

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ARAZİ MODELLEMESİNDE BIM YAZILIMLARININ
KULLANIMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Anar MUSTAFAYEV

Mimarlık Ana Bilim Dalı

Mimarlık Programı

MAYIS 2019

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ARAZİ MODELLEMESİNDE BIM YAZILIMLARININ
KULLANIMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Anar MUSTAFAYEV

(Y1213.050005)

Mimarlık Ana Bilim Dalı

Mimarlık Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Gökçen Firdevs YÜCEL CAYMAZ

MAYIS 2019





T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi

Enstitümüz Mimarlık Ana Bilim Dalı Mimarlık Tezli Yüksek Lisans Programı Y1613.050024 numaralı öğrencisi **Anar MUSTAFAYEV** 'ın "ARAZİ MODELLEMESİNDE BİM YAZILIMLARI KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ" adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 20.02.2019 tarih ve 2019/05 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından **ay. b. l. j.** ile Tezli Yüksek Lisans tezi olarak **KABUL** edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

Tez Savunma Tarihi : 14/05/2019

1) Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Gökçen Firdevs YÜCEL CAYMAZ

.....
[Signature]

2) Jüri Üyesi : Prof. Dr. Salih OFLUOĞLU

.....
[Signature]

3) Jüri Üyesi : Prof. Dr. Zülküf GÜNELİ

.....
[Signature]

Not: Öğrencinin Tez savunmasında **Başarılı** olması halinde bu form **imzalanacaktır**. Aksi halde geçersizdir.



YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Arazi Modellemesinde Bım Yazılımlarının Kullanımlarının Değerlendirilmesi” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (27/05/2019)

Aday / İmza





Aileme,



ÖNSÖZ

Destegi, fikirleri ve olumlu yaklaşımla bu tezin hazırlanmasına büyük katkı sağlayan, tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Gökçen Firdevs Yücel Caymaz'a, Bu süreçte, yoğun zamanlarında bile desteklerini esirgemeyen, yönlendiren Prof. Dr. Salih Ofluoğlu'na, ayrıca akademik eğitim yolumun başındayken benimle kendi tecrübelerini paylaşan Mimarlık ve Tasarım Fakültesi dekanı Prof. Dr. Turhan Nejat Aral'a, her zaman yanımda olduklarını hissettiren aileme, sabır ve hoşgörü gösteren iş arkadaşlarıma, destek ve anlayışlarıyla bana destek olan dostlarıma, teşekkür ederim.

Mayıs 2019

Anar Mustafayev



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
YEMİN METNİ	v
ÖNSÖZ	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
ABSTRACT	xxi
1 GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amaç ve Kapsamı	3
1.2 Yöntem.....	4
2 TOPOĞRAFYA VE ARAZİ MODELİ	7
2.1 Topoğrafya	7
2.1.1 Topoğrafyanın tanımı.....	7
2.1.2 Topoğrafyanın mimari tasarımda yeri.....	8
2.2 Sayısal Arazi Modeli.....	11
2.2.1 Arazi modeli kavramı.....	11
2.2.2 Sayısal arazi modeli kuramı	13
2.2.3 Sayısal arazi modelinin oluşturulması	15
2.2.4 Sayısal arazi modelinin bileşenleri.....	20
3 YAPI BİLGİ MODELİ ve ARAZİ MODELLEMESİNDE	
KULLANIMI	23
3.1 YBM'nin Tanımı ve Tarihçesi	23
3.2 YBM Tabanlı Yazılımlar	31
3.3 YBM'de Projelendirme Süreci ve YBM'nin Faydaları	34
3.4 YBM'nin Kullanım Alanları	40
3.5 Arazi Modellenmesinde YBM Yazılımlarının Kullanımı.....	44
3.5.1 Arazi modellenmesinde Revit yazılımının kullanımı	45
3.5.2 Arazi modellenmesinde ArchiCAD yazılımının kullanımı.....	48
3.5.3 Arazi modellenmesinde AllPlan yazılımının kullanımı	51
4 ALAN ÇALIŞMASI, ANKET ve VERİ ANALİZİ	53
4.1 Araştırma Yöntemi.....	53
4.1.1 YBM yazılımları değerlendirme kriterlerinin oluşturulmasına yönelik literatür çalışması	53
4.1.2 Anket sorularının hazırlanması	58
4.1.3 Örneklem modeli.....	59
4.2 Anket Çalışması İçin Katılımcıların Arazi Modellemesi Uygulamaları .	60
4.2.1 Anket katılımcılarının YBM yazılımlarında modelleme süreci..	61
4.2.1.1 Anket katılımcılarının ArchiCad modelleme sürecini tanımlamaları	62
4.2.1.2 Anket katılımcılarının Revit modelleme sürecini tanımlamaları	64

4.2.1.3	Anket katılımcılarının Allplan modelleme sürecini tanımlamaları.....	66
4.2.2	YBM yazılımlarının katılımcılar tarafından değerlendirilmesi ..	68
4.2.2.1	Anket katılımcılarının ArchiCAD programını değerlendirmeleri.....	68
4.2.2.2	Anket katılımcılarının Revit programını değerlendirmeleri.....	71
4.2.2.3	Anket katılımcılarının Allplan programını değerlendirilmeleri	72
4.3	Anket Çalışmasının Sonuçları.....	74
5	SONUÇ.....	77
	KAYNAKLAR:.....	79
	ÖZGEÇMİŞ:	87



KISALTMALAR

BIM	:	Building Information Model
CAD	:	Computer Aided Design
2B	:	İki boyutlu
3B	:	Üç boyutlu
3D	:	3 Dimensional
SAM	:	Sayısal Arazi Modeli
DTM	:	Digital Terrain Model
TIN	:	Triangular Irregular Network
DEM	:	Digital Elevation Model
DSM	:	Digital Surface Model
YBM	:	Yapı Bilgi Modelli
CAM	:	Computer Aided Manufacturing
GIS	:	Geographical Information Sistem
MEP	:	Mechanical, Electrical and Plumbing
HVAC	:	Heating Ventilation and Air Conditioning
IPD	:	Integrated Project Delivery



ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1: 7D YBM konsepti (Smith, 2014).	26
Çizelge 3.2: YBM tarihinde önemli gelişmeler (Bergin, 2011).....	28
Çizelge 3.3: Revit arayüzü elemanları (URL - 12).....	32
Çizelge 3.4: Charles Eatman'a (2011) göre YBM'nin faydalarının özeti.....	40
Çizelge 4.1: Anketlere Dayalı Kullanıcı İhtiyaçlarının ve YBM Beklentilerinin Özeti (Gilligan and Kunz, 2007).....	54
Çizelge 4.2: Gilligan and Kunz, 2007 çalışmasına göre YBM yazılımları için değerlendirme kriterleri.....	55
Çizelge 4.3: JMA şirketinin YBM yazılımlarından beklenti ve ihtiyaç listesi (Arayıcı vd, 2011).	56
Çizelge 4.4: JMA şirketinin YBM yazılımları değerlendirme kriterleri ve kriterlerin önemlilik katsayısı (Arayıcı vd, 2011).....	57
Çizelge 4.5: YBM yazılımları değerlendirme kriterleri (Yazar tarafından oluşturulmuştur).	58
Çizelge 4.6: Modelleme ve Anket çalışmasına katılanların bilgileri.....	59
Çizelge 4.7: YBM yazılımlarının değerlendirilmesine yönelik yapılan anket çalışmasının sonuçları.	74
Çizelge 4.8: Yapılan anket çalışmasının sonuçlarının ortalaması.	75



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Frank Lloyd Wright'ın Fallingwater projesi. A- Arazinin topoğrafik haritası, B- Binanın yerleşimi üçgenle gösterimi, C- Binanın harita üzerinde gösterimi (Weisberg, 2011. URL-1).	2
Şekil 1.2: Revit, ArchiCad, AllPlan yazılımları (URL-2).	4
Şekil 2.1: Arazi şekli için kullanım biçimlerini gösteren eskiz (Booth, 1979).....	9
Şekil 2.2: Eğimli ve düz alanlarda arazi kullanımı (Alexander, 1977).	10
Şekil 2.3: Eşyüksekti eğrisi ile gösterilen harita (Bevan, Bruce 1996).	12
Şekil 2.4: Gölgeleme tekniği kullanılan topoğrafik harita (URL - 3).....	12
Şekil 2.5: Taban Çizgisi, Tarama çizgileri ve Veri Noktalarını içeren harita (Miller, Laflamme, 1958).....	14
Şekil 2.6: Grid (düzenli kare ağ) ve TIN (düzensiz üçgen ağ) veri modelleri.....	16
Şekil 2.7: Üçgen yöntemi ile oluşturulmuş arazi modeli (Çetiner 1994).	16
Şekil 2.8: Grid yöntemi ile oluşturulmuş arazi modeli (Çetiner 1994).	17
Şekil 2.9: 10 m aralıklı eş yükseklik eğrileri haritası (Köse, 2006).	18
Şekil 2.10: DHM, DSM (URL – 4).	21
Şekil 2.11: DSM ve DTM arasındaki fark (URL – 5).	21
Şekil 2.12: DEM, DTM ve DSM (URL – 4).	22
Şekil 3.1: YBM'de proje yaşam döngüsü (URL - 6).....	23
Şekil 3.2: Planla, Tasarla, İnşa et, Yönet kavramları (URL - 7).....	24
Şekil 3.3: Obje tanımlama hiyerarşisi (Eastman & Henrion, 1977).	27
Şekil 3.4: ArchiCAD 1.0 (ilk versiyon) arayüzü (URL - 10).	29
Şekil 3.5: Revit arayüzü (URL - 11).....	32
Şekil 3.6: Archicad arayüzü (URL - 13).....	33
Şekil 3.7: Allplan arayüzü (URL - 14).	34
Şekil 3.8: Proje başlangıcından bitimine kadar öngörülemeyen maliyetler (Munroe, 2007).	38
Şekil 3.9: Revit'te Link CAD seçeneği (URL-15).	46
Şekil 3.10: Revit'te eş yükselti eğrilerinin sayısının ayarlanması (sol Increment 1000, sağ Increment 100) (URL-15).	47
Şekil 3.11: ArchiCAD'de "Arazi" aracı "Model" paneli (URL-16).	48
Şekil 3.12: "3D" penceresinde görüntülenme seçenekleri (URL-16).	48
Şekil 3.13: Eş yükselti eğrilerinin Mesh modele eklenmesi (URL-17).....	49
Şekil 3.14: Eş yükselti eğrilerinin Mesh modele eklenmesi (URL-17).....	50
Şekil 3.15: Solid Element Operations penceresi (URL-17).....	50
Şekil 3.16: Solid Element Operations işleminin sonucu (URL-17).	51
Şekil 3.17: AllPlan'da yapılmış vaziyet planı. (URL-18).	51
Şekil 3.18: AllPlan'da yapılmış arazi modeli ve üzerindeki yapılar (URL-19).	52
Şekil 4.1: Riverside Villa projesinin 3 boyutlu görselleri.	60
Şekil 4.2: Arazi topoğrafyasının CAD çizimi.....	61
Şekil 4.3: Riverside projesinin CAD çizimleri.	62
Şekil 4.4: Riverside projesinin ArchiCad modeli (Katılımcı A1).	63

Şekil 4.5: ArchiCad arazi modeli (Arazinin başlangıç ve son hali) (Katılımcı A2)..	64
Şekil 4.6: Revit arazi modeli (Katılımcı B1).....	65
Şekil 4.7: Revit modelleme süreci (Katılımcı B2).	65
Şekil 4.8: Riverside projesinin Revit modeli (Katılımcı B3).	66
Şekil 4.9: Allplan arazi modeli (Katılımcı C3).	67
Şekil 4.10: Allplan modeli (Katılımcı C3).	68
Şekil 4.11: Archicad “Cine” render motoru (Katılımcı A3).....	70
Şekil 4.12: Vray render.....	71
Şekil 4.13: Revit’te 90 derece açılı bölünmüş kesit (Katılımcı C2).....	73
Şekil 4.14: Farklı düzlemler için kesit. Allplan (Katılımcı C2).	73



ARAZİ MODELLEMESİNDE BIM YAZILIMLARININ KULLANIMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Tasarım ve proje oluşturmanın birçok yolu vardır. Sunulan yazılımların çok sayıda olması, kullanıcıları yanlış yönlendirebilir, özellikle öğrenciler ve genç mimarlar için bu durum sorun oluşturabilir. Firmaların çalışma alanlarındaki farklılaşmalara göre yazılımlar konusunda farklı gereksinimleri olacaktır. Bilgisayar yazılımları üreticisi firmaların, yazılımlar konusunda kendi görüş, amaç ve stratejileri vardır. Bu stratejiler bütün firmaların gereksinimlerini aynı anda karşılayamaz. Firmalar kendi gereksinimlerini karşılayan yazılımları bulmaya çalışırlar. Bu tez çalışmasının amacı, inşaat ve özellikle tasarım aşamasında arazi modellemesi ile ilgili mimarlar ve tasarımcılar için en iyi ve evrensel olabileceği düşünülen BIM yazılımların karşılaştırılmasıdır.

Bu amaçla tez çalışmasında kullanıcı değerlendirmelerini ölçmeye yönelik iki yöntem belirlenmiştir. İlk yöntem, BIM yazılımları kullanan birkaç mimar ve şirket tarafından bir arazi ve bina modellenip, onların bu süreçte yazılımlar ile ilgili karşılaştıkları artı ve eksi yönlerinin belirlenmesidir. Çalışmada bu katılımcıların fikirleri, yorumları, deneyimleri ve tercihleri dikkate alınmıştır.

İkinci yöntem, yazılımların, tez araştırma sürecinde belirlenmiş kriterlere göre katılımcılar tarafından değerlendirilmesini içeren anket çalışmasıdır. Anket sonucunda katılımcıların ArchiCad, Revit ve AllPlan programları ile ilgili bireysel ve profesyonel çıkarımları ile sözü edilen programların avantaj ve dezavantajları tanımlanmaya çalışılmıştır.

Çalışmanın sonucu, her kullanıcı ve her bir kriter için puanlar içeren bir çizelge ve her program için toplam puanlar çizelgesinde verilmiştir. Sonuç olarak belirlenen BIM programlarının kullanıcıları tarafından benzer değerlendirme puanları aldığı görülmüştür. Kullanıcıların en uygun yazılımı kendilerinin seçmesinin doğru olacağı kararına varılmıştır. Kullanıcı hangi programı kullanacağına karar verirken, kendisi için önemli olan kriterleri dikkate alarak seçim yapacaktır.

Anahtar kelimeler: BIM, YBM, Yapı bilgi modelleme, arazi, arazi modeli



EVALUATION OF BIM SOFTWARE IN TERRAIN MODELLING

ABSTRACT

There are a lot of ways to create design and project. The large amount of software offered can mislead users, especially students and young architects. Different companies have different software requirements. Also, computer software manufacturer companies have their own opinions, objectives and strategies in this regard. These strategies cannot meet the requirements of all companies at the same time. Only each company knows the software that meets their requirements. Therefore, the main purpose of this study was to compare the best and the most universal software for architects and designers during the construction and especially design phases.

The thesis work bases on two ways to accomplish this task. The first was the modeling of land and building by several architects and companies that use BIM, and the definition of the advantages and disadvantages of the programs during this process. Their subjective and professional ideas, comments, experience and preferences were considered in this thesis work.

The second method was a questionnaire, which was prepared for the evaluation of software by participants in accordance with the criteria defined in the research process. In the evaluation of the survey study, the pros and cons of the ArchiCad, Revit ve AllPlan software experienced during the modeling process and their professional careers were shown.

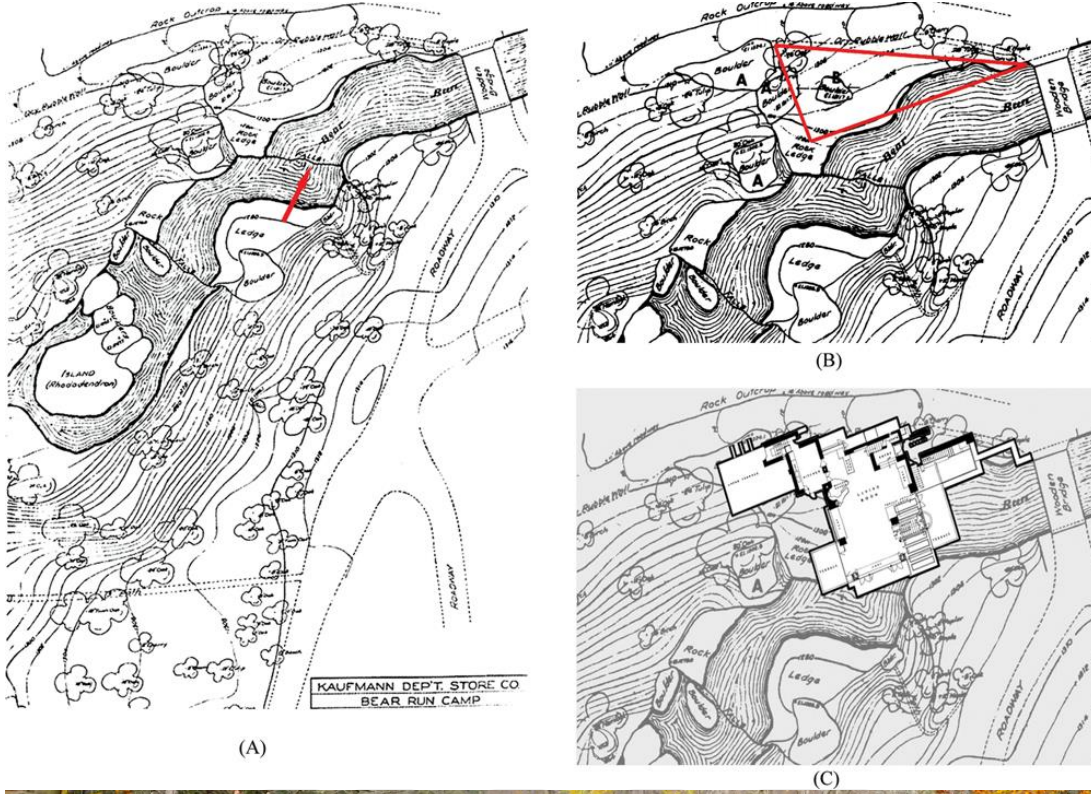
The result of the study is a table with estimates for each user and each criterion and a total score for each program. Therefore, the user must choose the most convenient software. The choice of solution depends on the importance of the criteria for user.

Keywords: *BIM, Building Information model, terrain, terrain model*



1 GİRİŞ

Mimarlık insanın koruma içgüdüsünden ortaya çıkan, bir barınak, yapı oluşturma ihtiyacından doğan bir eylemdir. Yapıyı inşa etmek boşluğu sınırlandırarak ve onu özel hale getirerek gerçekleştirilir. İnsanın bu belirli alanı oluştururken kullandığı yapısal elemanlar, aynı zamanda (ve öncelikle) yeryüzünde özel bir yer tanımlar. Yani mimarlığın esas amacı olan yapı, her zaman bir arazi üzerinde inşa edilmektedir. Bu açıdan yapı ile arazi arasında ilişki, bu ilişkinin yapıyı ve araziye etkilediği oldukça açıktır. Arazinin yapı tasarımını nasıl etkilediği konusu; yakın mimarlık tarihi içerisinde yer alan örneklere ve mimarların bu konuda fikirlerine göre araştırılabilir. Bu konuda modern mimarlardan Steven Holl, araziye, her defasında değişen ve üzerinde yer alacak yapıyı biçimlendiren bir “fikir kaynağı” olarak değerlendirmiştir. Holl’ın “savaş alanı” olarak nitelendirdiği zemin, yapının üzerinde yükseldiği araziye tanımlamanın yanında arazi-yapı birlikteliğinin biçimselliğinin ardında yatan fikirlerin de karşılaştığı alan olarak değerlendirmektedir (Deviren, 2001). Yapı-arazi ilişkisine örnek olarak gösterilebilecek diğer bir örnek Frank Lloyd Wright tarafından ortaya konulan ve kendisinin belirttiği gibi modern mimarlık idealini temsil eden “Organik Mimarlık” anlayışıdır (Wright, 1939). Wright, Architectural Record dergisinin Mart 1908 sayısında yayınlanan “Mimarlık Uğruna” (In the Cause of Architecture) başlıklı makalesinde, bu yeni mimarlık kavramını bir manifesto olarak sunmuş ve temel özelliklerini maddelerle sıralamıştır (Burat, 2012). Bu ilkelerden biri de yapının “arazisinden doğmuş gibi” görünmesi ve çevresi ile uyumlu olarak biçimlendirilmesidir. Fallingwater projesi de bu ilkenin en güzel kanıtıdır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Frank Lloyd Wright'ın Fallingwater projesi. A- Arazinin topoğrafik haritası, B- Binanın yerleşimi üçgenle gösterimi, C- Binanın harita üzerinde gösterimi (Weisberg, 2011. URL-1).

Günümüzde birçok mimarlık, mühendislik ve inşaat şirketleri, daha hızlı, sürdürülebilir ve ekonomik açıdan hesaplı projeler yapmak amacıyla BIM (Building Information Model), diğer adıyla Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) tekniğini kullanmaktadır. Proje çalışmalarında 3B arazi modellemesi genellikle en az önem verilen konulardan birisidir. Arazi morfolojisi bina tasarımına etki eden ve tasarıma yön veren en önemli etkendir. Tasarım aşamasında YBM yazılımları bina arazi ilişkisini daha iyi anlamaya ve tasarım sürecini kolaylaştırmaya yardımcı olabilir. Özellikle farklı disiplinlerin bir arada çalıştığı projelerde YBM yazılımları bu

disiplinler arasında köprü oluşturarak ortak çalışma platformu rolünü üstlenebilirler. Çok paydaşlı işbirliği ortamlarında mimarların diğer bina paydaşları ile birlikte çalışması sürecinde teknolojinin kullanımı, işbirliği için kolaylaştırıcı bir yol olabilmektedir (Alkawi, 2016). YBM yazılımları özellikle mimarlar, peyzaj mimarları, mühendisler arasında işbirliği ve ortak çalışması sürecine olumlu etki edebilir. Daha önceden, mimari, peyzaj, statik, elektrik, tesisat projelerinin yapımında, CAD (Computer Aided Design, Tr: Bilgisayar Destekli Tasarım), en çok kullanılan yöntem olarak bilinirken, günümüzde YBM yazılımlarının kullanımı özellikle büyük ve önemli projelerin mimarlık, inşaat ve mühendislik sektörlerinde giderek daha çok yer kaplamaya başlamıştır.

1.1 Tezin Amaç ve Kapsamı

YBM programlarının isminden de belli olduğu gibi esas odak noktası binanın kendisidir. YBM programları, binayı odak noktası olarak bütün tasarım ve inşaat sürecinin her bir evresinde binanın inşaatla ilgili bütün verilerini kendinde toplayarak bu verileri kolayca işleme ve güncelleştirme imkânı sağlar. Bu tezde YBM programlarının arazi modellemesi konusunda da becerilerini karşılaştırılmalı şekilde inceleyerek bina tasarımı ve inşaatı sürecinde mimarın bina-azami ilişkisini açık bir şekilde görerek doğru kararlar vermesini nasıl kolaylaştırabileceği konusu irdelenmiştir.

Günümüzde farklı teknik kapasiteye ve çalışma tekniklerine sahip Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) konusunda uzmanlaşmış birçok yazılım vardır. Bu yazılımlar her ne kadar aynı fiziksel temellere dayansa da bu programların farklı prensip ve tekniklerle çalışması ve her yazılımın farklı sonuçlar vermesi, meslek kamuoyunda farklı fikirlerin oluşmasına neden olabilmekte ve hangi yazılımı belli alanda daha etkili kullanabileceklerine dair kesin karar vermeleri noktasında karasızlıklar olabilmektedir. Farklı kullanıcıların aynı yazılımları kullanarak, aynı hedefe farklı tekniklerle ulaşması ve benzer sonuçlar alabilmesi, değerlendirme ve karşılaştırma sürecini daha karmaşık hale getirmektedir. Bu da modelleme kavramında insan (kullanıcı) etkeninin ne kadar etkin olduğunu göstermektedir. Başka bir deyişle, sonucu yazılım değil kullanıcı belirlemektedir. Her kullanıcı, farklı yazılımlar kullanıp farklı isteklere göre sonuçlar almak isteyebilir. Bu noktada yazılımın ne şekilde kullanıldığı önemlidir (Akmehmet, 2006).

Bu çalışmada, YBM yazılımlarının arazi modelleme konusunda yeteneklerinin gösterilerek, bina tasarımı ve projelendirilmesi sürecine, bina arazi ilişkisinin mimarlar tarafından daha iyi anlaşılmasına yardım edilerek, aynı zamanda programların kullanımında etken olabilecek pozitif ve negatif taraflar araştırılmıştır.

