-shaped innovators. *World Wide Web*, 18(4), 1177–1197. <https://doi.org/10.1007/s11280-014-0305-1>
- Barlish, K., & Sullivan, K. (2012). How to measure the benefits of BIM — A case study approach. *Automation in Construction*, 24, 149–159. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2012.02.008>
- Bergin, M. . (2012). *A Brief History of BIM*. Retrieved from <https://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim>

Inceoğlu, M. & İnan, B. (2020). Bilgisayar Destekli Tasarımın Gelişimi: Yeni Bir Mimari Metodoloji Olarak YBM. *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies (AIST)*, 3 (1): 47-65.

- Bredella, N. (2019). Simulation and Architecture: Mapping Building Information Modeling. *NTM International Journal of History and Ethics of Natural Sciences, Technology and Medicine*, 27(4), 419–441. <https://doi.org/10.1007/s00048-019-00224-9>
- Hammad, A. W. A., Sutrisna, M., Do, K., & Jonescu, E. E. (2018). *Design Economics Through Use of BIM as a Decision Support System*. (October).
- I. Kıvırcık. (2016). AN INVESTIGATION INTO THE BUILDING INFORMATION MODELING APPLICATIONS IN THE CONSTRUCTION PROJECT MANAGEMENT (Vol. 21). <https://doi.org/10.1044/leader.ppl.21052016.20>
- Ilhan, B. (2015). BIM and Sustainable Construction Integration: An IFC-Based Model. *MEGARON / Yıldız Technical University, Faculty of Architecture E-Journal*, (March). <https://doi.org/10.5505/megaron.2015.09719>
- Kaçmaz, Ş. (2019). Parametrik Tasarım ve BIM. *Yapı Bilgi Modelleme*, 1(1), 3–9. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ybm/issue/44342/477698>
- Kaner, I., Sacks, R., Kassian, W., & Quitt, T. (2008). Case studies of BIM adoption for precast concrete design by mid-sized structural engineering firms. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 13(June), 303–323.
- Karagöz, M. E. (2019). BIM ile Yapı Yaklaşık Maliyeti Hesaplama Önerisi. *Yapı Bilgi Modelleme*, 1(1), 39–45. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ybm/issue/44342/516259>
- Martens, B., Peter, H., & Peter, H. (2007). *ArchiCAD: best practice : the Virtual Building revealed*. Retrieved from <https://books.google.com.tr/books?id=4oUeAQAAIAAJ>
- Mathews, M. (2013). BIM collaboration in student architectural technologist learning. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 11(2), 190–206. <https://doi.org/10.1108/JEDT-10-2011-0067>
- Ofluoğlu, S. (2009). *Yeni Nesil Mimari Yazılımlar*.
- Öktem, S., & Ertuğral, O. (2017). *Örneklerle Bim Ve Kullanımı*.
- Reinhardt, J., & Mathews, M. (2017). The Automation of BIM for Compliance Checking: a Visual Programming Approach. *CITA BIM Gathering 2017*. <https://doi.org/10.21427/D7KJ68>
- Tsai, M. H., Mom, M., & Hsieh, S. H. (2014). Developing critical success factors for the assessment of BIM technology adoption: Part I. Methodology and survey. *Journal of the Chinese Institute of Engineers, Transactions of the Chinese Institute of Engineers, Series A/Chung-Kuo Kung Ch'eng Hsueh K'an*, 37(7), 845–858. <https://doi.org/10.1080/02533839.2014.888811>

İnceoğlu, M. & İnan, B. (2020). Bilgisayar Destekli Tasarımın Gelişimi: Yeni Bir Mimari Metodoloji Olarak YBM. *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies (AIST)*, 3 (1): 47-65.

Yang, T., & Liao, L. (2016). Research on Building Information Model (BIM) Technology. *World Construction*, 5, 1. <https://doi.org/10.18686/wcj.v5i1.1>

Zhao, L., & Yang, W. (2012). BIM technology of computer aided architectural design and green architecture design. *Proceedings - 2012 IEEE Symposium on Robotics and Applications, ISRA 2012*, 797–800. <https://doi.org/10.1109/ISRA.2012.6219311>