Araştırmanın kapsamı sayısal arazi modelinin ne olduğu, kısa tarihçesi, işlevleri, hangi problemlerin çözümünde yardımcı olduğu, ayrıca farklı YBM programlarının sayısal arazi modeli oluşturulması konusunda becerilerinin incelenmesidir. Bu araştırmada ele alınan farklı firmalar tarafından üretilmiş ve sektörün en çok kullanılan programları olan 3 farklı YBM yazılımı ele alınarak, bu programların arazi modellemesi konusunda becerileri incelenmiştir.

- Autodesk Revit,
- Graphisoft Archicad,
- Nemetschek Allplan yazılımları bu araştırmanın ana çalışma konularıdır.

(Şekil 1.2)



Şekil 1.2: Revit, ArchiCad, AllPlan yazılımları (URL-2).

1.2 Yöntem

Tezin araştırma konusu arazi ve YBM kavramlarını kapsadığından ikinci bölümde genel olarak arazi konusu ele alınmış, arazinin tanımı yapılmış, mimarlıktaki yeri ve bilgisayar ortamında modellenen sayısal arazi modeli teorik olarak anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde araştırmanın diğer bileşeni olan YBM konusu üzerinde durulmuştur. Bu bölüm YBM'nin tanımı, tarihçesi, YBM tabanlı yazılımlar, projelendirme süreci ve diğer konuları kapsamıştır.

Tezin analiz bölümü olan dördüncü bölümde yukardaki YBM programları arazi modelleme açısından karşılaştırarak değerlendirilmeye çalışılmıştır. Bu değerlendirmenin daha güvenilir olması kaygısıyla aynı zamanda, alan çalışması ve anket çalışması olmak üzere iki yöntem uygulanmıştır.

İlk yöntemde; modelleme için bir arazi seçilmiştir. Seçilen arazinin her programı profesyonel olarak kullanan firma veya mimarlar tarafından her bir yazılımla modellenmesi istenmiştir. Mimar ve firmalar modelleme sırasında karşılarına çıkan problemleri ve programların avantaj ve dezavantajlarını belirtmişler.

İkinci yöntemde; modelleme sonrasında; anket çalışması için değerlendirme kriterleri listesi hazırlanmıştır. YBM programlarının karşılaştırılmasında birçok kriterler ele alınabilir ama bu tezde söz konusu arazi modellemesi olduğu için genel olarak bu konunun ağırlıklı değerlendirmesi yapılmış ve buna uygun kriterler seçilmiştir. Literatür taraması sonucu YBM yazılımlarının arazi modellenmesi konusunda çok fazla araştırma yapılmadığı ortaya çıkmıştır. Bu nedenle değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi için daha önceden yapılan YBM ve arazi modellenmesi yapılmış araştırmalar incelenmiş ve bazı çıkarımlara varılmıştır. Bu sonuçlara göre YBM yazılımlarının arazi konusunda değerlendirilmesi kriterleri belirlenmiştir. Bu kriterler de dördüncü bölümde sunulmuştur.

Mimar ve firmalar tarafından seçilmiş arazinin modelleme sürecini ve genel olarak daha önceden de tecrübe ettikleri bulguları göz önünde bulundurarak belirlenmiş kriterlere göre puanlama yapılmıştır. Puanlamalar ve her yazılım için puan çizelgesi dördüncü bölümün sonunda paylaşılmıştır.



2 TOPOĞRAFYA VE ARAZİ MODELİ

Bu bölüm iki alt başlıktan oluşmaktadır. Birinci başlıkta arazi ve topoğrafya kavramı, mimari tasarımda yeri anlatılacaktır. İkinci başlık ise Sayısal Arazi Modeli'nin, nerede kullanıldığı ve hangi problemlerin çözümünde nasıl yardımcı olduğu anlatılacaktır.

2.1 Topoğrafya

2.1.1 Topoğrafyanın tanımı

Topoğrafya, arazi özelliklerini, form ve yüksekliklerini tespit edip, bunları kâğıt üzerinde ifade eden bir bilim dalıdır. Aynı zamanda topoğrafya, arazi özelliklerinin tamamı anlamında da kullanılmaktadır (Kose, 2010).

Yunanca topos (yer) ve graphein (yazmak) sözcüklerine oluşan bu tanımın sözlük anlamları ise şöyledir:

1. Topoğrafya- Engebelerini belirtecek biçimde bir kara parçasını, kâğıt üzerinde çizgilerle gösterme işi (TDK Türkçe Sözlük, 1983).
2. Topography- Bir alanın niteliğini, özellikle arazi form ve yüksekliklerini göstererek anlatma, harita haline getirme bilimi (Longman Dictionary of Contemporary English, 1989).
3. Topographie, die- Arazi ilişkilerini (yollar, sular, yapılar gibi) gösteren yer tarifi (Sprach Brockhaus, 1984).

Özellikle Almanca tarifinde, topoğrafyanın tanımı sadece arazi değil, aynı zamanda üzerindeki doğal ve yapay örtüyü kapsaması, bütünsel tanımın çağrışımı açısından önemlidir (Yürekli, 1993).

Topoğrafyanın arazi şekil ve yüksekliklerini göstermek için kullandığı ana malzeme, topoğrafik plandır. Topoğrafik planda eğimi gösterebilmek için “eş yükselti eğrileri” kullanılmaktadır. Eş yükselti eğrileri, kısaca, yeryüzünde aynı yükseklikteki noktaların çizim kâğıdı üzerindeki dik izdüşümlerinin oluşturduğu eğriler olarak

tanımlanabilir (Özgen, 1984). Bu anlamda topoğrafik harita Sayısal Arazi Modelidir denilebilir.

2.1.2 Topoğrafyanın mimari tasarımda yeri

Mimarlık, fonksiyonel alanları ekonomik ve teknik olanaklarla birleştirerek, insanların barınma, çalışma, dinlenme ve eğlence gibi faaliyetlerini sürdürmeleri için gerekli alanları estetik yaratıcılıkla inşa etme sanatı olarak tanımlanmaktadır (Köse, 2010). Mimarlığın en temel uğraşı da mekân yaratma sanatıdır. Hasol'a göre, bir kişiyi belli bir ölçüde çevreden ayıran ve eylemlerini sürdürmek için uygun olan boşluk da mekan olarak tanımlanmaktadır (Hasol, 2002). Yapı ve zemin arasında olan ilişki, mimarlıkta her zaman çok önem verilen bir konudur. Mimari ürünler, yani yapılar arazi üzerinde yerleştiği için mimari tasarımı doğrudan etkileyeceklerdir. Özellikle bu eğimli arazi ise bina formunu büyük ölçüde belirleyecektir. Planlama her zaman araziyle başlar (Kostof, 1991). Binanın toprakla ilişkisi, binanın insanla ilişkisi ve binanın kendisiyle ilişkisi mimarlığın esasları olan üç ilişkidir. Mimarlık, hiçbir zaman boşlukta var olmaz, her yönüyle çevresiyle ilişki içindedir. Bina ile fiziksel çevresi arasındaki uyum, sanat olarak mimarlığın başlangıcıdır (Abercrombie, 1986).

Görsel çevrenin iki ana bileşen grubu; arazi formu ve arazi örtüsüdür. Arazi formu, çevrenin insan ve doğal güçler tarafından kolaylıkla değiştirilemeyen bölümüdür. Topoğrafik verilere dayanan ve dağlar, tepeler, vadiler, ovalar, kıyı şeritleri, denizler, akarsular, göller vb.yi oluşturan özelliklerdir. Arazi örtüsü ise, çevrenin, insan ya da doğa güçlerinin etkisinde oluşan ve sürekli değişim halinde olan yüzey örtüsüdür (Yürekli, 1977). İnsan, yaşadığı doğal ve kültürel çevre ile sürekli karşılıklı etkileşim içindedir; bir yandan çevresini etkilerken, diğer yandan çevresinden etkilenir.

Mimarlıkta tasarımı oluşturan çevresel veriler:

- fiziksel çevre: yer, topografya, iklim vb.
- kültürel çevre: sosyal, ekonomik, tarihsel, estetik vb.
- teknolojik çevre: mimari sistem için gerekli olan bilim ve teknoloji vb. (Yürekli, 1977).

Bina tasarımında öncelikle fiziksel çevre verileri dikkate alınacaktır. Binanın yapılacağı arsaya ait fiziki özellikleri bu fiziksel çevre verilerini belirleyecektir.

Bina yapılacak arsaya ait fiziki özellikler:

- büyüklüğü ve konumu,
- topoğrafik durumu ve zemin durumu,
- iklimi, yönü ve bölgedeki etkili rüzgarlar -ulaşım durumu,
- doğal güzellikler ve manzara durumu,
- oluşmuş mimarı doku,
- alt yapı,
- imar durumu ve yönetmelikler olarak tanımlanabilir (Arcan ve Evcı, 1992)

Topografya (ve eğim), bir yerleşim planlamasında etkin olabilecek önemli bileşenlerden birisidir. Eğim, toprağın diğer birçok fiziksel özelliğini doğrudan etkiler. Bu nedenle topografik plan, mimari tasarım ve planlamanın başlangıcında belki de en çok kullanılan araçtır (Marsh, 1991).

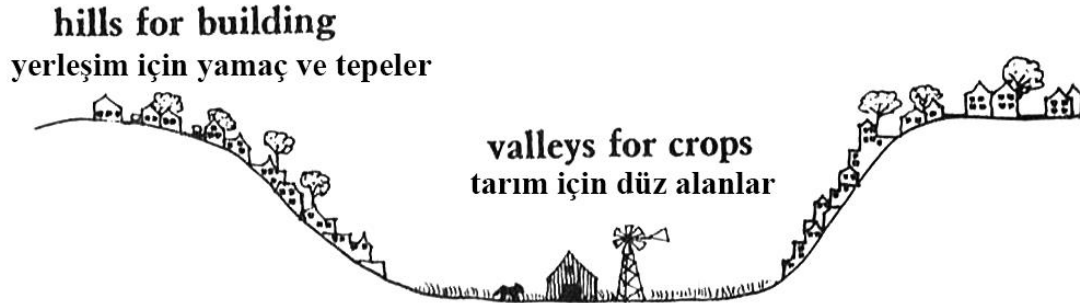
Mekânlar, fonksiyonel açıdan değerlendirildiğinde arazi morfolojisine bağlı olarak belirli farklar ortaya çıkacaktır. Başka bir deyimle arazinin formu yani, düz ya eğimli olması, üzerine getirilmesi düşünülen işlevin seçiminde verilecek kararlarda önemli olacaktır (Şekil 2.1). Bu kararlar, eğimin inşaatı zorlaştıracığı ve tüm fonksiyonlara uygun olmayacağından, aynı arazi eğimine göre birçok fonksiyon arasından öncelikler seçildikten sonra verilmelidir (Alexander, 1977).



Şekil 2.1: Arazi şekli için kullanım biçimlerini gösteren eskiz (Booth, 1979).

Düz araziler hem tarım hem de inşaat için uygun olan arazi tipleridir. Alexander'e göre, mimar binaları, arazinin kötü olarak nitelendirilen kısmına yaparak koşulları iyileştirmeli ve toprağı kazanmalıdır. Tarım için kullanılmasa bile vadiler, parklar ve

doğal çevre için korunmalıdır. Kent ve şehir yerleşimleri ise tepelerde ve yamaçlarda bulunmalıdır. (Şekil 2.2). Eğer arazinin eğimli bir doğası varsa, yamaçların yerleşim için ayrılması gerekir (Alexander, 1977).



Şekil 2.2: Eğimli ve düz alanlarda arazi kullanımı (Alexander, 1977).

Arazi, mimarlık için söz konusu olan fiziksel çevrenin ana elemanlarından birisidir. Şekil ve yükseklikleri, topoğrafyası ise, arazinin doğal örtü gibi özellikleri yanında, daha etkili ve kalıcı bir parçasıdır (Yürekli, 1993). Yüzyıllar boyunca, düz araziler zorunluluktan dolayı tarım için kullanılmışlardır. Aynı zamanda savunma kolay olduğundan dağlık, çok eğimli araziler de yerleşim için ayrılmıştır. Günümüzde inşaat zorlukları, altyapı problemleri ve masraf artımından dolayı inşaat için daha düz araziler tercih edilmeye başlanmıştır. Yalnız kentselleşme yönünde yürüdüğümüz bu dönemlerde özellikle artık kentselleşmiş yerleşimlerde ve megapollerde inşaat yeri seçme lüksü nerdeyse yok denecek kadar azalmıştır. Yapılacak projelerde mevcut arazinin topoğrafyasına göre projelendirme yapılmaktadır. Hatta bu anlamda eğimli arazi yerleşim için bir risk mi, yoksa tasarım için bir şans mı, tartışması yeni dönemde bir tartışma olarak karşımıza çıkmaktadır (Dorward, 1990).

Bütün bunlar gözönünde bulundurulur ise, projelendirme ve tasarım sırasında binayla birlikte arazi üzerinde görülen bütün işlerin kolaylaştırılması genel tasarım sürecini de olumlu etkileyecek hem zaman hem ekonomik anlamda tasarruf sağlayacaktır. Bu yüzden YBM sisteminin bu yönde de kullanılmasının incelenerek, YBM programlarının bu konuda değerlendirmesinin yapılmasının amaçlanması bu çalışmanın önemini artıracaktır.

2.2 Sayısal Arazi Modeli

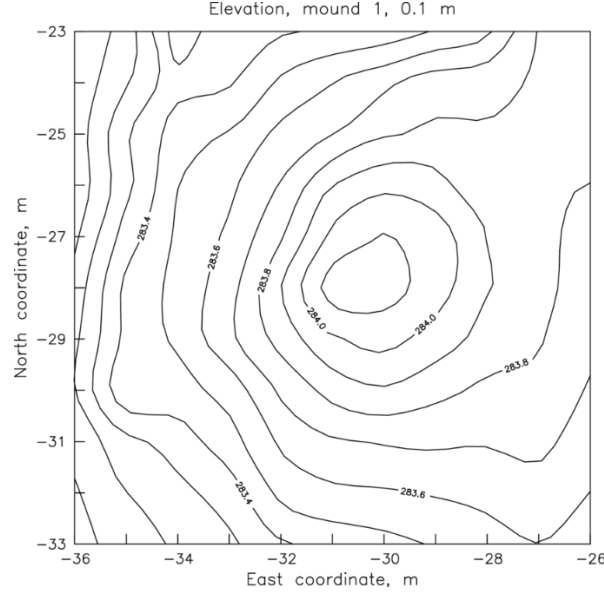
2.2.1 Arazi modeli kavramı

Model, her hangi bir şeyi ifade etmek için kullanılan nesne veya varlıktır. Model, ölçęi azaltılmış ve anlaşılır bir forma salınmış bir nesne veya konsepttir (Meyer, 1985).

İnsanlar, antik devirlerden beri sahip oldukları araziyi ifade etmek, göstermek için birçok yollar denemişlerdir. İfade tekniği olarak çizim en eski ifade şekli olmuştur. Çizim, arazi hakkında basit bilgi vermekte idi ve ölçü doğruluğu son derece düşüktü. Bu çizimler şu an kullanılan haritaların çıkış noktası sayılabilir. Haritalar toplumun oluşmasında dil kadar büyük rol oynamıştır. Antik zamanlarda arazinin gerçek üç boyutlu formunu ifade etmek için haritalarda bazı sembol ve resimler kullanılmıştır. Bu haritaların metrik ölçü doğruluğunun düşük olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır. Arazi ölçüleri ve sınırlar coğrafik elemanlara göre belirlenmekteydi. Modern haritalar ise iyi tasarlanmış semboller sistemine ve matematiksel temellere dayalı teknikler içermektedir ve aşağıdaki üç başlıca özelliği cevaplamaktadır:

1. Ölçüle bilirlik matematiksel kurallara göre garanti edilir,
2. Sezgi, sembolleşme ile sağlanır,
3. Arazinin ifade edilmesi genel tekniklerle sağlanır.

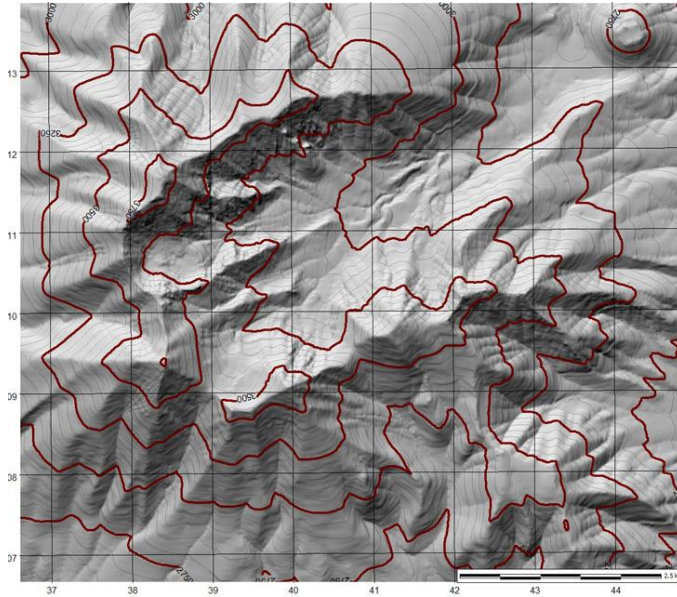
Eşyükselti eğrisi ile gösterilen harita en çok kullanılan harita tipidir. Eşyükselti eğrisi ile gösterilen haritaları, algılama kolaylığı ve sezgiselliği nedeniyle haritalama tarihinde en önemli buluşlardan biri olduğuna birçok kişi tarafından inanılmaktadır (Şekil 2.3). Topoğrafik haritada, arazinin tüm özellikleri ortogonal olarak 2B yatay bir düzlem üzerine yansıtılarak ifade edilir. Arazi özellikleri ve detayları belli bir ölçęe kadar küçültülmüş ve çizgi ve sembollerle tanımlanır. Arazi yüksekliği ve morfolojisi eşyükselti eğrileri ile gösterilir. Bu yükseklik gösterme tekniğinin tarihi 18. yüzyıla kadar gitmektedir.



Şekil 2.3: Eşyükselti eğrisi ile gösterilen harita (Bevan, Bruce 1996).

Bir topoğrafik harita üç boyutlu gerçeği iki boyutlu göstermektir. Yalnız bu iki boyutlu gösterim ve üç boyutlu gerçeklik arasında daima bir boşluk vardır. Bu boşluk yüzünden haritacılar, arazinin üç boyutlu ifadesi için hangi yolların kullanılabileceğini araştırmışlardır. Geleneksel olarak topoğrafik haritalarda skenografi, gölgeleme, renk tonu katmanları gibi teknikler kullanılmıştır.

Bu teknikler arasında gölgelendirme yaygın olarak kullanılmaktadır çünkü bilgisayarlar tarafından kolaylıkla oluşturulabilir. Gölgeleme metodu ile yapılan haritalar diğer tiplerine göre daha detaylı ve kolay anlaşılabilir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Gölgeleme tekniği kullanılan topoğrafik harita (URL - 3).

Fotoğrafın keşfi haritaların gelişim sürecini olumlu etkilemiştir. 1849'dan sonra fotoğraflar ve daha sonra hava fotoğrafları, harita çizimleri için kullanılmaya başlamıştır. Hava fotoğrafında, üç boyutlu yüzeyin bir boyutu olan yükseklik değeri belli değildir. Bu nedenle, zemin noktalarının gerçek yükseklikleri hakkında bilgi elde etmek için tek bir hava fotoğrafı kullanılamaz. Bu fotoğraflar sadece arazi koordinatları olan bir planı elde etmek için kullanılır. Arazi parçasının farklı yerlerden bir kaç fotoğrafı kullanılarak arazinin yükseklik haritası oluşturulabilir. Bu tekniğe fotogrametri denir.

2.2.2 Sayısal arazi modeli kuramı

Arazi verilerinin araştırması ve öğrenilmesi 18. yüzyılda Alman coğrafya bilim adamlarının çalışmalarıyla başlamıştır (Peter Mamontov, 2012). Bu alanda olan çalışmalar, jeoloji, hidroloji, okeonoloji, ekoloji, klimatoloji, harita ve inşaat mühendisliği ve başka alanlarda sıkça kullanılarak bu bilimlerin ilgi alanına giren işler ve problemlerin çözülmesini kolaylaştırmıştır.

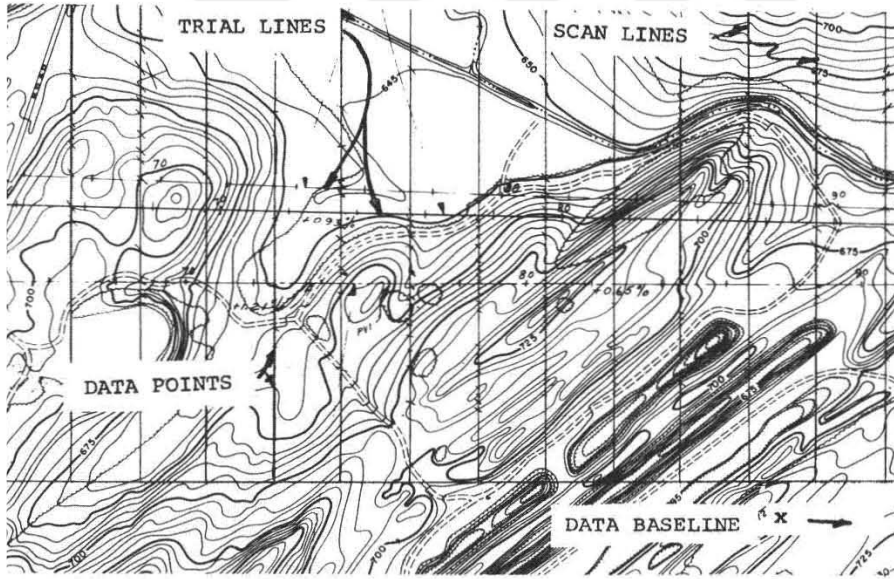
Teknolojinin gelişmesi arazi verilerinin rakamsal ortamda modellenmesini mümkün hale getirmiştir. Başlangıçta arazi modelleri, kauçuk, plastik, kil, kumdan yapılmış fiziksel modellerken; örneğin İkinci Dünya Savaşında kauçuktan yapılmış birçok arazi modeli stratejik planlama için kullanılmıştır.

Sayısal Arazi Modeli düşüncesi 1950'li yıllarda yol projeleriyle ilgili olarak ortaya çıkmıştır. Roberts (1957), ilk olarak, yol planlama ve tasarımında veri edinmek için yeni bir araç olarak fotogrametri teknikleri ile dijital bilgisayar kullanımını önermiştir. Daha sonra Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nün Profesörleri Dr. Charles L. Miller ve Laflamme (1958) tarafından bu düşünce geliştirilerek, daha detaylı işlenmiş ve yol projelerinin hazırlanması için gereken bazı aşamaların, bilgisayarlar kullanılarak otomatik olarak gerçekleştirilmesi konusunda çalışmalar yapılmıştır. Sayısal Arazi Modeli kavramı ilk defa bu çalışmalarda ortaya konulmuştur. Miller ve Laflamme'nin sayısal arazi modeli kavramı, Dijital arazi modeli (DTM), zemin yüzeyinin rastgele bir koordinat alanındaki seçilmiş çok sayıda bilinen X, Y, Z koordinatlarına sahip noktalarla istatistiksel bir gösterimdir (Miller ve Laflamme, 1958).

Miller ve Laflamme aynı zamanda konvansiyonel arazi ifade tekniklerine göre SAM'ın üstünlüklerini aşağıdaki şekilde tanımlamışlardır:

- Çeşitli gösterim şekilleri: Dijital formda, topoğrafik haritalar, dikey kesitler ve kesitler ve 3 boyutlu animasyon gibi çeşitli sunum biçimleri kolayca üretilebilir.
- Zamanla veri hassasiyetinde herhangi bir kayıp olmaz: Zaman ilerledikçe, kâğıt haritaları deforme olabilir, ancak SAM, dijital ortam kullanımı nedeniyle hassasiyetini koruyabilir.
- Otomasyon ve gerçek zamanlı işleme fizibilitesi büyük: Dijital formda, veri entegrasyonu ve güncellenmesi analog formdan daha esnekler.
- Daha kolay çok ölçekli gösterim: DTM, farklı ölçeklerde gösterimlere karşılık gelen farklı çözünürlüklerde düzenlenebilir (Miller, Laflamme, 1958).

Şekil 2.5, taban çizgisi, tarama çizgileri ve veri noktalarının düzenlemesini gösterir. Veri Noktaları her eşyüksekti çizgisi için gösterilir, ancak sistem gereksinimlerinin belirttiği şekilde az ya da çok nokta kullanılabilir.



Şekil 2.5: Taban Çizgisi, Tarama çizgileri ve Veri Noktalarını içeren harita (Miller, Laflamme, 1958).

SAM' de sadece yol güzergâhları boyunca yer alan kesit doğrultularında yükseklik ölçümleri yapmak yerine, yolun geçtiği arazi parçasındaki çok sayıda noktanın (x,y,z) koordinatları ölçülmekte ve daha sonra yol geçkilerinin birçok parametresi bilgisayar yardımıyla hesaplanmaktadır. Elde edilen bu parametrelerin karşılaştırılması ile de en uygun yol güzergâhlarının hangileri olduğuna karar

verilmektedir (Doyle, 1978). SAM'ın kullanılmaya başlanmasıyla ile yukarda adı geçen bütün bu bilimlerin konvansiyonel veri işleme yöntemlerine göre daha hızlı gelişmesini sağlamaya başlamıştır. Sayısal Arazi Modeli, arazinin, bilgisayar ortamında oluşturulan sayısal gösterimidir. Bu tanım basit olarak sadece yükseklik verilerini, daha geniş anlamda ise hem yükseklik hem de planometrik verileri içermektedir (Alkış, 1997). Yomralıoğlu ise SAM'i bir coğrafi alanın, koordinatları bilinen birçok sayıda nokta yardımıyla sürekli bir yüzey şeklinde istatistiksel olarak gösterimi olarak tanımlamıştır (Yomralıoğlu, 2002).

2.2.3 Sayısal arazi modelinin oluşturulması

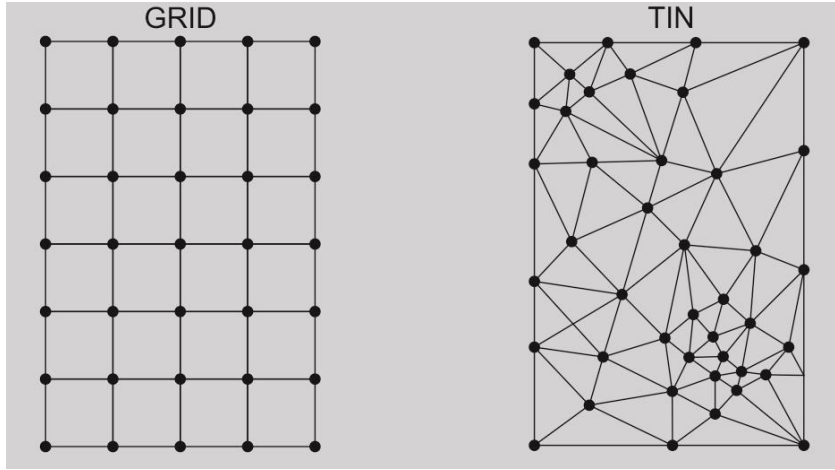
Sayısal arazi Modeli, arazi üzerinde belli noktalardan alınmış koordinat ve yükseklik değerleri esas alınarak oluşturulur. Bu noktalara referans noktaları, kontrol noktaları veya dayanak noktaları denir (Soycan vb. 2002). Daha sonra bu dayanak noktaları esasında yaratılmış Sayısal Arazi Modelinde her hangi noktanın koordinatına göre yüksekliği, ya da yüksekliğine göre koordinatları bulunabilir.

Sayısal Arazi Modeli çoğunlukla raster veri türü olarak, genellikle eşit aralıklı (Cartesian koordinat sisteminde kenarları 50 ve ya 500 metre olan) dikdörtgen ızgara olarak depolanır. DTM, GIS (Geographic Information System)'in en güçlü analiz ve görselleştirme aracıdır. DTM bir kaç şekilde modellenebilir;

- Kontör vektörleri şeklinde,
- Eşit aralıklı dikdörtgen ızgara olarak (Grid DTM terrain relief representation),
- Üçgen olarak bağlanmış farklı aralıklı noktalar seti (TIN - Triangular Irregular Network) olarak.

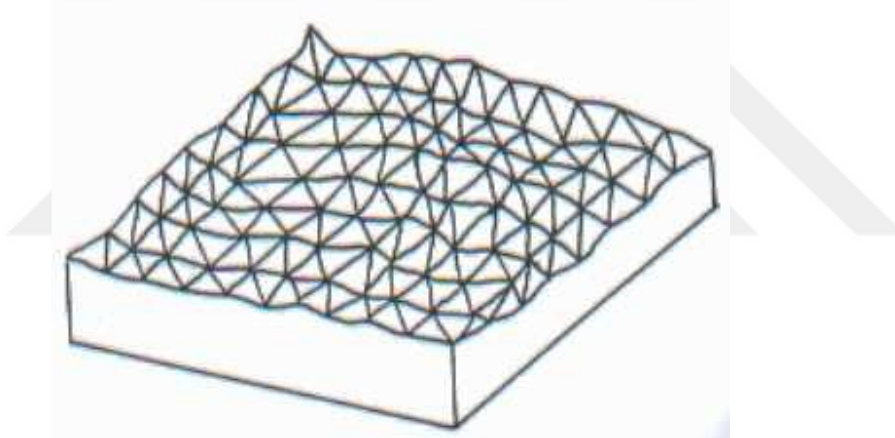
TIN - Triangular Irregular Network - X,Y, Z koordinatlarına sahip noktalardan oluşan çok sayıda üçgenlerdir. Bu noktalar bu üçgenlerin tepe noktalarıdır. Çok sayıda üçgenden oluşan modellerin yapılması metodu "triangulation" olarak adlandırılmaktadır (Peckham ve b. 2007).

Sayısal arazi modeli iki farklı yöntemle oluşturulmaktadır. Bunlar Grid ve TIN yöntemleridir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: Grid (düzenli kare ağ) ve TIN (düzensiz üçgen ağ) veri modelleri.

Koordinatları (x, y) ve yükseklikleri (z) ölçülmüş noktaların düzensiz sıklıkla yerleşmesinden ortaya çıkan sayısal arazi modelidir. TIN veri modeli birbirine komşu üçgenlerin arasındaki topolojik ilişkileri barındırır (Çetiner 1994). (Şekil 2.7).

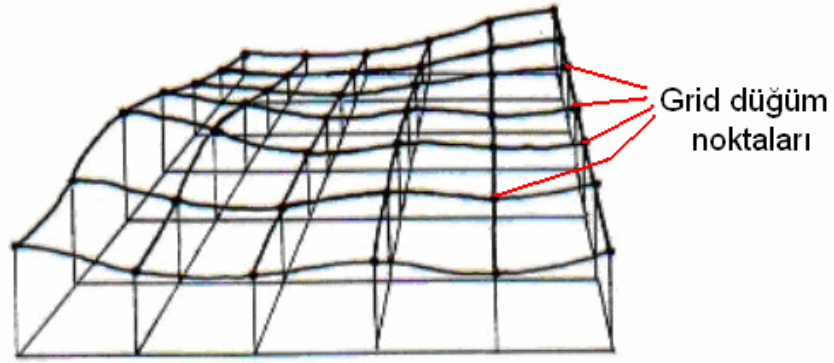


Şekil 2.7: Üçgen yöntemi ile oluşturulmuş arazi modeli (Çetiner 1994).

Modele nokta eklemek veya kaldırmak mümkündür (Kumdağcı, 2005). Grid ile yüzey modellenirken çok fazla noktaya gereksinim vardır. Oysa aynı yüzey düzensiz üçgen ağı (TIN) ile modellenirse, %8 daha az noktaya gereksinim duyulacaktır (Heller, 1995). Üçgen sayısı arazi modelinin detay düzeyini belirleyecektir.

Grid yöntemi köşeleri düğüm noktası olacak şekilde belirli aralıklarla yerleştirilmiş kare ve ya dikdörtgenlerin oluşturduğu modeldir (Şekil 2.8). Düğüm noktalarının koordinatları, bilinen noktalar yardımıyla enterpolasyon yapılarak hesaplanır (Kumdağcı, 2005). Bu teknikte de Grid ölçüleri arazi modelinin detay düzeyini belirler. Yalnız bu teknik TIN'e göre daha yavaştır, çünkü Grid ölçüleri küçüldükçe veri sayısı artar ve hesaplama işlemi daha yavaş olur. Hava fotoğrafları, raster

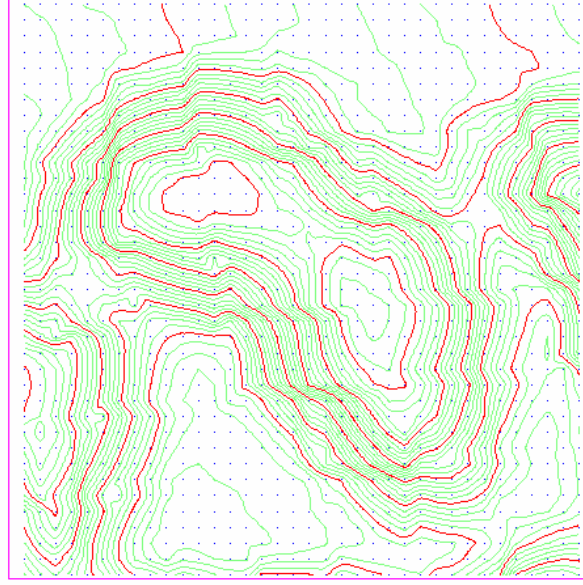
formatda uydu görüntüleri, taranmış çizimler, sayısal arazi modelleri üzerinde grid analizleri yapılabilir (Yomralıoğlu, 2002).



Şekil 2.8: Grid yöntemi ile oluşturulmuş arazi modeli (Çetiner 1994).

Arazi verileri belirtilen yöntemlerden (fotogrametri, hava fotoğrafları vs.) her hangi biri ile alındıktan sonra farklı CBS yazılımları vasıtasıyla arazinin istenilen aralıklarla eş yükseklik eğrileri şeklinde SAM'ı kolaylıkla çıkartılabilir (Şekil 2.9). Aşağıdaki yazılımlar bu konuda örnek gösterilebilir;

- 3D Analyst (Arcview-ESRI),
- M.S. Geo-terrain (BENTLEY),
- Autodesk-Map, Terrain analyst,
- Voxel Analyst (İNTERGRAPH),
- Rockworks,
- Trident,
- Netcad,
- Eghas.



Şekil 2.9: 10 m aralıklı eş yükseklik eğrileri haritası (Köse, 2006).

Referans noktalarının seçilmesi, bu noktaların X, Y, H koordinatlarının ölçülmesi ve uygun interpolasyon yöntemini kullanarak bu referans noktalarından istenen diğer noktaların koordinatlarını belirlemek SAM'ın iki önemli problemini oluşturur (Yanalak, 1991). Interpolasyon, referans noktalarındaki ölçme değerlerinden, ölçülmeyen noktaların ölçü değerlerinin çıkarılmasıdır (Soycan ve b. 2002).

SAM oluşturulurken, aşağıdaki koşullar sağlanmalıdır;

- Olabildikçe az sayıda referans noktasıyla SAM oluşturulmalıdır,
- Arazi bilgileri verimli bir şekilde işlenmelidir,
- SAM, arazi topoğrafyasını doğru ve yeteri kadar incelikte bir yaklaşımla temsil etmelidir,
- Yükseklikleri elde edilen noktalar için, enterpolasyonla hesaplama süresi oldukça uzun olmamalıdır (Acar, 1994).

Bu koşulların gerçekleşmesi, arazi tipine, referans noktalarının dağılımına, interpolasyon yöntemine ve bilgisayarın hızına bağlıdır (Yanalak, 1991).

SAM'ın oluşturulabilmesi için, ölçüsü alınan referans noktalarının X, Y, Z değerleri ile beraber, gerekli bilgisayar yazılımlarına da ihtiyaç vardır. Yazılım yardımıyla, uygun bir enterpolasyon yöntemi seçilerek referans noktaları esas alınarak yeni noktaların yükseklikleri elde edilir. Böylece elde edilen bütün veriler, başka bilgi sistemleri için veri olarak kullanılabilir.

SAM için başlangıç verileri birkaç farklı yöntemle elde edilir;

- Doğrudan zemin ölçümleri ile,
- Dolaylı olarak topoğrafik harita ve planlardan,
- Fotogrametrik ölçülerle dolaylı olarak (Soycan ve b. 2002).

Zemin odaklı doğrudan yapılan ölçümler ve topoğrafik harita ve planlar esasında yapılan SAM modellerine göre fotogrametri yöntemiyle elde edilen SAM'lar daha kısa zamanda daha düşük maliyetle geniş ölçekli arazilerin SAM'ını çıkarmaya imkân sağlarlar. Fotogrametri, ışık yardımı ile ölçme bilimidir. Söz konusu arazi modellemesi ise burada fotogrametri ile uydu ya da uçaklardan metrik kamera vasıtasıyla içeriğinde ölçümler barındıran fotoğraflar çekilir ve bu fotoğraflar özel yazılımlar yardımıyla bilgisayarda SAM'a dönüştürülür. Teknolojinin gelişimi ile özellikle son zamanlarda uydu görüntülerinden SAM modelleri elde etme konusu daha da gelişmiştir. Bu tür uyduların sayıları yüzleri bulmaktadır. Bunlara örnek olarak, sıkça kullanılan RadarSAT (IRS1-C Pan, Aster VNIR, Spot Pan), Ikonos ve QuickBird uyduları verilebilir. Bunlar içerisinde, son yıllarda çözünürlüğü yaklaşık 1/5000 ölçekli hava fotoğraflarının çözünürlüğüne eşdeğer olan Ikonos ve QuickBird uyduları SAM modeli oluşturmak için son yıllarda daha çok tercih edilmektedir (Yüksekkaya, 2006).

Geometrik çözünürlüğü yüksek uydularla elde edilen görüntülerin kullanılması halinde, oluşturulan SAM modelinin geometrik duyarlılığı da artacaktır. Uydu platformlarında taşınan sensörlerin, elektromanyetik spektrumun görünen dalga boylarından başka, görünmeyen dalga boylarından da örnek alabiliyor olması, gece, gündüz ve farklı hava koşullarında da görüntü elde etmeyi olanaklı hale getirmektedir. Gelişmiş yazılımlarla görüntülerin islenmesi ve SAM verilerinin elde edilmesi isleri, bilgisayarlar sayesinde daha hızlı ve daha az insan emeğiyle SAM modellerinin oluşturulmasını sağlamaktadır. Ayrıca, çok geniş bölgelerin SAM modellerinin oluşturulması söz konusu olduğunda, diğer yöntemlere göre daha düşük maliyetle gerçekleştirilebilmektedir (Subramanian ve b.2003).

Uydu vasıtasıyla SAM elde etme tekniğinin yanı sıra bir de LiDAR uzaktan algılama tekniği kullanılmaktadır. Bütün dünyada özek sektör de dâhil olmakla, mühendis, doğal kaynak araştırmacıları, enerji ve inşaat sektörü ve genel olarak arazi modelini ili ilgili ölçümlere ihtiyacı olanlar LiDAR sistemini kullanmaktadır. Bu yeni

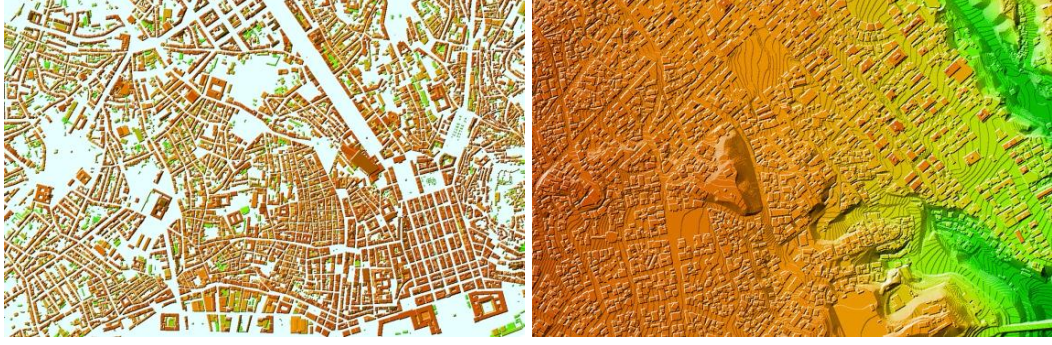
teknoloji özellikle geniş ve ulaşımı zor alanlarda hızlı ve doğru bilgiye erişmek için Mühendislik çevrelerinde bir beklenti oluşturmuştur. Bu sistemde elektromanyetik spektrumun kızılötesi (infra-red, 1064nm) bölümü ve suni olarak üretilen lazer ışını kullanılır. LiDAR'da kullanılan lazer ışınımının en belirgin özelliği saçılmanın minimumda olmasıdır (Baş, 2016). Lazerin LiDAR sistemlerinde ilk kullanımı 1960 yılının başlarında olmuştur (Holton ve diğ 2003). Çalışma prensibi olarak hedefe gönderilen lazer ışınının hedeften geri yansıtılarak bir sensor tarafından algılanması ve bu ışınların bir tarayıcı ayna vasıtasıyla üç boyutlu görüntüye dönüştürülmesi esasına dayanır (Olsen, 2007). Bu işlem için yere lazer ışını gönderen bir lazer yansıtıcı ve yerden yansıyan lazer ışınını kabul eden bir alıcı kullanılmakta, işlemci bu yansıyan ışının geri gelme süresini ölçerek arazinin yüksekliklerini belirlemektedir.

Yüksek doğruluk düzeyine sahip SAM oluşturmak için her aşamada dikkatli olunmalıdır. Verilerin elde edilmesinde iyi bir ölçme yöntemi kullanılmalı, dayanak noktaları yeterli sayıda ve yoğunlukta belirlenmeli, kullanılacak enterpolasyon yöntemi iyi seçilmeli ve arazi yapısı dikkate alınmalıdır (Yanalak, 1991).

2.2.4 Sayısal arazi modelinin bileşenleri

Miller ve Laflamme DTM terimini ortaya koyduktan sonra, zamanla başka alternatifler,

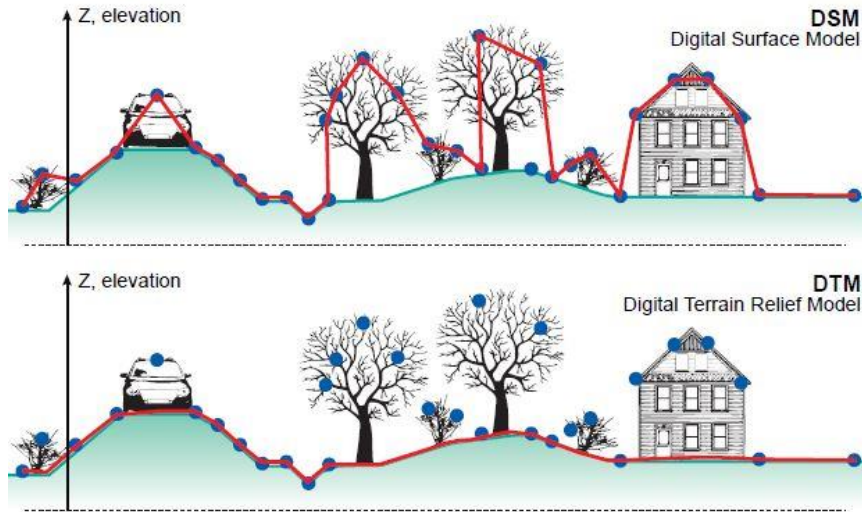
- Digital Elevation Model (DEM),
- Digital Height Models (DHM),
- Digital Ground Models (DGM),
- Digital Terrain Elevation Models (DTEM),
- Digital Terrain Model (DTM),
- Digital Surface Model (DSM) gibi terimler de ortaya çıkmaya başladı.



Şekil 2.10: DHM, DSM (URL – 4).

Genel olarak bütün bu terimler Sayısal Arazi modelini ifade eder. Her biri aynı kavramı ifade etmesine rağmen ortaya çıktıkları ülkelerde farklı isimlerle adlandırılmışlardır. DEM, Amerika; DHM, Almanya; DGM, Birleşik Krallık; kökenlidir. DTEM ise USGM (United States Geological Survey) ve DMA (Defense Mapping Agency) tarafından ortaya konulmuş ve kullanılmaktadır (Petrie and Kennie 1987) (Şekil 2.10).

Sayısal Arazi Modeli (SAM) insan yapısı ve bitki örtüsü gibi detaylar çıkarıldığında kalan çıplak yer yüzeyini belirtmektedir (Höhle, J. 2009). Sayısal Arazi Modeli tanımlamasında; Digital Elevation Model (DEM) yani, Sayısal Yükseklik Modeli, Digital Surface Model (DSM) yani, Sayısal Yüzey Modeli, Digital Terrain Model (DTM) yani Sayısal Arazi Modeli (SAM) gibi terimler kullanılır. Bu üç terimin hepsi coğrafik-mekânsal veri topluluğunu ifade eder. Bu anlamda DEM, DSM ve DTM (Şekil 2.11) birbirine benzemekte, uluslararası literatürde ise ortak bir terim olan SAM kullanılmaktadır.



Şekil 2.11: DSM ve DTM arasındaki fark (URL – 5).

DEM, DSM ve DTM kavramları 1950 yıllarında ortaya çıkmıştır. İlk uygulamalarda çoğunlukla zemin ölçüm yöntemleri ve fotogrametri, veri toplama yöntemi olarak kullanılmıştır (İşcan, 2005) (Şekil 2.12). Sonraki dönemlerde teknolojik gelişmelere paralel olarak uydu görüntüleri, Radar ve LiDAR teknolojileri ile SAM üretimi gerçekleşmektedir (Sefercik, 2007). SAM, kent yönetimi, mühendislik projeleri, yer bilimleri, doğal kaynakların yönetimi, askeri uygulamalar, üç boyutlu görselleştirme gibi birçok alanda başarı ile kullanılmaktadır (Yastıklı ve Esirtgen, 2011).

DEM, hücrelerden oluşan ve her hücresinin arazinin koordinat (x, y) ve yükseklik (z) bilgilerini içeren CBS bazlı bir raster katmandır. Yükseklik verileri belli grid aralıklarla saklanır. Arazi modelinin daha detaylı olması için bu grid aralıklarının daha sık olması gerekir. DTM, arazinin sadece x, y, z bilgilerini değil, aynı zamanda morfolojiyi yani, göl, nehir gibi doğa elemanlarını dijital ortamda depolayan veri toplumdur. DTM sadece yüzey şeklini ele aldığı için yapı elemanları, bina, ağaç, bitki gibi detayları içermez.



Şekil 2.12: DEM, DTM ve DSM (URL – 4).

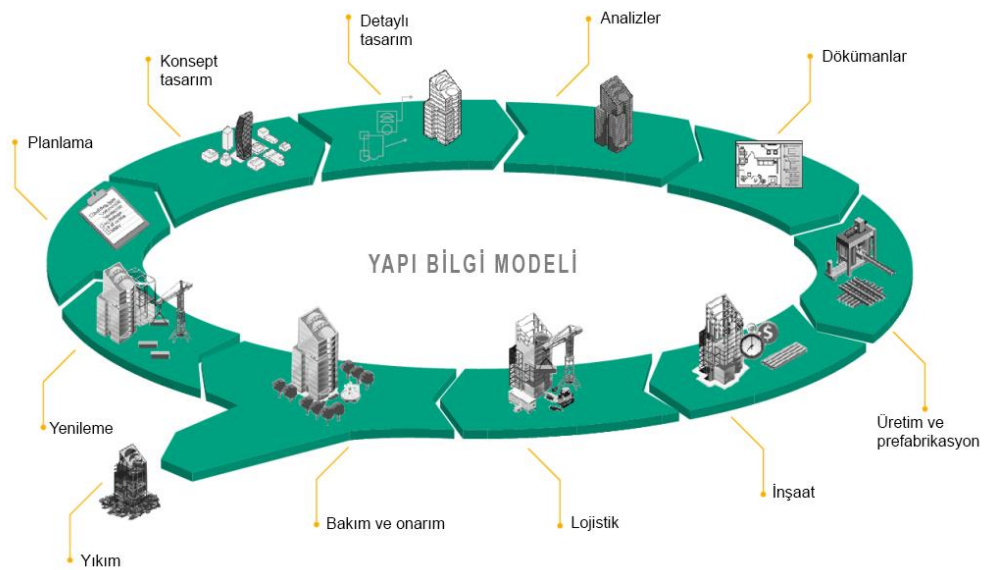
DSM ise zemin üzerinde olan bina, ağaç ve başka yansıtıcı yüzeylerin deniz seviyesinden olan yüksekliğini gösteren bir sayısal zemin modelidir.

3 YAPI BİLGİ MODELİ ve ARAZİ MODELLEMESİNDE KULLANIMI

3.1 YBM'nin Tanımı ve Tarihçesi

Son zamanlarda YBM'nin mimarlık ve inşaat sektöründe kullanımı yaygınlaşmıştır. Ancak kullanımıyla ilgili halen soru işaretleri mevcuttur. YBM sadece bir yazılım mıdır, ya da yeni bir CAD teknolojisi midir. YBM'nin binanın yaşam döngüsü boyunca bina verilerini üretmek ve yönetmek için bir süreç olduğu kabul görmeye başlamıştır. Yani, YBM, bir projenin fiziksel ve işlevsel bilgilerinin üretilmesini ve yönetilmesini kapsayan süreçtir. Sürecin son ürünü, projenin her yönünü tanımlayan, her aşama için binayla ilgili bütün bilgileri kendinde birleştiren ve bir proje döngüsü boyunca karar vermeyi destekleyen dijital dosyalar olan YBM'ler olarak adlandırdığımız bir modeldir (Lee ve b., 2006).

BIM (Building Information Model) diğer adıyla YBM (Yapı Bilgi Modeli) terimi için literatürde farklı tanımlara rastlanmaktadır. YBM, binanın ve ya bina projesinin tamamını oluşturan, tüm yaşam döngüsü sürecinde destek sağlayabilen ve doğrudan bilgisayar uygulamalarından yorumlanabilen bir sayısal bilgi modelidir (Underwood ve Işıkdag, 2009).



Şekil 3.1: YBM'de proje yaşam döngüsü (URL - 6).

YBM, yapının bütün yaşam döngüsü boyunca (Şekil 3.1) gerek duyduğu veriyi kendinde içeren proje tasarımını yöneten bir yöntemdir. Bina bilgilerini oluşturarak, depolayarak, yöneterek ve değiştirerek yapı enformasyonunu paylaşabilen üç boyutlu nesne tabanlı veri sistemidir (Vanlande ve diğerleri, 2008, Mihindu ve Arayıcı, 2008).

Geleneksel iki boyutlu proje tasarım ve sunum yöntemine göre YBM, hızlı ve etkin bir şekilde aktarılabilen, tümü ya da bir kısmı kolaylıkla çıkarılan ve değiştirilebilen sayısal bilgi toplusudur (Porwal ve Hewage, 2013).



Şekil 3.2: Planla, Tasarla, İnşa et, Yönet kavramları (URL - 7).

YBM modeli tamamlandığında yapı ile ilgili tüm geometrik ve sayısal veri elde edilmiş olur. YBM modeli daha proje aşamasında inşaat, fabrikasyon ve satın alma gibi süreçler ile ilgili önceden tahminler yapılabilmesine yönelik veri oluşturur (Eastman v.d 2006).

YBM, dijital teknolojiler ve yazılım aracılığıyla yapıların daha etkili bir şekilde tasarlanmasını, inşasını ve yönetimini sağlayan bir etkileşim yöntemidir (Blackwell, 2012).

YBM, projeyi tasarım aşamasından inşaat ve işletme aşamalarına kadar olan süreçte kullanılan, koordineli ve güvenilir bilgilere dayanan bütünleşmiş bir süreç olarak tanımlanabilir (Strafeci, 2012).

YBM, mimarların ve yapı sektöründeki diğer meslek grubu üyelerinin bina tasarım, projelendirme ve inşaat sürecindeki yaklaşımlarını önemli ölçüde etkileyecek bir çalışma şekli olarak tanımlanır (Ofloğlu, 2012).

Przybyla (2010) YBM'i, bir yapının fiziksel ve işlevsel özelliklerinin sayısal temsili olup, başlangıcından itibaren tüm yaşam döngüsü boyunca güvenli bir altyapı oluşturan ortak bir bilgi kaynağı gibi nitelendirmiştir.

Akkaya, (2012) YBM'nin tanımını şu şekilde özetlemiştir;

- Fikir aşamasından projenin tamamlanmasına ve hatta teslimattan sonra bile, projenin planlanan ömrü boyunca yapı hakkında bilgi edinilebileceği,
- Yapılan herhangi değişikliklerin diğer disiplinler tarafından de kolaylıkla algılanabileceği,
- CBS ile entegre edilebilerek çevresindeki nesnelere hakkında da bilgi verebilecek bir sistemdir.

YBM, aynı kaynaklarla hem tasarım hem de uygulama süreçlerini daha etkin kılan, verimliliği artıran, müşteriler dahil bütün paydaşların yarar elde ettiği, proje ekibi içerisinde iletişimi ve koordinasyonu kolaylaştırarak tasarımda hata riskini azaltan kolay anlaşılır bir sistemdir (URL - 8).

Günümüzde YBM'nin inşaat sektöründe uygulanan bilgisayar teknolojileri arasında önemli bir rol oynamaya başladığı son zamanlarda yapılan araştırmalar ile kanıtlanmıştır. YBM'nin bir yapı enformasyon modeli olarak üç boyutlu bir model olduğu düşünülebilir ancak YBM üç boyutlu modelden çok daha fazlasıdır. Üç boyutlu model kendinde yapının sadece üç boyutunu (en, uzunluk ve yükseklik) barındırırken, YBM, 4D, 5D ve başkaları gibi daha ileri boyutları da içermektedir. Artık inşaat sürecine sadece üç ölçekli değil daha başka boyutlardan da bakılmaktadır. Bu nedenle 4D, 5D, 6D, 7D gibi terimler ortaya çıkmıştır. Burada kullanılan "D" harfi "dimension" yani boyut anlamına gelerek inşaat sektöründe birçok farklı faktörleri ifade etmektedir. Mesela, konvansiyonel el çiziminden sonra bilgisayar destekli tasarım sürecine geçiş sayesinde projelerin daha hızlı üretimi ve gerektiğinde daha hızlı revizesi mümkün olmuş ve CAD yazılımları iki boyutlu, 2D çizimler üretmeye başlamıştır. Bilgisayar teknolojisinin gelişimiyle, kısa zamanda yapıyı üç boyutta ifade etme şansı oluşmuştur. Günümüzde YBM teknolojisi sayesinde projelendirme sürecine yeni boyutlar ve bunların yönetim teknikleri

girmeye başlamıştır. P. Smith'e (2014) göre 3D terimi uzunluk, genişlik ve yüksekliği ifade ederken, 4D ile bir de zaman faktörünü buna eklenmektedir. YBM, artık proje çizimi sürecinde, yapı inşaatı ve hatta inşaattan sonraki evreler için de zaman planlaması yapılmasına olanak vermektedir. 5D terimi için ise bunun masraf ve maliyetler olduğunu söylenebilir. 6D sürdürülebilirlik ve enerji analizini, 7D ise yapının bütün yaşam döngüsü planlaması ve yönetimini ifade eder (Çizelge 3.1) (Smith, 2014) .

Çizelge 3.1: 7D YBM konsepti (Smith, 2014).

3D	4D	5D	6D	7D
DURUM MODELLERİ	ZAMAN	TAHMİN	SÜRDÜRÜLE- BİLİRLİK	YAŞAM DÖNGÜSÜ YÖNETİMİ
Onaylanmış YBM Model Çakışma analizi	Proje programı İnşaat sıralaması Sanal İnşaat simülasyonu	Maliyet ve finans Değer mühendisliği	Yaşam döngüsü bilgileri Enerji analizleri	Bakım Teknik destek

YBM tarihinde, toplumsal bilgisayarlaşma etkin olmuştur. Bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim, aynı anda 60'lara giden iki ayrı teknoloji olarak geliştirilmiştir. O dönemlerde, CAM (computer-aided manufacturing) ve CAD'in nihayetinde endüstri dünyasında iç içe geçeceğini ve endüstriyel dünyada güçlü etken olarak ortaya çıkacağı öngörülmemiştir.

1957 yılında, Pronto, ilk ticari yazılım bilgisayar destekli üretim (CAM) Dr. Patrick J. Hanratty tarafından geliştirilmiştir. Pronto, daha sonra bilgisayar destekli üretime dönüşen sayısal bir kontrol işleme teknolojisi olarak kabul görmüştür.

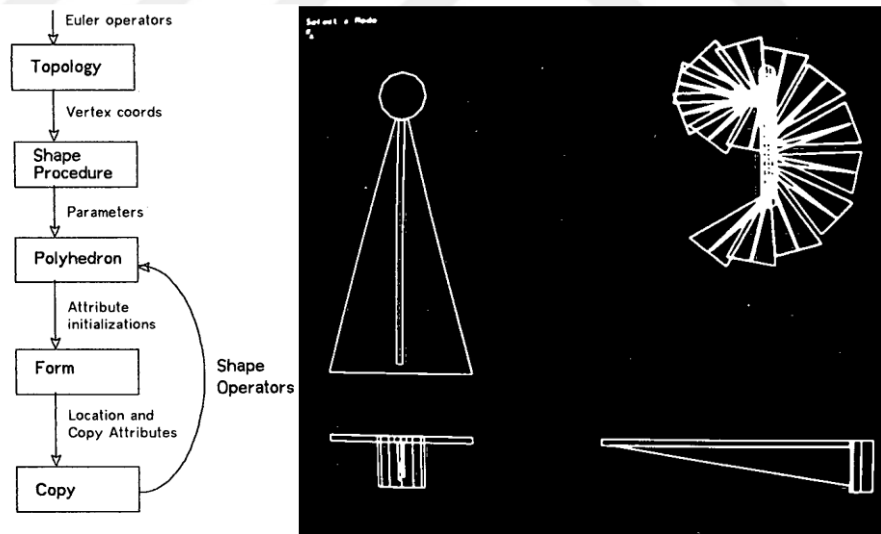
1962'de Douglas C. Englebart "Augmenting Human Intellect" başlıklı bir makalesinde; geleceğin mimar düşüncesinin, nesne tabanlı tasarım, parametrik manipülasyon ve ilişkisel veri tabanı olarak ilerleyeceğini önermiştir:

'Mimar daha sonra bir dizi obje ve veriye girmeye başlar — altı inçlik bir döşeme tabanı, sekiz fit yüksekliğinde on iki inçlik beton duvarlar ve başka yapı elemanları. Bu ve başka verileri girdiğinde ekranda bu elemanlardan oluşan hazır bir sahne belirmiş olur. Yapı yavaş-yavaş şekillenmeğe başlar. Mimar yapıyı inceler, gerektiğinde ayarlar. Tek-tek

girilmiş yapı elemanlarında oluşan listeler, gerçek tasarımın arkasında olgunlaşan düşünceyi temsil eden, her zaman detaylı, birbirine bağlı bir yapıya dönüşüyor.’

1975’te, Charles Eastman BDS (Building Description System)-Yapı Tanımlama Sistemi adlı bir prototipi açıklayan bir makale yayınlamıştır. BDS (Building Description System), YBM mantığına uygun ilk yazılım olmuştur. Bu yazıda, parametrik tasarım fikirlerinin, yüksek kalitede hesaplanabilir 3D sunumların “Görsel ve nicel analizler için tek bir entegre veri tabanı” ile yapılması tartışılmıştır.

Eastman, kullanıcılara düzenlenebilen veri tabanına erişim sağlayan bir program tasarlamıştır. Bu programda bilgiler, kategorik olarak niteliklere (malzeme ve tedarikçi dâhil) ayrılabilir. BDS, YBM tarihindeki, bina veri tabanını başarılı bir şekilde oluşturan ilk projelerden birisi olmuştur. Bu projede, binaya eklenip çıkarılabilen bireysel kütüphane elemanlarını tarif etmiştir (Bergin, 2011). O zamanlar Eastman’ın hesaplamalarına göre BDS kullanımı, projelendirme masraflarını %50 azalttığı ortaya çıkmıştı. Eastman’ın 1977 de sunduğu GLIDE (Graphical Language for Interactive Design) isimli ikinci projesinde modern YBM’nin temel prensiplerini içermiştir.



Şekil 3.3: Obje tanımlama hiyerarşisi (Eastman & Henrion, 1977).

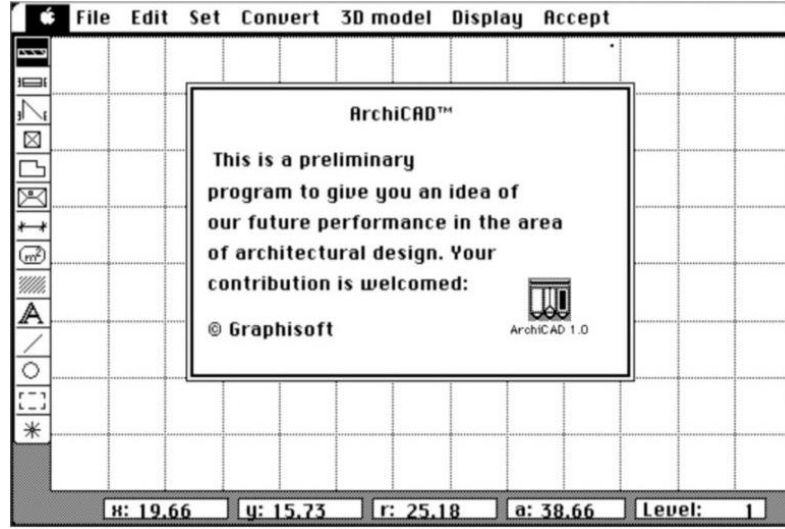
1980 senelerinde GDS, EdCAAD, Cedar, RUCAPS, Sonata, Reflex gibi programlar geliştirilmiştir. Mesela 1986 yılında GMW Computers tarafından geliştirilen RUCAPS yazılımında inşaat evrelerine göre projelendirme prensipleri ortaya konulmuş ve bu program Londra’da Hitrou havalimanının 3. terminalinin yapımında büyük kolaylık sağlamıştır. YBM teknolojisinin modern hale gelmesinde yer alan bir

yazılım da Lawrence Berkeley National Laboratory tarafından 1993 senesinde geliştirilen Building Design Advisor yazılımıdır. Aşağıdaki çizelgede YBM'nin bu günkü haline gelmesinde önemli noktalar gösterilmiştir:

Çizelge 3.2: YBM tarihinde önemli gelişmeler (Bergin, 2011).

1977 — Graphical Language for Interactive Design (GLIDE)
1982 — 2D CAD
1984 — Radar CH
1985 — Vectorworks
1986 — Really Universal Computer-Aided Production System (RUCAPS)
1987 — ArchiCAD
1988 — Pro/ENGINEER
1992 — Building Information Model as official term
1993 — Building Design Advisor
1994 — miniCAD
1995 — International Foundation Class (IFC) formatı
1997 — ArchiCAD's Teamwork
1999 — Onuma
2000 — Revit
2001 — NavisWorks
2002 — Autodesk buys Revit
2003 — Generative Components
2004 — Revit 6 update
2006 — Digital Project
2007 — Autodesk buys NavisWorks
2008 — Parametricist Manifesto
2012 — Formit

Birleşik Devletler' de ve İngiltere' de gelişmeler hızla gerçekleşirken, Macaristan'da bir hesaplama ve programlama dehası olan Gábor Bojár, bir yazılım geliştirmek için Demir Perdeden Apple bilgisayarlarını yasadışı olarak kaçırmıştır. Demir Perde, 2. Dünya Savaşı sonrasında Sovyetler Birliği ve diğer Doğu Avrupa'daki sosyalist rejimlerin komünist olmayan ülkelerle ilişkilerindeki kapalılık ve gizlilik siyasetini belirten terimdir (URL - 9). Daha sonra bu olay YBM'nin tarihini değiştirmiştir (Arnold, 2002). Kaçırıldığı Apple bilgisayarı sayesinde, 1982'de ArchiCAD'i geliştirmeye başlamıştır (Şekil 3.5). BDS ile benzer teknoloji kullanarak, Bojár, 1984'te Apple Lisa OS için Graphisoft'ın Radar CH yazılımını piyasaya sunmuştur. Bu yazılımın gelişmiş versiyonu daha sonra 198'de ArchiCAD olarak yeniden piyasaya sürülmüş ve ArchiCAD kişisel bir bilgisayar için ilk YBM yazılımı olmuştur. ArchiCAD 1987'de sanal bina kavramı için uygulanmakta olduğundan, yaklaşık 2000 km kuzeyde, Tekla, birleşik grafik ve ilişkisel veri tabanını YBM mantığına sahip kendi yazılım versiyonları için tamamlanmıştır.



Şekil 3.4: ArchiCAD 1.0 (ilk versiyon) arayüzü (URL - 10).

1985’de ABD’de bulunan Diehl Graphsoft, dünyanın ilk CAD programlarından, ilk 3D modelleme programı ve ilk “cross-platform” (farklı işletim sistemlerinde çalışabilen yazılım) CAD yazılımı olan Vectorworks’ü geliştirmiştir. 1985 senesinde Parametric Technology Corporation (PTC) kurulmuş, 1988’de YBM tarihinde ilk kez pazarlanan parametrik modelleme tasarım yazılımı olarak kabul edilen Pro/ENGINEER’i piyasaya sürmüştür. PTC’den ayrılan Irwin Jungreis ve Leonid Raiz kendi yazılım şirketlerinden Charles River Software’i kurmuşlardır. İkili, ArchiCAD’den daha karmaşık projeleri ele alabilecek Pro / ENGINEER’in mimari bir versiyonunu geliştirmek istemiştir. 2000 yılına gelindiğinde anlamı revizyon ve hız kelimelerinden oluşan Revit isimli bir program ortaya çıkmıştır (Bergin, 2011). Nesne yönelimli programlama yoluyla mümkün kılınan parametrik bir değişim motoru kullanarak ve zaman özneliğinin eklenmesini sağlayan bir platform oluşturarak Revit, YBM tarihinde bir devrim olmuştur.

YBM tarihinde dikkat edilmesi gereken bazı önemli noktalardan biri 1993 yılında Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarında Building Design Advisor’ın geliştirilmesi olmuştur. Bu, bir modele dayanan simülasyonlar ve önerilen çözümler yapan bir yazılımdı. Diğer önemli olay, 1994 senesinde Avustralya’da Mapsoft şirketinin kurulması ve uygun fiyatlı CAD yazılımını tasarlamaları oldu. Bu, DOS tabanlı HP100LX cep bilgisayarı üzerinde çalışan ilk anket CAD yazılımı olan miniCAD’in yolunu açtı. Günümüzde halen Windows, Palms ve diğer eski tür cep bilgisayarları için kullanılmaktadır.

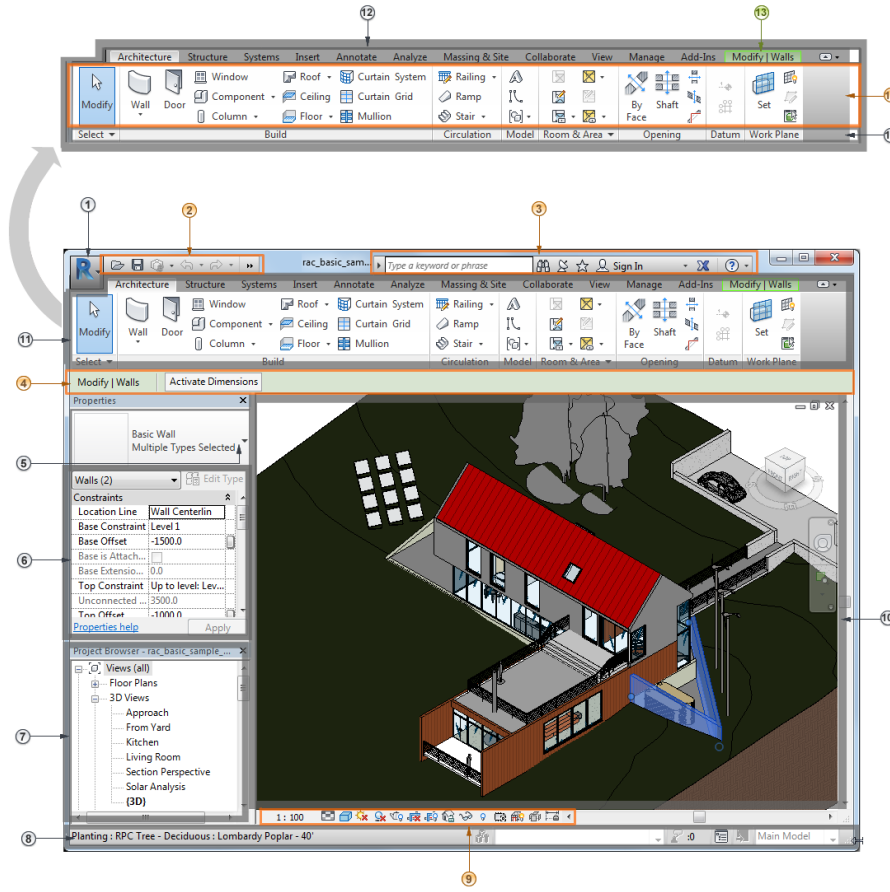
YBM programlarının en önemli özelliği disiplinler ve platform arası işbirliği ve ortak çalışma yeteneğidir. Bunun sağlayan yazılım ve programlama altyapısı IFC-International Foundation Class dosya formatıdır. Bu format 1995 yılında verilerin farklı platform programlarıyla uyumlu olmasını sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. 1997’de ArchiCad ilk dosya değişim (takas) tabanlı Teamwork çözümünü yayınlamıştır. Bu, ekip işbirliklerinde devrim yaratmış ve daha fazla mimarın aynı anda bir bina modeli üzerinde çalışmasına olanak sağlamıştır. (Aksamija, 2017). Teamwork üzerinde yapılan güncellemeler daha sonra internet üzerinden aynı projeye uzaktan erişime izin vermiş ve daha büyük ölçekte proje işbirliği ve koordinasyonunu sağlamıştır. 1999 yılında Japonya’da, Onuma sanal ekiplerin YBM üzerinde Internet üzerinden çalışmasına izin vermiş ve YBM yazılımı ve parametrik teknolojilerinin gelecekteki kesintisiz çapraz platform entegrasyonu için bir yol açan veri tabanı üzerinde kurulmuş bir YBM planlama sistemi oluşturmuştur. 2001 yılında, NavisWorks, 3D CAD navigasyonu, işbirliği ve koordinasyon için bir dizi araç sunan bir 3D tasarım inceleme yazılımı olan JetStream’i geliştirerek sunmuştur. JetStream temel olarak farklı dosya formatı verilerini koordine ederek, inşaat simülasyonu ve problem tespitine imkân vermiştir. 2004 yılında Revit, Revit 6 güncellemesini yayınlamış, daha büyük mimar ve mühendis takımlarının tek bir entegre model yazılımında işbirliği yapmasını sağlamıştır. Autodesk, 2002’de Revit’i, 2007’de NavisWorks’ü satın alarak, YBM sektörünün hakimi olmuştur. 2012’ nin sonlarında Autodesk “Formit”i geliştirmiştir. Formit, YBM konseptini cep telefonunda kullanmayı sağlayan bir yazılım olarak tarihteki yerini almıştır.

Küçük pazar paylarına sahip olmalarına rağmen, tasarım dünyasında büyük etkiler yaratan değinilmesi gereken diğer birkaç YBM yazılımı daha vardır. 2003 yılında, Bentley Systems, Generative Components (GC) isimli, NURBS (nonuniform rational B-spline) yüzeylerini destekleyen parametrik esneklik ve heykel geometrisine odaklanan bir YBM platformu geliştirilmiştir. 2006 yılında Gehry Technologies, GC’ye benzer bir program olan Digital Project’i yayınlamıştır. Hem Dijital Proje hem de GC mimari tasarımlarda bir devrim yaratmıştır. Bu iki platform, özellikle karmaşık ve provokatif mimari formlar üretebildikleri ve parametrikizmin önünü açacağı için devrim niteliğinde olmuştur. 2008 senesinde Patrick Schumacher “parametricism” terimini ve “parametrik mimari yapıların inşası harekâtı” ile öne çıktı. Scumacher, “Parametricism Manifesto” isimli eserinde modern mimarlık

sahnesinde olan rekabette başarılı olmak için DP ve GC gibi YBM platformlarının yüksek derecede kullanılmasının önemini anlatmıştır.

3.2 YBM Tabanlı Yazılımlar

YBM yazılımları arasında Revit pazar payı en yüksek olan yazılımdır. Revit, 2000 yılında Charles River Software Cambridge firması tarafından sunulmuş; 2002 yılında Autodesk tarafından satın alındıktan sonra yavaş yavaş dünyada en yaygın kullanılan YBM tabanlı programlarından biri haline gelmiştir. Revit YBM tabanlı programlar arasında mimarlık, mühendislik ve inşaat sektörünün gerek duyduğu, mimari, statik, mekanik, elektrik gibi bütün projelendirme hizmetlerinin yanı sıra proje yönetiminde gerekli metraj ve hacim hesaplamaları ayrıca görselleştirme gibi olanaklar sunabilen az sayıda yazılımdan biridir. Bu yazılımın dışında Autodesk' in ve başka firmaların ürettiği destek programlarının varlığı büyük avantaj sağlamaktadır. Örneği; Autodesk Navisworks'de daha kolay çakışma kontrolü ve ya Chaos Group'un ürettiği üst düzey render motoru sayesinde Revit dâhilinde gerçekçi 3D görseller elde etmek mümkün olmaktadır. Bunun dışında, güneş radyasyon miktarları, güneş ışığı analizleri ve güneş ışığının yapıdaki açıları kaliteli bir şekilde belirlenebilir ve alternatif projelerle Revit ile beraber çalışan Ecotect ile değerlendirilebilir (Aksamija vd.,2011).



Şekil 3.5: Revit arayüzü (URL - 11).

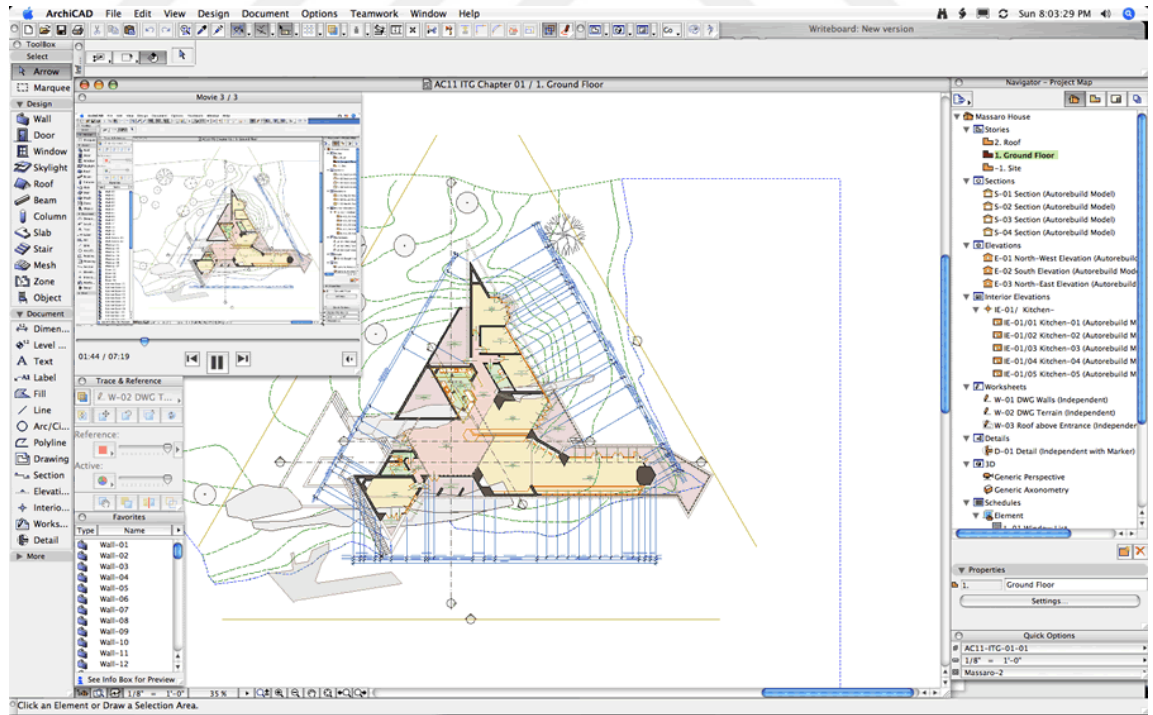
Çizelge 3.3: Revit arayüzü elemanları (URL - 12).

1	Application Menu (Uygulama Menüsü)
2	Quick Access Toolbar (Hızlı Erişim Araç Çubuğu)
3	InfoCenter (Bilgi merkezi)
4	Options Bar (Seçenekler Çubuğu)
5	Type Selector (Tip Seçici)
6	Properties Palette (Nitelikler Paleti)
7	Project Browser (Proje Tarayıcı)
8	Status Bar (Statü Çubuğu)
9	View Control Bar (Görünüm Kontrolü Çubuğu)
10	Drawing Area (Çizim Alanı)
11	Ribbon (Şerit Menü)
12	Tabs on the ribbon (Şerit Menü Sekmesi)
13	Selected Ribbon Tab (Seçili Şerit Menü Sekmesi)
14	Tools on the current tab tools of the ribbon (Şerit Menü Araçları)
15	Panels on the ribbon (Şerit Menü Panelleri)

Revit'in mimari projeler için, Autodesk Revit Architecture, İnşaat mühendisleri için, Autodesk Revit Structure, mekanik ve elektrik mühendisleri için Autodesk Revit MEP hazırlanmış versiyonları vardır. Genel prensip olarak bütün versiyonları aynıdır, yalnız bu disiplinlerin gerektirdiği detaylı tasarım aletleri farklıdır.

- Autodesk Revit Architecture®: Arazi ve kütle çalışmalarından ayrıntılı uygulama çizimlerine ve ölçü ve metraj verilere kadar mimari tasarım ve tasarım sürecinin tüm aşamalarını desteklemektedir.
- Autodesk Revit Structure®: İnşaat mühendisleri için statik ve yapısal modelleme, çizim ve detaylandırma araçları sunar ve diğer yapısal analiz yazılımları ile birlikte kullanılabilir.
- Autodesk Revit MEP®: Elektrik ve mekanik tesisat projelendirilmesi ve tasarımında kullanılmakta ve çeşitli hesaplama araçları içermektedir (Muratoğlu, 2015).

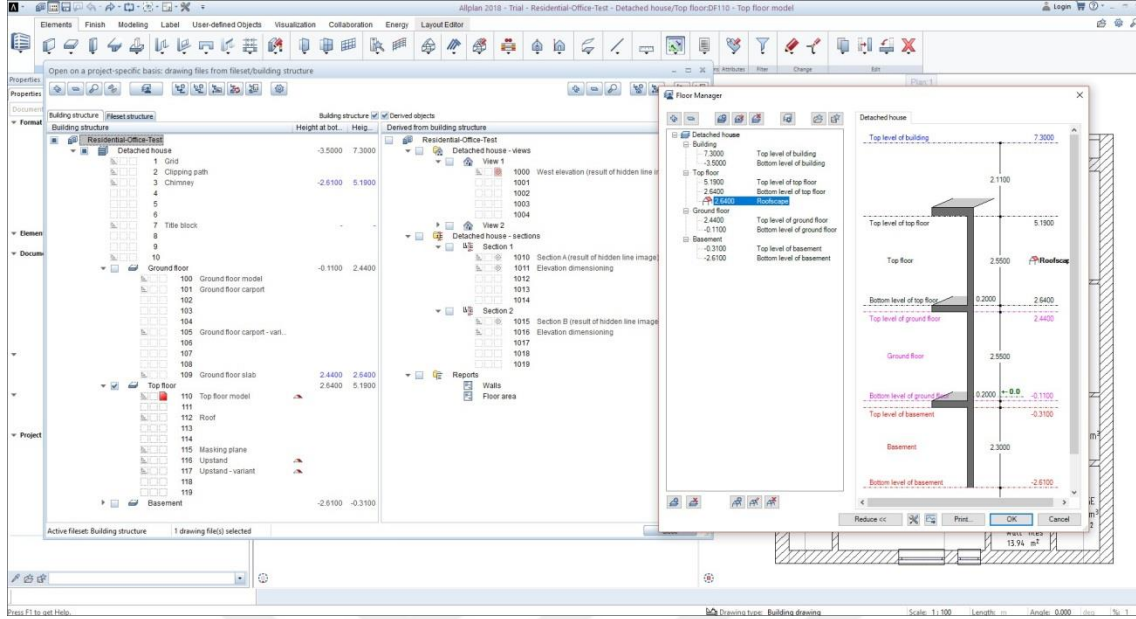
YBM uygulamaları arasında önemli yer tutan diğer bir program da Graphisoft şirketinin Archicad yazılımıdır. Yaklaşık 20 yıl önce bugünkü YBM kavramına çok benzer bir mantık temel alınarak üretilmesi onu YBM'nin ilk tanımlayıcılarından birisi yapmıştır (Cyon Research, 2003). Archicad, IFC uyumlu dosya aktarımı ile tüm mimari ve mühendislik bileşenlerini, veri ve geometriyi içeriye alabilen ve içeride modellenmiş yapı ve verileri dışarıya aktarabilen ilk programdır (Khemlani, 2004).



Şekil 3.6: Archicad arayüzü (URL - 13).

Türkiye ve dünyada da yaygın kullanılan YBM programları arasında 1963 senesinde Profesör Georg Nemetschek tarafından Almanya'da kurulan Nemetschek firmasının

Allplan yazılımı olmuştur. Revit ve ArchiCad gibi, Allplan da mimari, mühendislik, maliyet kontrolü fırsatı sunan bütüncül bir YBM yazılımıdır.



Şekil 3.7: Allplan arayüzü (URL - 14).

Bentley firması tarafından üretilen Bentley Architecture yazılımı da YBM tabanlı programdır. Bentley'in mimari tasarımdan sorumlu ana programından başka, statik tasarım için Bentley Structure ve mekanik, elektrik ve havalandırma sistemleri tasarımı için üretilmiş Bentley HVAC yazılımları da bulunmaktadır. Bentley Systems, "build as one" yani, tek modelde tasarım ve bütünleşmiş proje yaklaşımı kavramlarını geliştirmiştir. Dünya'daki önemli projelerde Bentley ürünleri geniş şekilde olarak kullanılmaktadır (Roberts, 2005). Bentley firmasının Bentley Architecture, Structure ve HVAC başlıklı YBM tabanlı bileşenleri vardır. Bentley Systems "build as one" yani, tek modelde tasarım (üretim) kavramını geliştirmiş ve ürünlerinde uygulamıştır. Entegre proje yaklaşımı (IPD) ve etkin bir koordinasyon için bu kavram temel olarak alınmış ve firmanın yazılımlarının üretiminde kullanılmıştır (Roberts, 2005).

3.3 YBM'de Projelendirme Süreci ve YBM'nin Faydaları

YBM her ne kadar CAD yazılımlarına benzese de farklı tasarım mantığına sahip olması nedeniyle tasarım süreci CAD'e göre tamamen farklı ilerler. CAD yazılımlarında tasarım mantığı konvansiyonel el çizimi mantığıyla neredeyse aynıdır. Yani proje çizgi ve basit geometrik figürlerden oluşur. Başka sözle ifade

edersek her yapı elemanı bu bileşenlerin bir araya gelerek oluşturduğu formlardan ortaya çıkar. YBM ise parametrik nesne mantığına sahip olduğundan burada her yapı elemanı tek bir nesneyle ifade edilir, bu nesnelerin parametreleri çizimi yapan kişi tarafından belirlenir veya değiştirilir. Daha basit ifade etmek gerekirse, CAD sisteminde planda 40sm eninde ve 40sm genişliğinde betonarme bir kolon gösterim şekli basit bir kare iken, YBM sisteminde bu eleman kendi başında verilmiş ölçülere sahip bir nesnedir ve bu nesne bütün plan, kesit ve hatta 3 boyutlu modelde otomatik olarak belirmektedir. Diğer bir örnek olarak pencereyi ele alırsak CAD çizimlerinden farklı olarak, YBM’de pencere kendinde gerçekçi parametreleri barındıran hazır bir nesne halinde olup, bu nesnenin sahip oldukları parametrelere göre değiştirilecek, yeni parametreler eklenebilecek bir platform da mevcuttur. Ayrıca pencereyle ilgili parametreler sadece onun geometrik şekliyle ilgili değil, aynı zamanda üretici firma ile ilgili bilgiler, pencerenin belli kısımların kullanılan belli malzemeler ve onların miktarları ve bu tür başka fiziksel ve diğer özellikleri ile ilgili de bilgileri kendinde saklar. Bu bilgiler projede ve yapı analizinde farklı yerlerde kullanılabilir. Mesela, camın ısı geçirgenlik katsayısı enerji ve ısı yalıtım hesaplamalarında kullanılabilir. CAD yazılımlarında 2 boyutlu çizimden 3 boyutlu çizime doğru aşama-aşama ilerlenirken, YBM sistemlerinde bir yapı elemanının girilmesi çizimin bütün katmanlarına (plan, kesit, 3D ve s.) otomatik olarak eklenir. Aynı zamanda projelendirme sürecinde plan ve cephe ve ya üç boyutlu görüntünün kıyaslanarak, paralel olarak çizilmesi mimar ve mühendislere daha kolay ve kontrollü bir tasarım süreci sunmaktadır (Akkaya, 2012). YBM, yapıyı, çizgilerle ifade eden CAD yazılımlarından farklı olarak, gerçek yapı elemanlarıyla göstererek daha gerçekçi ve tam ifade edilmiş bir sonuç verir. Böyle bir model aynı proje üzerinde çalışan farklı disiplinler için ortak bir dil getirir. Bu şekilde disiplinler arası iletişim eksikliği ve yapıyı oluşturan farklı alanların olmasından dolayı ortaya çıkabilecek anlaşılabilirlikler önlenir. Parametrik tasarım mantığının en önemli avantajlarından biri de budur. Burada parametrik terimi, modellenen yapıyı oluşturan bileşenlerin belli ve gerçekçi parametrelere sahip olduğu ve bu bileşenlerin bir biriyle bir ilişki içerisinde olduğunu ifade eder. Aynı zamanda bir yapı bileşeninde yapılan değişiklikler diğer bileşenleri de etkileyecektir. Bundan ziyade herhangi bir belgede, mesela plan üzerinde yapılan değişiklikler diğer belgelerde (kesit, cephe, 3D, alan hesaplamalarını içeren belgeler ve sair) de güncellenir. Bu şekilde çizim ve tasarım ve revizyon süreçleri çok daha hızlı ilerler. YBM yazılımlarında alan veya

malzeme kullanımı gibi hesaplamalar da hızlı ve yarı otomatik şekilde hesaplanarak bu süreçlerin de daha hızlı aşılması sağlanmaktadır. Bu hesaplamalar en ince detayları içerebilir. Bir duvarı örnek verecek olursak, bu duvarın hangi katmanlardan, mesela beton veya tuğla, sıva, alçıpan ya da izolasyon veya mümkün olan herhangi katmanlardan oluştuğu gösterilerek bütün ölçüm dokümanlarında bunlarla ilgili bilgileri otomatik olarak görebiliriz. Burada anlatılmak istenen, bir çizim dâhilinde modelde yapılacak bir değişikliğin bütün diğer çizim elemanlarına (planlar, kesitler, görünüşler, 3D) ve hatta metraj listelerine de eş zamanlı olarak yansıtılmasıdır. İnteraktif olarak güncellenen bu değişimler aslında yapı elemanlarının akıllı nesnelere gibi davranması anlamına gelmektedir (Akkaya, 2012). Çizim ve tasarım aşamasında kullanılan nesnelere yazılım kütüphanesinde hazır bulunan veya kullanıcı tarafından isteğe göre çizilebilme olanağına sahip olanlardır. Bu nesnelere prensip itibarıyla akıllı nesnelere; yapıyı oluşturan diğer nesnelere ilişkiler içerisinde oldukları için, kullanıcı tarafından girilen herhangi bir yanlış parametre yazılım tarafından tespit edilir ve bu konuda kullanıcıya bir uyarı verilir. Örneğin uygunsuz bir değer girilerek yapılan bir merdiven çizimi sürecinde hatalı bir sonuca varılınca (mesela çok büyük rıht yüksekliği ya da iki kat arası yükseklik farkını kapatmaya yeterli olmayan basamak sayısı gibi) program bu konuda bir uyarı verir. Kullanıcı bu tür uyarıları dikkate alarak gerekli düzeltmeleri yapar. Böylece çizim aşamasında hata riski azalır. Bunun dışında akıllı nesnelere sayesinde özellikle ön projelendirme ve revize aşamalarında birçok iş otomatik olarak görülür. Örneğin, projede çizilen kapı ve pencere gibi elemanlar tam olarak kendi başına değil de üzerinde çizildiği duvarlarla ilişki içindedir ve bu duvarı hareket ettirdiğimizde üzerine monte edilmiş elemanlarda onunla birlikte hareket eder. Eğer bu işlem sonrası bir çakışma ortaya çıkarsa program yine bu konuda bir uyarı gösterir. Bu sayede duvarı ayrı, ona bağlı yapı elemanlarını ayrı hareket ettirmek zorunluluğu ortadan kalkar.

Günümüzde proje yönetimi bütün sektörlerde öncelikli konu haline gelmiştir. İyi bir yönetim; firmaları, olası hatalardan ve bunun sonucunda ortaya çıkacak masraflardan sigortalı olacaktır. İnşaat projelerinde bu durum daha belirgin hale gelir. Bilişim teknolojileri sayesinde yapı inşaatı sırasında ve yaşam döngüsü boyunca yönetim, daha etkili bir biçimde gerçekleştirilmektedir. (Szalabaj, 2014). Sözü edilen yönetim, ancak tasarım, inşaat sürecinde ve daha sonrasında yapıda yapılan bütün

değişikliklerin kayıt altına alınmasıyla ve raporlanmasıyla mümkün olur. YBM programları bu konuda çok gelişmiştir. YBM'de projelendirme sürecinin bütün aşamaları bir veri tabanında saklanır. Proje ilerledikçe veri tabanı da değişir ve büyür. Projenin bütün bileşenleri (plan, kesit, görünüş, 3D model, metraj ve diğer hesaplama ve belgeler ve s. gibi) aynı veri tabanına bağlıdır. Bunlardan birinde yapılan değişiklik diğer bütün bileşenlere de otomatik olarak aktarılır ki, bu da, birçok hataları önlemiş olur.

YBM yazılımlarının en önemli özelliklerinden biri de disiplinler arası birlikte çalışabilirlik olanağını yüksek düzeyde karşılamasıdır. Birlikte çalışabilirlik, ABD, İngiltere, Finlandiya gibi birçok ülkede inşaat yönetmeliklerinin en önemli maddelerinden biridir. Uluslararası YBM araştırma şirketi olan BuildingSmart tarafından birlikte çalışabilirlik prensibinin faydaları şöyle açıklanmıştır:

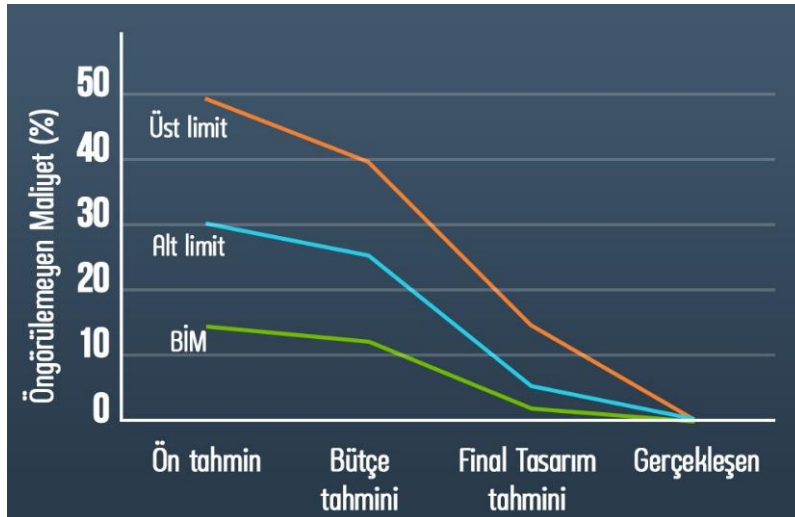
- Tüm proje katılımcılarının ihtiyaçlarına hızlı cevap verebilecek bir platform oluşturulacak,
- Bütün proje süreci boyunca veri alışverişini destekleyebilme imkânı yaratılmış olması,
- Siparişinin isteklerinin projeye doğru bir biçimde uyarlanması ve proje verilerinin uygunluğunun her an denetlenebilme imkanı,
- En uygun yazılımı tercih edebilmek için gerekli altyapının olması,
- Tasarım hizmetleri için rekabetçi ve açık pazarların hızla seçilebilmesi,
- Tedarikçilerin kararları ve prensiplerinden bağımsız olarak gelecekte proje verileri kullanılabilir olması (GSA 2007, Statsbygg, 2013 Finish Senate, 2012, AIA, 2014).

Projelendirme ve inşaat sürecinin karmaşıklığı ve burada kullanılan sistemler, disiplinler arası çalışma gerektirir. Özellikle YBM bu paydaşların ortak olarak anlayabileceği bir dil oluşturmayı hedeflediği için bu paydaşların aynı ve güncel bilgiye ulaşmasını sağlamalıdır. Projenin herhangi bir safhasında muhtemel çelişkiler bu şekilde önlenmiş olur. Katılımcı projedeki konumuna göre modelde bir yanlışlık gördüğünde derhâl müdahale edebilir ve inşaatta oluşacak olası bir kriz önlenmiş olur. Eastman vd., göre, (2011) birlikte çalışabilirlik, iş akışlarını ve işletme otomasyonlarını düzenleyen uygulamaların arasındaki veri alışverişi için olan bir özelliktir. Bu özellik sayesinde proje paydaşları tek bir model üzerinde çalışır ve

yaptıkları değişiklikler ortak çalışma platformu sayesinde diğer bütün paydaşlara aktarılmış olur. Mimari, mekanik, elektrik, statik, yalıtım ve enerji analizleri gibi proje bileşenleri tek bir modelde işlenir. Bu şekilde bütün disiplinler bir arada ve yüksek iletişim düzeyinde çalışır ve iş programları düzenlemeleri çok daha kolay yapılır. Bu şekilde projede daha az değişiklik yapılır, daha az zaman harcanır ve olası çakışmalar ortadan kaldırılır. Birlikte alışabilirlik sürecinin doğru ilerlemesi için proje katmanları arasında olası çakışmaları kontrol etmek gerekli. YBM programları bu için üstesinden de iyi bir şekilde geliyor.

2008 senesinde Kivinemi ve diğerlerinin yaptığı araştırmaya göre Avrupa'daki inşaat ve mühendislik firmalarının %25'inin YBM kullanarak projelerde çakışma kontrolü yaptıkları ortaya çıkmıştır. Çakışma genellikle elektrik ve mekanik sistemlerin hem kendi, hem de yapının strüktürel sistemleri arasında ortaya çıkar. Çakışma kontrolü süreci o kadar etkindir ki, kullanıldığı projelerde çakışmalar sıfır düzeyindedir. YBM kullanımının en önemli özelliklerinden biri olan çakışma kontrolünün faydaları ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır (Leite ve başkaları, 2009).

2007 senesinde Munroe ve diğerleri göre projenin başlangıcından bitimine kadar olan zaman aşamasında tahmin edilen öngörülmeyen ya da beklenmedik maliyetlerin YBM kullanımında en az olduğu grlmştir. Bu, projelerde ortaya çıkan beklenmedik maliyetlerin üst limitinden daha azdır. Yani YBM sayesinde projelerde öngörülmeyen maliyetler minimuma inmiş olur.



şekil 3.8: Proje başlangıcından bitimine kadar öngörülmeyen maliyetler (Munroe, 2007).

YBM'nin faydaları konusunda birçok araştırma yapılmış ve onlardan çıkan sonuçlar rakam, izelge ve grafikler şeklinde özetlenmiştir. Mesela, CRC Construction

Innovation'ın 2007 senesinde yaptığı araştırmada YBM'nin faydalarını şöyle özetlemiştir:

- Hızlı ve etkili bir süreç: Bilginin kolayca paylaşılabilmesi.
- Etkili tasarım süreci: Brif ve başlangıç bilgiler doğru analiz edilip, alternatif tasarım modelleri hazırlanıp, simüle edile ve kıyaslanabilir.
- Projenin Tüm yaşam döngüsünün kontrol ve tahmin edilebilmesi: Çevresel ve yan etkilerin öngörüle bilinmesi, maliyet tahmininin yapılması ve bütün bunların gözlemlenebilir olması.
- Otomatikleştirilmiş ve ya robotik imalat ve montaj: YBM modelinin imalat ve montaj için rahatlıkla kullanılabilmesi.
- Gerçekçi sunum: Proje sahiplerinin gerçekçi görsellerle bilgilendirile bilmeleri.
- Proje yaşam döngüsü bilgileri: Projenin işletme yönetimi de dahil tüm yaşam döngüsü boyunca tahminlerin yapılması ve tüm bilgilerin ulaşılabilir olması.

2007 senesinde, Stanford Üniversitesi "CIFE – Center for Integrated Facilities Engineering" birimi tarafından YBM kullanan 32 büyük çaplı proje üzerinde araştırma yaptı. Bu araştırma sonucu YBM'nin faydaları aşağıdaki şekilde özetlendi (CIFE, 2007):

- Proje bütçesindeki değişimlerin %40 oranında azalması,
- Maliyet tahminlerinin çok daha düşük, %3 hata payı ile yapılması,
- Maliyet tahminlerinin hazırlanmasına %80 daha az zaman harcanması,
- Yapı elemanları arasında çakışmadan dolayı masrafların %10 azalması,
- Proje bitim zamanının %7 oranında azalması.

YBM'nin diğer faydalarını Charles Eastman, 2011 senesinde yaptığı araştırmasında şöyle özetlemiştir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4: Charles Eatman'a (2011) göre YBM'nin faydalarının özeti

A. İnşaat öncesi faydaları
1. Konsept, fizibilite ve tasarım avantajları
2. Artan bina performansı ve kalitesi
3. Entegre proje teslimi sayesinde gelişmiş işbirliği
B. Tasarım aşamasında faydaları
1. Tasarımın erken ve gelişmiş görselleştirilmesi
2. Tasarımda değişiklik yapıldığında otomatik hızlı düzeltmeler
3. Tasarımın her aşamasında doğru ve tutarlı 2D çizimlerin üretilmesi
4. Birden çok tasarım disiplininin daha sağlıklı işbirliği
5. Proje tutarlılığının kolay teftişi
6. Tasarım aşamasında maliyet tahminlerinin çıkarılması
7. Enerji verimliliği ve sürdürülebilirliğinin iyileştirilmesi
C. İnşaat aşamasında faydaları
1. Proje modelinin prefabrike elemanların hazırlanmasında kullanılması
2. Tasarım değişikliklerine hızlı tepki
3. İnşaattan önce tasarım hatalarının ve ihmallerin keşfi
4. Tasarım ve inşaat planlamasının senkronizasyonu
5. İnce yapım tekniklerinin daha iyi uygulanması
6. Tasarım ve inşaat ile tedarikin senkronizasyonu
D. İnşaat sonrası faydaları
1. Daha iyi yapı iş bitim teslimi ve yapı bilgilerinin kolay devredilmesi
2. Daha iyi yönetim ve istismar
3. Yönetim ve istismar sistemleriyle kolay entegrasyon

3.4 YBM'nin Kullanım Alanları

Forbes ve Ahmed'in çalışmalarında belirtildiği gibi bir YBM aşağıdaki amaçlar için kullanılabilir (Forbes ve Ahmed, 2010).

- Görselleştirme: 3D model kolaylıkla oluşturulabilir.
- Üretim, çizimleri: Çeşitli yapı sistemleri için üretim çizimleri kolayca oluşturulur. Örneğin, model tamamladıktan sonra metal levha boru tesisatı üretim çizimleri kolayca oluşturulabilir.
- Otomatik üretim: Teknolojik açıdan gelişmiş tedarikçileri içeren projelerde, YBM dosyalarından elde edilen veriler, sayısal olarak kontrol edilen bir üretim malzemesi için girdi verileri olarak kullanılabilir.

- Yönetmeliğe ilişkin değerlendirmeler: Belediyeler, itfaiye ve diğer yetkililer bu modeli inşaat projelerinin ilgili bölümlerini kontrol etmek için kullanabilirler.
- Adli analiz: YBM olası arızalar, sızıntılar, tahliye planları gibi çizimleri görüntülemek için kolayca uyarlanabilir.
- Tesis yönetimi: Tesis yönetimi departmanları onarım, mekan planlama ve bakım için YBM'i kullanabilir.
- Maliyet hesabı: YBM yazılımlarında maliyet hesabı özelliği de vardır. Modelde değişiklikler yapıldığında, malzemenin miktarları otomatik olarak değiştirilir.
- İnşaat sürecinde malzeme ve üretim: YBM modeli, projenin her aşamasında tüm yapı ürünleri için malzeme siparişi, üretim ve teslimat programlarının hazırlanması için etkili bir şekilde kullanılabilir.
- Uyuşmazlık ve çakışma araştırması: YBM modelleri ölçekli olarak üç boyutlu şekilde üretilir. Tüm ana sistemlerin, duvarların, kolonların, kirişlerin, kanalların ve boru sistemlerin bir biriyle çakışma durumları görsel olarak kontrol edilebilir.
- Acil durum yönetimi: Acil durumlarda planlama ve tahliye açısından büyük kolaylık sağlaması da YBM'nin kullanım alanlarına dâhil edilebilir.

YBM'nin sadece binanın inşaat aşamasında kullanılacak bir sistem olmadığını, fikir projesinden son projelendirmeye, inşaat sürecinden işletme sürecine kadar bütün aşamaları kapsadığını yukarıdaki örneklerden görebiliriz. Sisteme veri girişi, işlenmesi veya değiştirilmesi kullanılan YBM yazılımlarının özelliğine bağlı olarak mümkündür. YBM, birçok farklı disipline ait kullanıcının değişik formatlardaki veri girdilerinin bulunduğu ve bu verilerin proje ilerleyişine bağlı olarak sürekli revize edildiği dinamik bir sistemdir. YBM, binanın tasarım sürecinden işletimine kadar uzun süreçte binanın tüm yaşam döngüsü içinde kullanılabilir. Bütün bunların dışında, kaynaklarda CBS konusunda da YBM ile ilgili çalışmaların olduğu görülebilir. Dolayısıyla YBM'nin, tasarım sürecinde, yapısal ve çevresel analizlerde, bina yapım sürecinde, bina işletiminde, CBS ile bütünleşik projelendirme kapsamında kullanımı gibi kullanım alanları olduğunu söylenebilir.

Tasarım süreci genellikle mimarların aktif rol oynadığı süreçtir. Bu süreç, başlangıçta mimar tarafından tasarımla ilgili temel kararların alındığı, proje taslakları

oluşturulup daha sonra inşaat mühendisleri ve diğer birimlerden de geri bildirim alınarak ilerlendiği bir süreçtir. Mimar, bu kararların hem kendisi hem de diğer katılımcılar için doğruluğunu sınamak için, sanal bir model üzerinde tasarım çözümleri üreterek bu süreci daha verimli kılar. Bu aşama, katılımcıları genel tasarım şekli ve temel kararlar hakkında bilgilendirmeyi amaçlar. Bu aşamada verilen kararlar bir sonraki süreç üzerinde önemli bir etkiye sahip olacağından, temel kararların doğru şekilde verilmesi gerekir. Yapı Bilgi Modellemesi, üç boyutlu modeller, maliyet analizi, erken fizibilite ve görsel unsurlar kullanılarak pazarlama aşamasına da katkıda bulunur (Ofloğlu, 2009).

Projenin tasarım aşamasından sonra projenin daha ayrıntılı modelinin oluşturulması gerekir. Bu model, bina ile ilgili tüm ana bileşenleri içerir. Modelde doğru girilmiş boyutlar, temel yapısal elemanlar (duvar, sütun, kiriş vb.), doğru tanımlanmış zemin yükseklikleri ve zorunlu mekanik sistemler bulunmalıdır. Bu modeller genellikle mimarlar tarafından oluşturulur ve inşaat mühendisleri ve makine mühendisleri gibi katılımcıların belgelerini içerir. Böylelikle, fiziksel ve sayısal tasarım modeli olmak üzere iki bölümden oluşan YBM modeli ortaya çıkar.

YBM'nin en önemli avantajlarından biri, geometrik veriler dışındaki sayısal verileri de tek bir yapıda saklayabilmesidir. IFC gibi ortak bir veri standardında kaydedilen proje bilgileri üçüncü taraf yazılımlar tarafından okunabilir ve bu yazılımlarda gerekli yapısal analizleri yapabilirler. Projenin uygulanmadan önce elde edilen bu tip veriler hem binanın yapısı açısından, özellikle de işletme sürecinde maliyet ve zaman açısından büyük önem taşıyacaktır. Mimari modelleme veya yapısal modelleme için yazılım tarafından oluşturulan taşıyıcı sisteme ait veriler statik hesaplama ve simülasyon yazılımına aktarılır. Yazılımı kullanan bir inşaat mühendisi modeli analiz eder ve taşıyıcı elemanlar için doğru boyutları seçer ve gerekirse taşıyıcıların konumuna müdahale eder ve verileri YBM yazılımına geri gönderir.

Enerji analizi genellikle binanın ısıtma, soğutma ve havalandırma (HVAC) gereksinimlerini dikkate alır. Bina inşaat aşamasına gelmeden önce yapılan bu analizler geri dönüşü olmayan aşamaya ulaşmadan önce çözümlerin üretilmesine yardımcı olmaktadır. Binanın enerji performansına ait veriler elde etmek için YBM yazılımlarından elde edilen IFC verisinin enerji analizi yapan EnergyPlus gibi yazılımlara aktarılması mümkün olabilmektedir. Enerji simülasyonları, IFC'de yer

alan geometrik veriler, HVAC donanımı ve sistem tanımlamaları kullanılarak gerçekleştirilebilir.

Bir binanın doğal aydınlatmasını, yapay aydınlatmayı, binanın kendi ve diğer yapılarla olan kitlesel bağlantılarından kaynaklanan gölge ilişkilerini tespit etmek ve daha iyi analiz etmek için ışık analizi kullanılır. Bu ilişkileri modellerken, topoğrafya, bina oryantasyonu ve diğer binaların yerleri gibi parametreler de hesaplamalara dahil edilir.

YBM sisteminin başka bir avantajı, akustik analiz yapabilen bir yazılımla veri alışverişi yapabilmektir. Bu programların çalışma prensibi, üç boyutlu geometrik modeli üretimde kullanılacak malzemenin şekline ve özelliklerine uygun olarak analiz etmek ve yapının akustik özelliklerini sayısal ve görsel verilerle üretme şeklindedir.

Bina yapım aşamasında YBM kullanımı, proje katılımcıları arasında iyi iletişim kurulmasına, ek maliyetlerin azaltılmasına, güvenlik kararlarının alınmasına, makine ve teçhizat varış zamanının planlanmasına katkıda bulunur. YBM'in sağladığı gider ve maliyet takvimleri etkin ve verimli proje uygulamasının gerçekleşmesine katkıda bulunur. Modelden alınan veriler sayesinde fizibilite analizi yapılabilir. Modeli oluşturan unsurlar, miktar hakkında bilgi içerebilir ve bu bilgilere dayanarak, bir maliyet veri tabanı oluşturulabilir. Sonuç olarak, gereksiz ve zamansız malzemelerin kullanılmasını önlenir ve şantiyedeki gereksiz harcamalar en aza indirilir. İstenilen anda modelin verdiği 3D görüntüleri kullanarak şantiye içindeki anlık karar vermelere de yardımcı olabilir.

YBM'de hem katılımcılar hem de projenin başarısı için birbirleriyle bilgi paylaşımları önem taşımaktadır. Birbirleriyle sorunlu olabilecek unsurları önceden tahmin etmek, önlem almak ve ne yapılacağını belirlemek önemlidir. YBM ne kadar ayrıntılı olursa, bu gibi çelişkili parçaları algılamak o kadar kolay olacaktır. Proje ile ilgili çalışma takvimi, bazen modeldeki geometrik verilerle karşılaştırılabilir ve bina yapım süreci için simülasyonlar hazırlanabilir.

Bina sahipleri ve yöneticileri Bina Bilgi Modelini bina işletme ve bakımı için kullanabilir. Gelecekteki uygulamalarda ve müdahalelerde bilgi kaynağı olarak YBM modelinin veri tabanı kullanılabilir. Modelin yerini, taşıyıcısı ve kaplama malzemesini bilmek, mekanik ve elektrik tesisatlarıyla etkileşime girdiğinde sistemin

başlangıç bileşenlerinin konumunu belirlemek için özellikle yararlıdır. Aynı şekilde elektrik, su, doğalgaz tesisatlarında olası kaza durumunda hem onarım hem de tahliye zamanı kolaylık sağlayabilir. Model ayrıca büyük binalarda güvenlik, afetler ve tahliye hakkında kararlar almak için bir rehber görevi görmektedir. Bina tasarımı sırasında yapılan değişikliklerin modelde güncellenmesi, verileri gelecekteki müdahaleler için güncel tutacaktır.

YBM sisteminin bir büyük avantajı da veri tabanı oluşturmayı teşvik etmesidir. Bu sayede kullanıcıların binadaki herhangi bir bakım onarım faaliyeti sırasında elektrik, su, doğalgaz gibi tesisatların nereden geçtiğini modelden öğrenebilmeleri olası tadilat kazalarını da önler. Sistem dinamik bir sistem olduğu için işletim aşamasındaki yapı üzerinde yapılan değişikliklerin model üzerinde de yapılması daha sonraki zamanlarda da kullanılmasına yardımcı olabilir. Acil durumlardaki en yakın çıkış noktaları gibi hayati konular da modelden belirlenebilir.

3.5 Arazi Modellenmesinde YBM Yazılımlarının Kullanımı

Sayısal arazi modellenmesi süreci sadece mevcut proje dosyalarından basit topoğrafya yaratmak değil, aynı zamanda, yönelimler, arazi kotları ve yeraltı durumu ifade eden drenaj ve su boruları sistemleri gibi elemanlar da dahil olmak üzere gerekli tüm saha bilgilerini taşıyacak bir arazi modeli oluşturmak anlamına da gelir. Yapının parametrik modeliyle ilişkide olan YBM platformuna entegre edilmiş arazi modelini oluşturmak için nelere ihtiyaç duyulduğu ve bu arazi modelinin içinde hangi enformasyon elemanlarını bulundurması gerektiğini Menglin Wang, 2011 senesinde yaptığı araştırmasında aşağıdaki şekilde özetlemiştir.

- Yeraltı durumu
Bir bina projesinin yer altı durumu, jeolojik bilgilerinin yanı sıra, su hattı, kanalizasyon hattı, telefon hattı, gibi mekanik, elektrik bilgileri, vb. bu gibi mevcut tesisatla ilgili bilgileri içermektedir.
- Arazinin lojistik planlaması
İnşaat sırasında arazi, kazı, kademelendirme, altyapı çalışmaları, dolgu, altyapı ve nihayetinde peyzaj çalışmaları nedeniyle çok büyük değişime uğraya bilmektedir. Arazi modeli yardımıyla bütün bu

değişimlerin planlaması, inşaat sürecine büyük katkı sağlamış olur (Woo vd., 2010).

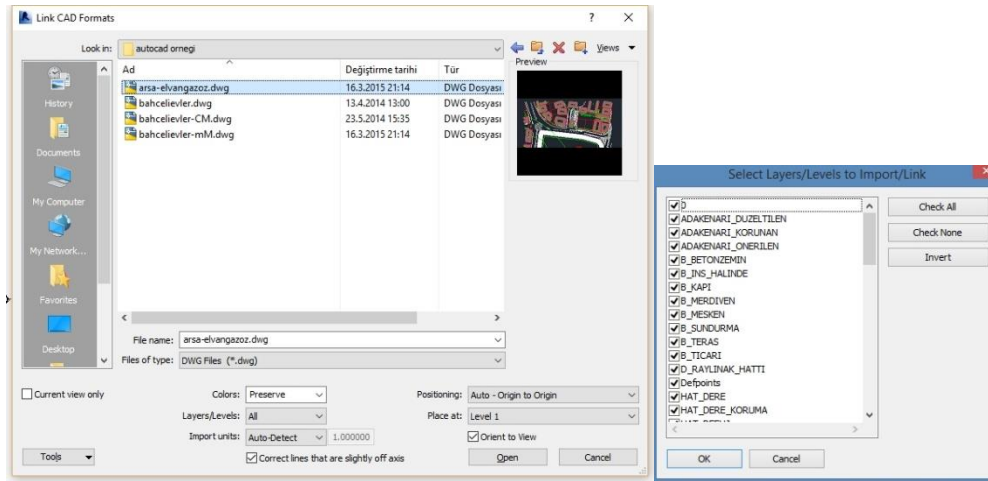
Wang'a göre iyi tanımlanmış bir 3D arazi modeli, arazinin yeraltı durumu açısından aşağıdaki sorunları ele almalıdır:

- **Hat türleri:** Şantiye arazisinde binanın kullanımı için gerekli farklı fonksiyonları sağlayan, her biri binanın mekanik, elektrik, kanalizasyon sistemlerine bağlanan bir kaç hat tipleri vardır. Bu nedenle, boruları, farklı renk, şekil ve simgeler kullanarak açık bir şekilde tasarlamak ve ayırmak önemlidir. 3D YBM modeli, tasarımın görselleştirilmesini geliştirmede başarılıdır, bu da bu tür işleri kolayca yapılabilir kılar.
- **Konum:** Mevcut tesisat sistemindeki her unsur kesin konum faktörü ile tanımlanmalıdır, yeraltında bulunan her bir boru ve borunun kesin konumunu ve yüksekliğini açıkça göstermelidir, böylece, sahada bir kazı yapıldığı zaman, mühendislere çarpışmaları önlemek için yardımcı olacaktır.
- **Maliyet:** Altyapı çalışmalarında da, inşaatla ilgili diğer bütün konular gibi maliyet hesabı oldukça önemlidir. Boruların çoğu eğimli olduğundan, sadece düz 2D çizimleri ele alırsak, maliyet tahmini çalışmasında bir miktar hatalar oluşabilir. YBM yazılımının sağladığı ölçüm ve zamanlama işlevleri sayesinde, maliyetin daha doğru tahmin edilmesini sağlayacaktır.
- **Bakım ve onarım:** Ayrıca, bir bakım ve onarım problemi söz konusu olduğunda, ilgili borunun tam yeri ve tipi, boyutu, malzemeleri hızlı ve kolay bir şekilde bulunmalıdır.

3.5.1 Arazi modellenmesinde Revit yazılımının kullanımı

Revit'te arazi modeli Massing&Site mөнüsünden Toposurface aracı yardımıyla yapılmaktadır. Toposurface aracı, noktalar veya Revit'e aktarılan CAD dosyası kullanarak topoğrafik bir yüzey oluşturur. Revit, bu işlem için AutoCAD'in DWG/DXF, Sketchup'ın SKP, MicroStation'a ait DGN ve mühendislik ve mimarlık geometrik modelleme veri standartlarından SAT gibi farklı formatları destekler. Ama genellikle en çok DWG formatı tercih edilir. AutoCAD dosyasını Revit'e aktarmak için iki yöntem bulunmaktadır. Birinci yöntem AutoCAD dosyasına "Link CAD", ikinci yöntem ise dosyayı Revit ortamına "Import CAD" seçeneğiyle alır.

Birinci yöntem “Link CAD”, AutoCAD’de kullanılan xref mantığıyla çalışır. AutoCAD dosya ile Revit’e eklenen arasındaki bağlantı oluşur. AutoCAD dosyası değiştirildiğinde, bu değişiklikler, Revit’e eklenmiş olan dosyaya da yansır. Bu zaman AutoCAD dosyası referans amaçlı kullanılacaksa tercih edilmelidir. “Link CAD” komutu kullanıldığında açılan pencerede Layers/Levels daha sonra Specify ile katmanlardan istenmeyenlerin aktarımı engellenebilir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9: Revit’te Link CAD seçeneği (URL-15).

Hangi katta kullanılacağı göz önünde bulundurularak CAD dosyasının o seviyeye eklenmesi tavsiye edilir. Bunun için dosya aktarılırken (plan, kesit vb.) “Current view only” kutusu işaretlenmelidir. Bu zaman dosya sadece o seviyede görünecektir.

“Link CAD formats” penceresindeki “Positioning” (konumlandırma) seçeneği, gelecek çizimin ekranda nereye yerleşeceğini belirler. Çoğu zaman “Origin to origin” seçeneği tercih edilir. Özellikle aynı projeye ait başka çizimlerin de transfer edilmesi gerektiğinde hepsinin üst üste gelmesini sağlar. (URL-15).

Revit ile link edilen CAD dosya arasındaki ilişki “Visibility/Graphics/Imported Categories”de görüntülenir. Çizimdeki tüm katmanlar görüntülenebilir ve gerekmeyenler buradan kapatılabilir.

“Insert/Manage Links” ile eklenen tüm bağlantılar yönetilebilir. Burada “Unload” ile link görünümde kapatılır, “Load” ile yeniden yüklenilir. “Remove” link’i projeden de çıkartmak için kullanılır. “Add” seçeneği ile aynı ve ya başka dosya bulunduğu kaynaktan yüklenebilir.

Revit’e CAD çizimini yüklemenin ikinci yöntemi “Import CAD” seçeneğidir. Bu yöntemin dezavantajı CAD dosyası ile Revit’e arasında bir ilişkinin oluşmamasıdır.

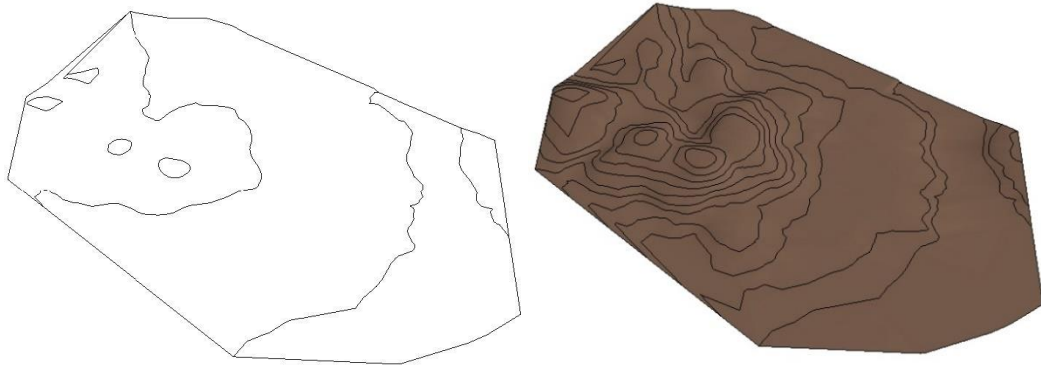
Yani CAD dosyasında yapılan değişiklikler Revit'e yansımayacaktır. Bu nedenle önceki yöntem daha çok tercih edilir.

Transfer edilen CAD dosyasını sadece altlık olarak değil, onun bileşenleri üzerinde de çalışabilmek için "Modify/Explode" komutu ile patlatmak gerekir.

Revit'e aktarılan CAD verisi üzerinde varlıklar "Massing/In-place Mass" ile kütleler olarak modellenebilirler. Bunun için çizgilerin üzerinden "Pick line" komutu ile tıklanarak geçildiğinde çizgiler, daha sonra bu kapalı çizgilerden yüzeyler ve arkasından 3B objeler meydana getirilir. CAD dosya üzerinde Revit'te daha rahat çalışmak için öncesinde AutoCAD'de üst üste gelen çizileri yok etmek için "Overkill" komutu kullanılabilir.

Her hangi teknikte Revit'e aktarılan dosyada bulunan eşyükselti eğrilerini kullanarak arazi modeli oluşturmak için "Massing & Site/Toposurface" seçilir. "Create from Import/Select Import Instance" ile CAD dosyasına tıklanır. Hangi katmanlardaki noktaların arazi modeli için esas alınacağını seçe bildiğimiz bir ekran açılır. Daha sonra eş yükselti eğrilerinin geçeceği noktalar tanımlanır. Bu aşamada bu noktaların yerleri üzerinde değişiklikler yapılabilir. "Toposurface" komutunu aktif ederek daha sonra da bu yükseklik noktaları değiştirilebilir.

3B görünüm penceresinden oluşmuş arazi modelinin 3B görüntüsü incelenebilir. Bu görünüşte eş yükselti eğrilerinin sayısı az görünüyorsa "Massing&Site" altındaki "Model Site" bölümünden eğrilerin ne kadar yükseklikte bir konulacağı ile ilgili ayar olan "Increment" değiştirilebilir (Şekil 3.10).



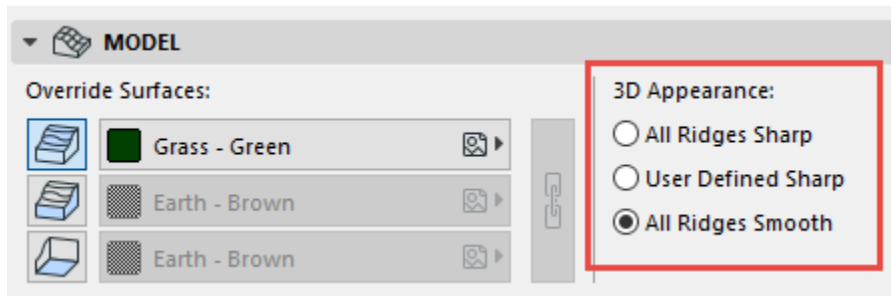
Şekil 3.10: Revit'te eş yükselti eğrilerinin sayısının ayarlanması (sol Increment 1000, sağ Increment 100) (URL-15).

Bir başka hassas arazi modeli oluşturma yöntemi de koordinat noktaları girilerek modellenmiştir. Bunun için arazi noktalarının koordinatları ve yükseklikleri tanımlı metin veya CVS dosyaları kullanılabilir. (URL-15) Burada yine “Massing & Site/Toposurface” seçilir. “Create from Import/Specify Points File” komutu vasıtasıyla ilgili harici dosya seçilmelidir.

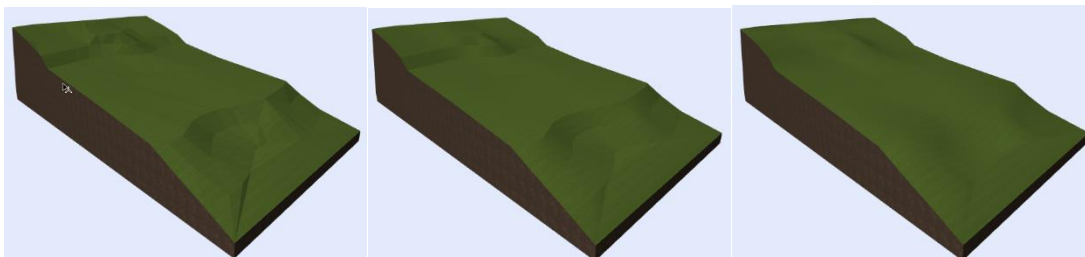
Yukarıda söz açılan yöntemlerden her hangi biri ile oluşturulmuş arazi modeli istenilen anda yeniden düzenlenebilir, buraya nokta eklenip kaldırılabilir.

3.5.2 Arazi modellenmesinde ArchiCAD yazılımının kullanımı

ArchiCAD’de arazi oluşturmak için genellikle “Mesh (Arazi)” aracı kullanılır. Arazi aracı aktif edildiğinde ayarların bulunduğu bir pencere açılır. Bu pencereden araziyle ilgili birçok düzenleme ve ayar yapılabilmektedir. (Bob Martens, Herbert Peter, 2004). Pencerede bu ayarlar sekmelerde kategorize edilmiş şekilde bulunmaktadır. “Geometry and Positioning (Geometri ve Konumlandırma)” panelinde farklı arazi düzenleri ve arazi kalınlığı tanımlanır. “Floor Plan and Section (Kat Planı ve Kesit)” panelinde eğim çizgileri için çizgi tipi, kalem rengi, kalınlığı ve kaplama deseni ve arazinin kesitte nasıl gösterileceğini ayarlamak mümkündür. “Model” paneli arazinin görselleştirmede ayrıca “3D” penceresinde kullanılmak üzere yüzey malzemesi seçimi yaptırır (Şekil 3.11). Ayrıca “3D” penceresinde görüntülenme seçenekleri seçilebilir (Şekil 3.12).

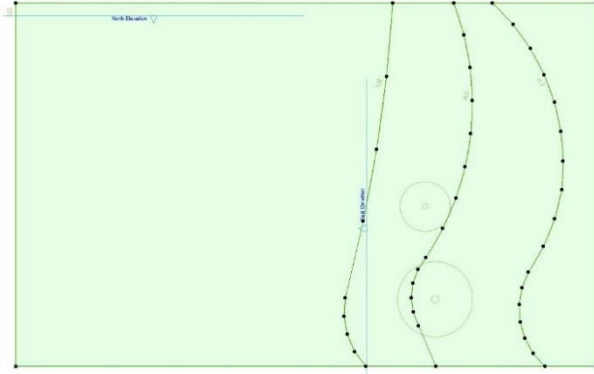


Şekil 3.11: ArchiCAD’de “Arazi” aracı “Model” paneli (URL-16).



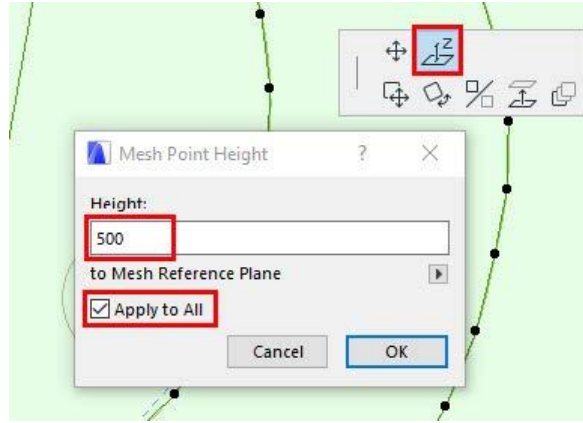
Şekil 3.12: “3D” penceresinde görüntülenme seçenekleri (URL-16).

ArchiCAD'de bir CAD dosyada bulunun eşyükselti eğrileri vasıtasıyla arazi modellenilebilir. Bunun için ilk önce CAD dosya ArchiCAD'e aktarılmalıdır. Aktarma işlemi File/File Special/Merge komutu ile yapılır. Arazi aktarıldıktan sonra "Mesh" aleti yardımıyla arazi sınırları belirlenecek şekilde bir dikdörtgen ve ya poligon çizilir. Daha sonra aktarılan CAD dosyadaki eşyükselti eğrileri bu çizime eklenir. Bu işlem için "Mesh" aleti halen aktifken klavyede "Space (Boşluk)" tuşu basılı tutulur. Bu zaman "Mouse (Fare)" imlecinin şekil deriştirdiği görülecek. "Space" tuşu basılıyken aktarılan CAD çizim üzerindeki eşyükselti eğrilerine bir-bir tıklanarak bu eğriler Mesh modele eklenir (Şekil 3.13).



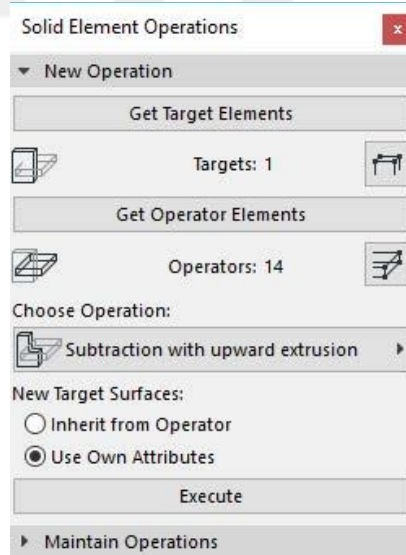
Şekil 3.13: Eş yükselti eğrilerinin Mesh modele eklenmesi (URL-17).

Eğer eşyükselti eğrilerinin yükseklikleri CAD dosya içinde zaten ayarlanmış ise ArchiCAD bu ayarları korur. Aksi takdirde Mesh modele eklenmiş eğrilerin yükseklikleri sonradan da ArchiCAD ortamında ayarlanabilir. Bunun için eş yükselti eğrilerini bir noktasına seçip "Elevate Mesh Point" seçeneğine tıklanmalıdır. Bu zaman açılan "Mesh Point height" penceresinden yükseklik belirlenebilir (Şekil 3.14). Bu zaman "Apply to All" seçeneği aktif edilirse gösterilen yükseklik sadece bir nokta değil bütün eş yükselti eğrisi için belirlenecektir. Aynı işlemi tekrarlayarak bütün eş yükselti eğrileri için yükseklik belirlenebilir.



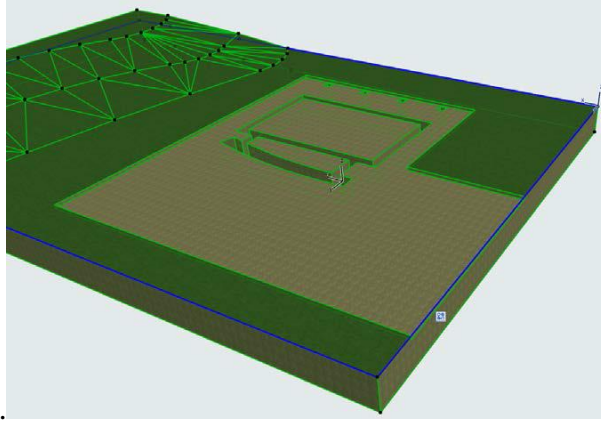
Şekil 3.14: Eş yükselti eğrilerinin Mesh modele eklenmesi (URL-17).

Arazi modellendikten sonra arazi üzerinde binanın tuttuğu alanı araziden keserek ayırmasına ihtiyaç vardır. Bunun için “Solid Element Operations” işlemleri kullanılır. Araziden bina oturumunu çıkarmak için ilk önce arazi üzerinde bir döşeme (Slab) çizilmelidir. Bu döşemenin “Story Settings”den araziye göre yükseklik seviyesi ayarlanmalıdır. Daha sonra “Solid Element Operations” penceresinden hedef elemanı (Get Target Elements) ve işlemci elemanı (Get Operator Elements) seçerek bu işlem gerçekleştirilir (Şekil 3.15)



Şekil 3.15: Solid Element Operations penceresi (URL-17).

Daha sonra “Subtraction with upward extrusion” sekmesinden “Execute” komutu kullanılarak işlem sonlandırılır (Şekil3.16).



Şekil 3.16: Solid Element Operations işleminin sonucu (URL-17).

3.5.3 Arazi modellenmesinde AllPlan yazılımının kullanımı

Allplan ile daha sonra tasarım, proje çizimlerini oluşturma, miktar çıkarma, arazi kesitlerini oluşturmaya temel teşkil eden sayısal arazi modeli oluşturmak kolaydır. AllPlan arazi modelleme araçları aşağıdaki olanaklar sunmaktadır (Şekil 3.17):

- 3B parametrik sayısal arazi modeli oluşturmak,
- Eğim hesaplamalarının yapılması,
- Kazı ve dolgu hesaplamalarının yapılması,
- Yol yapımı için arazi planlarının oluşturulması,
- Sayısal arazi modeline dayalı miktar hesaplamaların yapılması,
- Arazi yükseklik nokta dosyalarını içe ve dışa aktarma,
- Binaların araziye entegre edilmesi,
- Çevre düzenleme.



Şekil 3.17: AllPlan'da yapılmış vaziyet planı. (URL-18).

AllPlan’da da arazi modellenmesine başlamak için önce eş yükselti eğrilerine ihtiyaç vardır. Bu eğrileri diğer yazılımlarda olduğu gibi AutoCad ve ya diğer CAD yazılımından aktara biliriz. Bunun için AllPlan’da “File” menüsünden “Import” komutu kullanılır. Aktarılan eş yükselti eğrilerini kullanarak arazi modellemek için “Tools” bölümünden “Terrain” komutu kullanılır. Burada AllPlan arazi modellemesi için birkaç seçenek sunmaktadır. Söz konusu dışarıdan aktarılan CAD dosya ise “Counter line” komutu kullanılmalıdır (Şekil 3.18).



Şekil 3.18: AllPlan’da yapılmış arazi modeli ve üzerindeki yapılar (URL-19).

4 ALAN ÇALIŞMASI, ANKET ve VERİ ANALİZİ

Esasen karar vermek için değerlendirilme yapılır, yani değerlendirme farklı olasılıklar arasında seçim yapmaktır (Carney ve Wallnau, 1998). Her türlü yazılımı değerlendirmek karmaşık bir süreçtir. Her ne kadar Amerika Birleşik Devletleri'nde büyük YBM yazılım geliştiricilerinin bir listesi ve YBM kullanıcılarının ihtiyaç ve beklentilerini belirlemeye çalışan birkaç anket olsa da, literatür taramasından, yapılan araştırma sonucunda YBM yazılımları için resmi bir değerlendirme modeli olmadığı ortaya çıktı. Bu çalışmada seçilmiş YBM programlarının değerlendirmesi için bir model ortaya koymak için, şimdiye kadar yapılan az sayıda değerlendirme anketi ve kullanıcı ihtiyaçları belirleme araştırmalarını incelenip, araştırma konusu olan YBM yazılımlarının arazi modellenmesinde kullanılması ile ilgili kriterler ortaya konulmaya çalışılmıştır.

4.1 Araştırma Yöntemi

Bu çalışmada konu ile ilgili çok sayıda kaynak incelenmiştir. Konu rakamsal teknolojiler gibi yeni bir alanı içerdiği için büyük yoğunlukta son yıllarda yapılmış araştırmalar kaynak olarak ele alınmıştır. Daha gerçek bir değerlendirme yapmak adına araştırma yöntemi olarak iki farklı yöntem paralel olarak uygulanmıştır. Bu hem anket hem de alan çalışmasıdır.

4.1.1 YBM yazılımları değerlendirme kriterlerinin oluşturulmasına yönelik literatür çalışması

2007 senesinde Gilligan and Kunz'un Stanford Üniversitesinde yaptığı "Value from VDC/BIM Use" isimli çalışmada farklı YBM yazılımlarını analiz etmiş ve sonuçları, modelleme yeteneği, bina analizi yeteneği, tahmin ve proje çizelgesi için fonksiyonlar ve son olarak proje yönetimi için işlevler gibi kategorilerde belirtmiştir. Çizelge 4.1, bu çalışmanın kullanıcı ihtiyaçları ve temel özelliklerden beklentiler açısından sonuçlarını göstermektedir. Bu çalışmayı ele alarak, Jose Mauricio Ruiz, 2009 senesinde kendisinin YBM Software Evaluation Model For General

Contractors isimli çalışmasında bir YBM değerlendirme modeli ve kriterleri ortaya koymuştur. Çalışmada değerlendirme kriterleri, tasarım, inşaat, inşaat sonrası ve genel kriterler olarak kategorize edilmiştir. Yalnız birçok kriterler bu kategorilerin her birinde bulunmaktadır. Çizelge 4.2 de bu kriterlerin genel listesi gösterilmiştir.

Çizelge 4.1: Anketlere Dayalı Kullanıcı İhtiyaçlarının ve YBM Beklentilerinin Özeti (Gilligan and Kunz, 2007).

Modelleme yeteneği	Bina analizi yeteneği	Tahmin ve zaman programlaması	Proje yönetimi
Geleneksel CAD yönetimi görevlerini azaltan Otomatik Kurulum, yönetim ve koordinasyon	Yapısal (statik) analiz uygulamaları ile doğrudan entegrasyon	Maliyet tahmini uygulamaları ile doğrudan entegrasyon	Proje yönetimi uygulamaları ile doğrudan entegrasyon
Büyük projeler üzerinde çalışma yeteneği	Enerji analizi uygulamaları ile doğrudan entegrasyon	Miktar çıkarma, zaman tahmini ve 4D zamanlama gibi inşaatla ilgili görev desteği	IFC Uyumluluğu
Aynı proje üzerinde çalışan çoklu ekip üyeleri ile dağıtılmış iş süreçlerini destekleme becerisi	Güvenlik analizi veya yönetimi	4D çakışma algılama	Yazılımı üreten firmanın pazar payı
Mimarlar, inşaat, mekanik, elektrik mühendisleri ve başka disiplinlere hitap eden çokdisiplinli çalışma yeteneği	Enerji analizi veya yönetimi	Otomatik gerçek-zamanlı zaman programlaması	Yardımların kalitesi ve destekleyici belgeler, öğreticiler ve diğer öğrenim kaynakları
Ön kavramsal (konsept) tasarım modellemeyi destekleme becerisi	Yapısal (statik) analiz		İmalat ve prefabrikasyon için hazırlık ve altyapı
Tüm inşaat belgelerini üretme kabiliyeti			
Fotogerçekçi görsel (render) ve animasyon üretme yeteneği			
Diğer nesnelere bağlantı ve ilişki kurabilen akıllı nesnelere			
Hazır nesne kütüphanesinin erişilebilirliği			
Genişletilebilirlik (Extensibility) ve çözümün özelleştirilmesi			
Yüksek detay seviyeli mimari modelleme			
Alan kullanımını tanımlayabilme			

Çizelge 4.2: Gilligan and Kunz, 2007 çalışmasına göre YBM yazılımları için değerlendirme kriterleri

Tasarım aşaması YBM değerlendirme kriterleri
Modelleme yeteneği
Otomatik Kurulum, yönetim ve koordinasyon yeteneği
Çizim ve Modelleme Yeteneği
2D ve 3D'de Parametrik Modelleme yeteneği
Kullanıma hazır kütüphaneler
Hazır kütüphane modellerinin düzenleme ve değiştirme yeteneği
Fotogerçekçi render ve animasyonlar oluşturma yeteneği
İlişkiliği, bağlanabilirliği ve diğer nesnelere ilişkileri koruyan akıllı nesnelere
Çizimleri ve modelleri yayınlama, paylaşma ve görüntüleme becerisi
Değişiklikleri incelemek için geçmiş takip etme yeteneği
Çok kullanıcı iş paylaşım kapasitesi
Büyük projeler üzerinde çalışma yeteneği
Mimarlar, inşaat, mekanik, elektrik mühendisleri ve başka disiplinlere hitap eden çok-disiplinli çalışma yeteneği
Ön kavramsal (konsept) tasarım modellemeyi destekleme becerisi
Yüksek detay seviyeli mimari modelleme
İnşaat belgeleri üretmek için tam destek
Bina analizi
Yapısal (statik) analiz uygulamaları ile doğrudan entegrasyon
Enerji analizi uygulamaları ile doğrudan entegrasyon
Güvenlik analizi veya yönetimi
Enerji analizi veya yönetimi
Yapısal (statik) analiz
Tahmin ve zaman programlaması
Maliyet tahmini uygulamaları ile doğrudan entegrasyon
Miktar çıkarma, zaman tahmini ve 4D zamanlama gibi inşaatla ilgili görev desteği
3D çakışma algılama
Otomatik gerçek-zamanlı zaman programlaması
Proje yönetimi
Herhangi bir ekip işbirliği yazılımı ile entegrasyon yeteneği
Proje çizimlerinin geliştirilmesi
Geçici inşaat analizi geliştirme yeteneği
İmalat ve prefabrikasyon için hazırlık ve altyapı yeteneği
Kaynak Yönetimi Yeteneği
XML Import/Export
IFC uyumluluk
İnşaat, mimarlık, statik, mekanik, sunum, görselleştirme ve başka yazılımlarla çift yönlü ilişkilendirme
DGN, DWG, DXF, PDF, STEP, IGES, IFC ve başka formatları destekleme

YBM yazılımlarının değerlendirilmesi ile ilgili başka bir önemli çalışma da 2011 senesinde Salford Üniversitesinde Arayıcı ve diğerleri tarafından yapılmıştır. Araştırmada vaka analizi olarak Liverpoolda yerleşen John McCall Architects (JMA) şirketinin geleneksel CAD projelendirme yönteminden YBM projelendirme yöntemine geçiş isteği üzerine, bu şirkete hangi YBM yazılımının uygun olmasının

belirlenmesi ele alınmıştır. JMA öncelikli olarak sosyal konut, özel konut ve yenilenme projelerine odaklanmaktadır (Arayıcı vd., 2011). JMA, tasarım ve yapı inşası sürecini kontrol ettiği için dahil olduğu projeler birçok paydaşı içerir ve önemli ölçüde birlikte çalışabilirlik ve bilgi alışverişine ihtiyaç duyar. Genelde YBM'e geçişe kadar, proje ve inşaat süreçlerinde hep CAD yazılımları kullanmıştır. Bununla birlikte, bu 2B CAD aracıyla yapılan mevcut uygulama, zaman çizelgeleri, son tarih baskıları, tekrarlamalar, uzun teslim süreleri, tedarik zincirinde süreklilik eksikliği, aşırı işleme gibi bazı verimsizlikleri beraberinde getirmektedir. Bu sebepten şirket yeni projelendirme mantığına ihtiyaç duyup YBM projelendirme mantığına geçmeye karar vermiştir. Araştırma, YBM yazılımlarını araştırıp, şirketin ihtiyaçlarını ve yazılımdan beklentilerini belirleme yolu ile şirket için en uygun YBM yazılımını tespit edilmeyi hedef almıştır. Bunun için öncelikle JMA şirketinin beklenti ve ihtiyaçları belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3: JMA şirketinin YBM yazılımlarından beklenti ve ihtiyaç listesi (Arayıcı vd, 2011).

YBM yazılımlarından beklenti ve ihtiyaç listesi.

Arazi modeli oluşturma kolaylığı

Tuğla ve başka kaplama malzemelerinin boyut ve diğer özellikleri ile çalışmanın kolaylığı

Yazılımın eğitim ve öğrenme kolaylığı

Yüksek kaliteli sunum çıktılarının hazırlanması

İlave görselleştirme motorlarının desteklenmesi

Birden fazla kullanıcının tek bir modelle etkileşim olanağı

İnşaat ekibi ile kolay etkileşim imkanları

Çakışma algılama becerisi

Yazılım distribütörü tarafından sağlanan destek ve eğitim seviyesi

YBM yazılımının sahip olduğu çift yönlü birlikte çalışabilirlik

Bu listeyi ele alarak araştırmacılar, firma için YBM yazılımları değerlendirme kriterleri belirlemiş ve bu kriterlerin önemlilik derecesine göre 0 ve 1 arası bir katsayı vererek sıralamışlar (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4: JMA şirketinin YBM yazılımları değerlendirme kriterleri ve kriterlerin önemlilik katsayısı (Arayıcı vd, 2011).

YBM yazılımlarından beklenti ve ihtiyaç listesi.	Önem katsayısı
Girilen verilerin kesinlik ve hassasiyeti	1.00
Arazi modellemesinin kolaylık derecesi	1.00
Diğer çizim, statik, mekanik ve başka yazılım formatlara export ve başka formatlardan düzgün (hassas) import yeteneği	0.95
DWG, DXF, DGN, SKP, IFC, 3ds, FBX gibi formatları ile düzgün (hassas) export ve import yeteneği	0.95
Çizimlerin PDF formatta export yeteneği	0.95
Yazılımın pazar payı ve rekabete dayanıklılığı	0.95
Kapı, pencere listeleri çıkarma kolaylığı	0.90
Çizim setleri özelliği	0.90
Bir model üzerinde birkaç kişinin çalışabilme imkanı	0.90
Çıktı yönetimi ve ayarlanabilme imkanı	0.90
Kaliteli mimari çizim sunum özellikleri (çizgi tipleri ve kalınlığı gibi)	0.90
Sanal Gerçeklik (VR) motoru	0.90
Çizim standartları, şablonları ve macros oluşturma	0.85
İç mimari detaylar özellikle mutfak mobilyası projelendirme yeteneği	0.85
Duvar ve tavan gibi elemanlarının parametrik olarak değiştirilebilirliği	0.85
Parametrik yapı elemanları (Kapı, pencere, duvar ve başkaları)	0.80
Parametrik merdiven	0.80
Coğrafik koordinatları kullanabilme özelliği	0.75
Parametrik elemanların parametrelerinin kolay değişebilmesi	0.75
Hazır model kütüphaneleri	0.75
Modelin dosya ağırlığı	0.75
Hazır kütüphane modellerinin dosya ağırlığı	0.75
Yazılım distribütörü ve üretici firma tarafından destek	0.75
Onlayn ders, kitap ve s. miktarı ve ulaşılabilirliği	0.75
Çizimin görünürlük (visibility) ayarları	0.70
Arazi topografyası verilerinin	0.65
Yapı elemanları arasında bağlılık	0.65
YBM modelinde navigasyon ve görüntü seçenekleri	0.65
Çakışma belirleme	0.60
Karmaşık yapı elemanları modellemesinde kolaylık	0.50
Modele kent ve sokak mobilyaları ekleme özelliği	0.50
Yeni malzeme yaratma özelliği	0.50
Kolay revizyon ve kontrol özellikleri	0.50
Yazılımın lisans fiyatı	0.50
Yazılımın servis fiyatları	0.50
Tasarım olanakları	0.50
Görselleştirme ve render yetenekleri	0.40
Kolayca konsept model hazırlama özelliği	0.25
Ağ yetenekleri (network capabilities)	0.25
Programlaştırma ve biçimlendirme	0.25

4.1.2 Anket sorularının hazırlanması

YBM yazılımlarının değerlendirilmesi, genel özellikleri, kullanıcı ihtiyaçları ve genel olarak bilgisayar ortamında parametrik arazi modelinin oluşturulması ile ilgili daha önce yapılmış ve yukarıda sunulmuş çalışmalardan yola çıkarak bu çalışma kapsamında YBM yazılımlarının arazi modeli oluşturma konusunda değerlendirme kriterleri ortaya çıkarıldı. Bu kriterler ve onların açıklaması çizelge 4.5 de sunulmuştur.

Çizelge 4.5: YBM yazılımları değerlendirme kriterleri (Yazar tarafından oluşturulmuştur).

YBM yazılımlarından beklenti ve ihtiyaç listesi.	Açıklama
1 Çizim ve Modelleme Yeteneği	Yazılımın çizim ve modelleme sürecinde ne derece kolay ve başarılı olduğu.
2 Kullanıma hazır kütüphaneler	Parametrik nesnelere hazır olarak internet ve başka kaynaklardan ulaşılabilme.
3 Hazır kütüphane modellerinin düzenleme ve değiştirme yeteneği	Hazır nesnelere kolay değiştirilebilirliği.
4 Fotogerçekçi render ve animasyonlar oluşturma yeteneği	YBM yazılımının render ve görselleştirme konusunda becerileri. Aynı zamanda yazılıma başka üreticilerden profesyonel render motoru entegre edilebilme olanağı.
5 Çizimleri ve modelleri yayınlama, paylaşma ve görüntüleme becerisi	Genel olarak tasarımın farklı aşamalarında yazılımın raporlama ve proje sunma yeteneği.
6 Değişiklikleri incelemek için geçmişini takip etme yeteneği	Çizimde belli zaman aralıklarında hangi değişiklikler yapıldığını kolayca belirleme özelliği.
7 Çok kullanıcı iş paylaşım kapasitesi	Yazılımı aynı proje üzerinde aynı anda farklı kişilerin çalışabilmesini sağlayabilmesi.
8 Büyük projeler üzerinde çalışma yeteneği	Yazılımın teknik kapasitesinin değerlendirilmesi.
9 İnşaat belgeleri üretmek için tam destek	Gerekli tüm inşaat liste (Kapı, pencere ve başka listeler), belge ve evraklarını üretme becerisi.
10 Miktar, metraj çıkarma, zaman tahmini ve 4D zamanlama gibi inşaatla ilgili görev desteği	Yazılımın miktar çıkarma, Primavera ve MS Project gibi zaman tahmini ve programlama yazılımlarıyla bağlantı özellikleri.
11 IFC uyumluluk	Parametrik veri alış-veriş formatı olan IFC destek özelliği.
12 Veri hassasiyeti	Girilen verilerin kesinlik ve hassasiyeti.
13 Kaliteli mimari çizim sunum özellikleri	Mimari çizim ve sunum standartları özellikleri (çizgi tipleri ve kalınlığı gibi).
14 Yazılımın kolay öğrenilmesi	Basit ve kolay anlaşılır arayüz, eğitim belge, kitap, online dersler ve başka kaynaklara kolay ulaşılabilirlik.
15 Coğrafi koordinatlar ve GIS verileri kullanma ve entegrasyon özelliği	Gerçek coğrafi koordinatlar ve GIS verilerinin entegrasyonu.
16 Arazi topografyasının modellenmesi ve topografya üzerinde manipülasyon özelliği	Arazi modellemesi ve değiştirilmesi kolaylığı.
17 Kent mobilyası, ağaç bitki gibi	Peyzajda kullanılan farklı nesnelere desteklenmesi ve

	nesnelerin modellenmesi ve desteklenmesi	modellenebilmesi.
18	Yapı malzemeleri ve özellikleri	Farklı yapı malzemeleri ve onların parametre ve özelliklerini oluşturabilme yeteneği.
19	Yapı arazisinin altyapı elemanlarını oluşturulması	Bir bina projesinin yer altı durumu, su hattı, kanalizasyon hattı, telefon hattı, gibi mekanik, elektrik bilgileri ve mevcut tesisatın oluşturulabilme özelliği.
20	Topoğrafyada yapılan değişikliklerle ilgili hesaplamalar	Kazı, dolgu miktarlarının hesaplanması.

4.1.3 Örnekleme modeli

Alan çalışması için eğitimli topografyaya sahip bir arazi seçilmesine dikkat edildi. Daha sonra arazi, değerlendirmeye alınmış yazılımların her birini profesyonel olarak kullanan üçerli gruplardan oluşan toplam dokuz mimar ve mimarlık firması tarafından modellenmiş ve kriterlere göre değerlendirmeye alınmıştır. Değerlendirme ölçeği olarak 5li Likert skalası kullanılmıştır. Ayrıca alan çalışmasında yer alan katılımcılardan modelleme sürecini anlatıp, bu süreçte ve genel olarak tecrübe ettikleri, yazılımların avantaj ve eksik yönlerini belirtmeleri istenmiştir. Alan çalışması ve anket çalışmasına katılan mimarlar dünyanın farklı ülkelerinden seçilmiştir. Çizelge 4.6’de katılımcıların kullandıkları YBM yazılımlarında ne kadar tecrübeli olmaları ve mensup oldukları ülkeler gösterilmiştir. Katılımcıların her birinin, araştırmaya dahil edilmiş 3 yazılımdan ikisini profesyonel olarak kullanıyor olmalarına dikkat edilmiştir. Bu seçimin amacı kıyaslamalı ve tarafsız bir sonuca ulaşılması hedeflenmiştir.

Çizelge 4.6: Modelleme ve Anket çalışmasına katılanların bilgileri.

Katılımcı No	Katılımcıların alan çalışmasında kullandığı yazılım ve deneyimi	Kullandığı diğer YBM yazılımı ve deneyimi	Ülke
A1	ArchiCad (7 yıl)	Revit (5 yıl)	Türkiye
A2	ArchiCad (3 yıl)	Revit (2 yıl)	Rusya
A3	ArchiCad (9 yıl)	Allplan (5 yıl)	Azerbaycan
B1	Revit (3 yıl)	ArchiCad (4 yıl)	Türkiye
B2	Revit (5 yıl)	ArchiCad (6 yıl)	Azerbaycan
B3	Revit (9 yıl)	Allplan (10 yıl), Revit (4 yıl)	Kanada
C1	Allplan (6 yıl)	Revit (5 yıl)	Azerbaycan
C2	Allplan (4 yıl)	Navisworks, ArchiCad (7 yıl)	Rusya
C3	Allplan (4 yıl)	ArchiCad (6 yıl)	Ukrayna

4.2 Anket Çalışması İçin Katılımcıların Arazi Modellemesi Uygulamaları

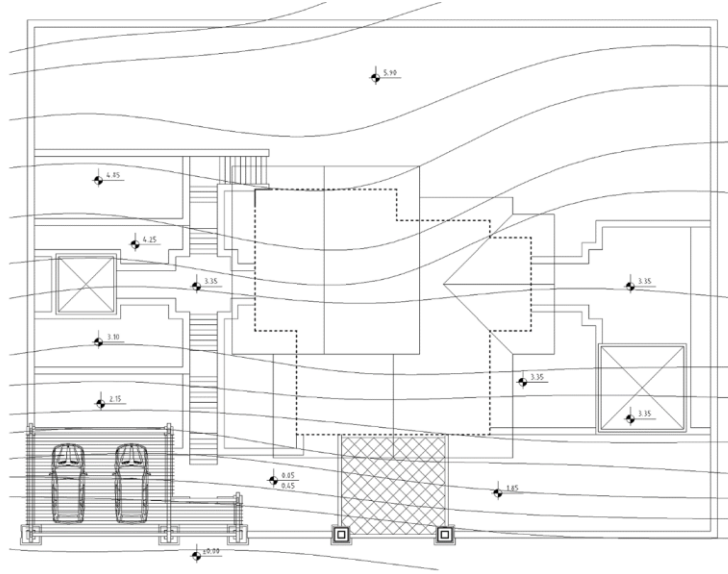
Yapının tasarım sürecinde arazi şekli ve binanın tasarımının birbirini nasıl etkilediğini ve YBM programlarının bu ilişkiyi nasıl yönettiğini göstermek için bir alan çalışması geliştirilmiştir. Araştırma kapsamında ele alınan YBM yazılımlarının karşılaştırılması amacıyla; aynı arazi ve bina her üç yazılımda üçer firma ve mimar tarafından modellenmiş ve bunun sonuçları çalışmada belirtilmiştir.

Alan çalışması için seçilmiş proje Azerbaycan'ın Gebele şehrinde inşa edilmiş Riverside Villa isimli gerçek uygulanmış bir villa projesidir (Şekil 4.1). Bu villa, arazide projelendirilmiş turistik tesisin bir parçasıdır. Binanın ve tüm tesisin mimari projesi TopProject firmasına aittir. Statik proje çalışmaları Dağlar MMC firması tarafından yapılmıştır. Tesis inşası 2008 senesinde başlamış 2010 senesinde teslim edilmiştir.



Şekil 4.1: Riverside Villa projesinin 3 boyutlu görselleri.

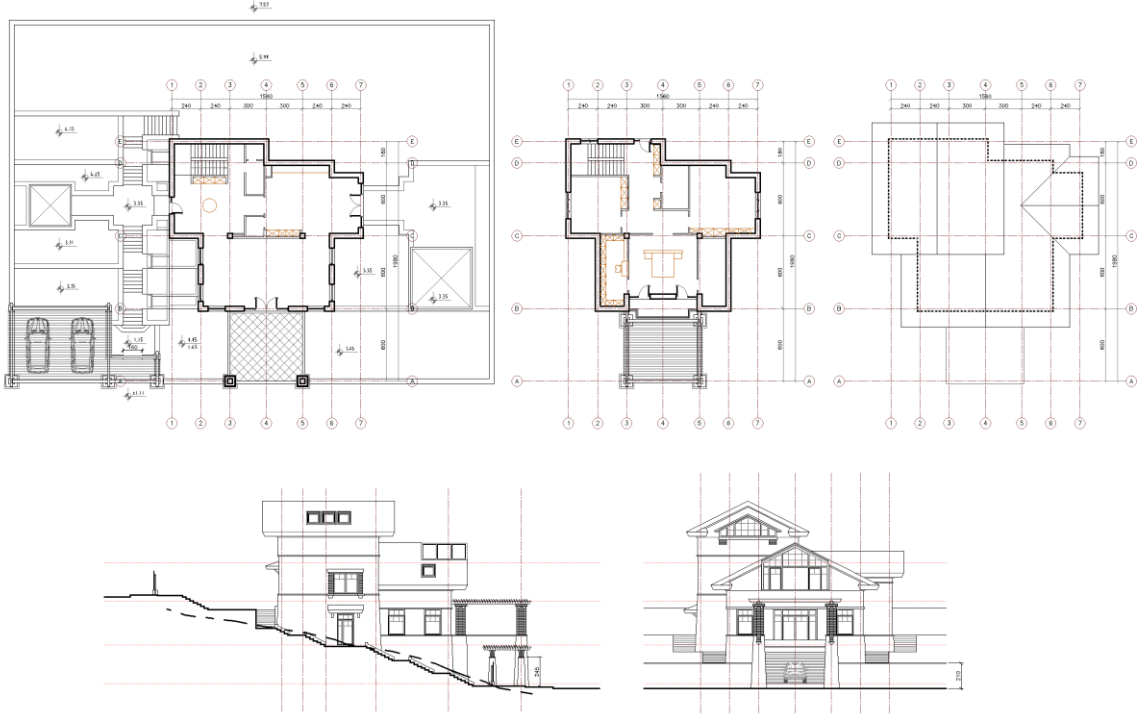
Arazi 1200 metre kare alandan oluşmaktadır. Villanın yerleşmiş olduğu arazi eğimli bir arazidir. Arazinin eğimli morfolojisi modelleme altlığında seçilmesinde etken olmuştur. Şekil 4.2'de arazi topografyasının CAD çizimi gösterilmiştir.



Şekil 4.2: Arazi topoğrafyasının CAD çizimi

4.2.1 Anket katılımcılarının YBM yazılımlarında modelleme süreci

Tasarım geliştirme aşamasında, mimari firma tarafından iki boyutlu CAD çizimleri ve 3 boyutlu görseller hazırlandı (Şekil 4.3). Daha sonra bütün tasarım aşamasında bu çizimler revize edilerek final çizimler ortaya çıktı. Bahsedilen 9 adet YBM çalışması bu CAD ve 3D çizimler ele alınarak yapıldı. Katılımcılardan önce arazinin ham halinin, daha sonra bina ve bina tasarımından dolayı arazinin değişmiş halinin modellenmesi ve bu sürecin farklı kademelerinde bazı ekran resimleri alınması istendi. Modellemeler yapıldıktan sonra modelleme sürecini anlatmaları ve belirlenmiş ve 4. bölümde belirtilmiş kriterlere göre değerlendirildi.



Şekil 4.3: Riverside projesinin CAD çizimleri.

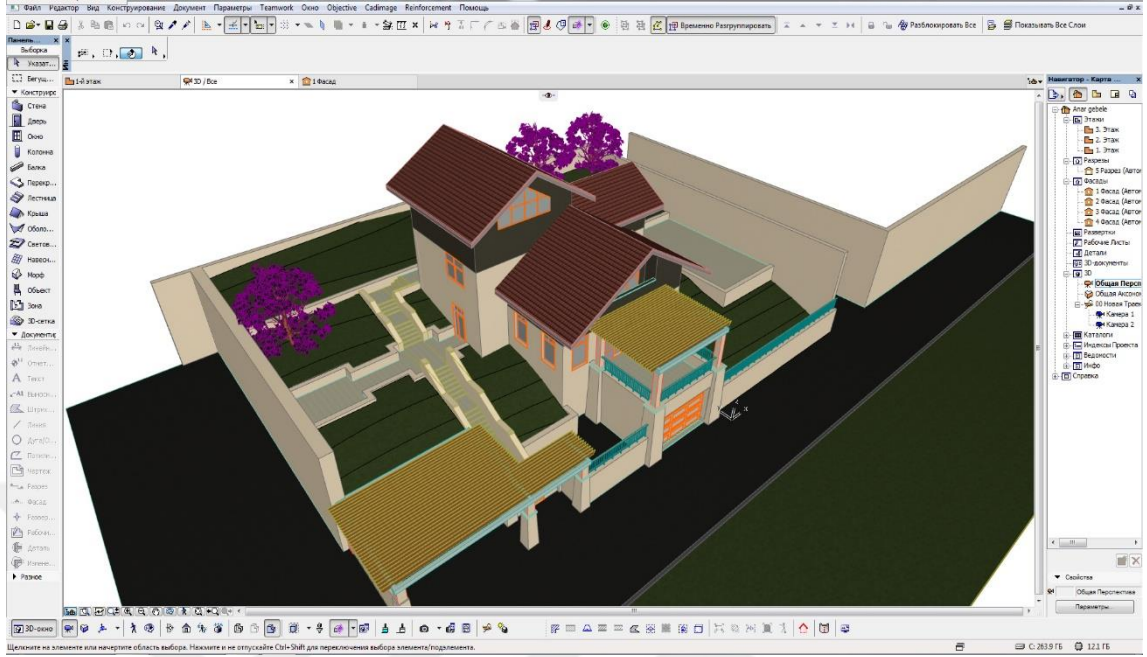
Modellemeyi yapan katılımcıların model oluşturma süreci anlatımları esasında bu sürecin aynı yazılımda genel anlamda aynı olduğu ve kullanıcıya bağlı çok küçük ve önemli olmayan farklılıklar olduğu ortaya çıktı. Bu sebepten her katılımcı için değil, her yazılım için birer modelleme süreci gösterilmiştir.

4.2.1.1 Anket katılımcılarının ArchiCad modelleme sürecini tanımlamaları

ArchiCad'de bina modelleme sürecinin ilk adımı eksen setini oluşturmaktır. Bu genel bir adımdır bu yüzden yazılımda bu adım çok hızlı yapılmaktadır. Yazılım aks isimlerini ve onlar arasında mesafeyi otomatik olarak çizmektedir. İkinci adım kat sayısını ve kat yüksekliklerini belirlemektir. Burada da kat isimleri cephe görünüşlerinde kat yüksekliklerinin gösterilmesi otomatik olarak yapılmaktadır. Aynı zamanda bu aşamada çatı şekline uygun olarak kullanıcı tarafından çatının en yüksek noktasının kotu girilmektedir. Bina şeklini belirlemeye yardımcı olacak bütün bu genel veriler girildikten sonra arazi modellenmesine başlanır.

ArchiCad programı ile arazinin başlangıç hali, bina tasarımına uyumlu şekilde düzenlenerek son tasarıma uygun hale getirilir (Şekil 4.4). ArchiCad'de arazi modellemesi, arazi aracı yardımıyla kolayca yapılır. Arazinin ilk hali eşyükselti

eğrileri yardımıyla modellenir. Daha sonra aynı araç vasıtasıyla yeni arazi şekline uygun düzenlenebilir.

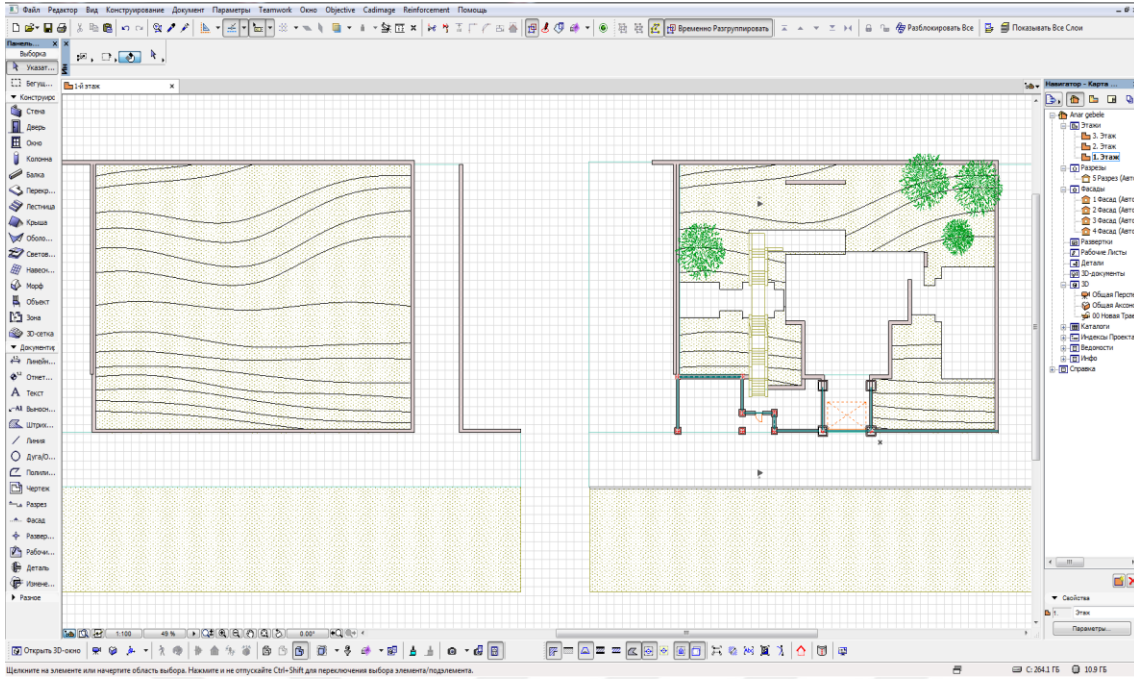


Şekil 4.4: Riverside projesinin ArchiCad modeli (Katılımcı A1).

Katılımcıların ArchiCad programını kullanarak arazi modelleme süreciyle ilgili yorumlamaları aşağıdaki gibidir.

Katılımcı A1, ArchiCad arazi modellemesi süreci ile ilgili yorum yapmakta çekimser kaldı.

Katılımcı A2, ArchiCad’de arazi modellemesi sürecini şu şekilde anlattı. Archicad’de arazi modelinin farklı metodlarla yapılabildiğini iletti. Burada modelleme sürecinde “Mesh” aletini kullandı. AutoCad’den aktarılmış eşyükselti eğrilerini “Mesh” aleti yardımıyla 3 boyutlu arazi modeline dönüştürdü. Arazinin başlangıç halini modelledikten sonra, bina modeline uygun revizeler yaptı ve son arazi modelini ortaya çıkardı (Şekil 4.5). Bu model üzerinde binanın kapladığı arazinin, arazideki farklı malzemelerin (çim ve asfalt gibi) kolaylıkla belirlenebileceğini; araziyle ilgili kazı, dolgu miktarlarının hesaplanabileceğini belirtti.

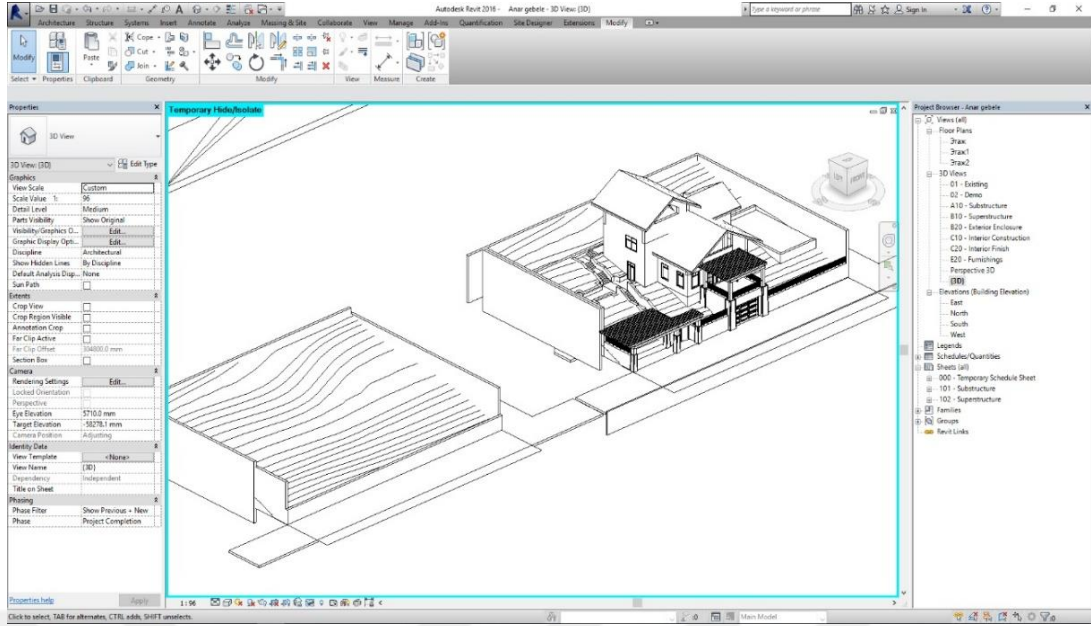


Şekil 4.5: ArchiCad arazi modeli (Arazinin başlangıç ve son halı) (Katılımcı A2).

Katılımcı A3, ArchiCad’de arazi modellemesi sürecini şu şekilde anlattı. Arazi modellemesini yaptıktan sonra duvarların çizilmesiyle binanın modellenmesine başladığını belirtti. Duvar modelleme sürecinde duvarların kalınlıkları, tipleri ve hangi bileşenlerden oluştuğunun gösterilebileceğini söyledi. Bütün yapı bileşenlerinde aynı prensiple kat döşemeleri, kolonlar, kirişlerin çizime ilave edileceğini, bütün bunların ArchiCad hazır kütüphanesinden seçilerek, seçilmiş elemanların özellikleri üzerinde oynamalar yapılabileceğini ya da baştan yapı elemanları tasarlanarak çizilebileceğinin önemini vurguladı.

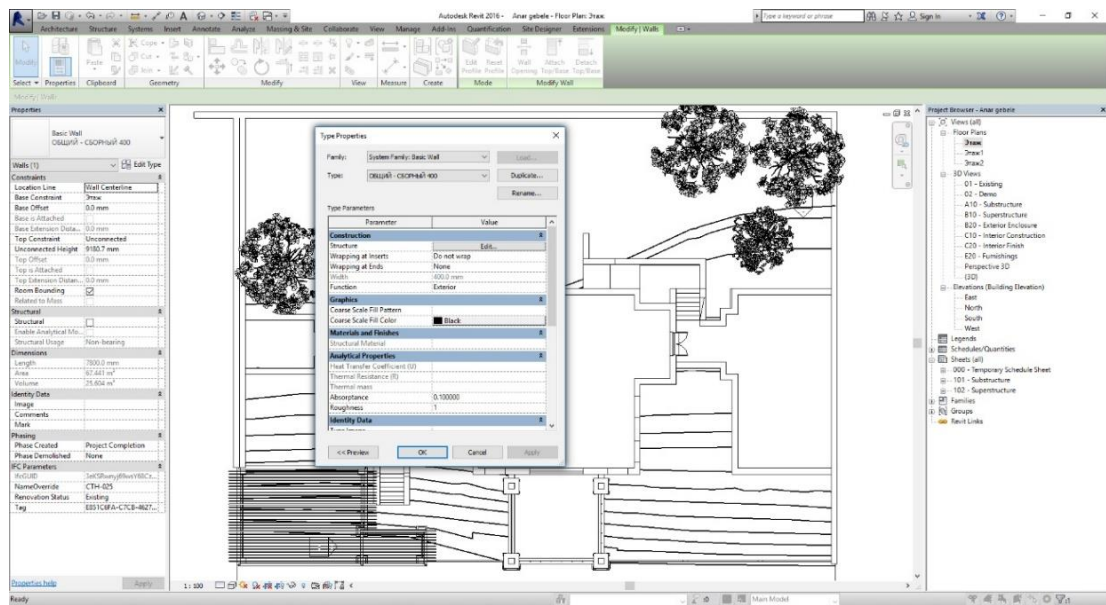
4.2.1.2 Anket katılımcılarının Revit modelleme sürecini tanımlamaları

Katılımcı B1, Revit’ te arazi modellemesi sürecini şu şekilde anlattı. Yapılan modelleme çalışmasında “Toposurface” aletini kullandığını; çalışma sırasında AutoCad’den aktarılan eşyükselti eğrileri olduğu için bu eğrileri Revit’te tekrar çizmeğe gerek kalmadığını belirtti. Revit’te araziyle ilgili bütün işlemlerin “Massing & Site” panelinden kontrol edilebileceğini ve “Toposurface” aletinin bu panelde konumlandığını söyledi (Şekil 4.6).



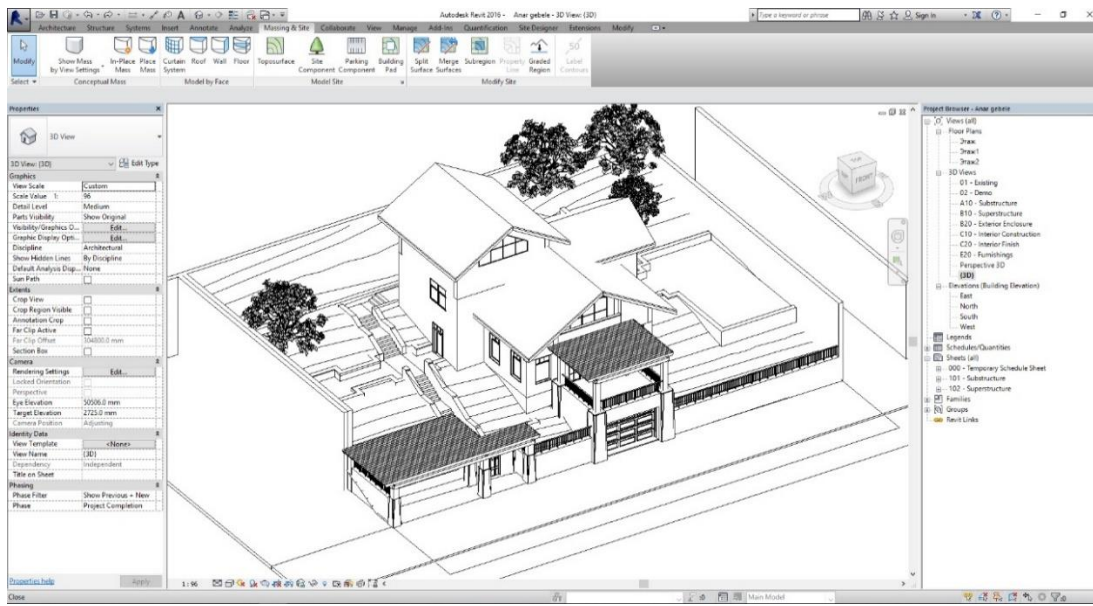
Şekil 4.6: Revit arazi modeli (Katılımcı B1).

Katılımcı B2, Revit'te arazi modellemesi sürecini şu şekilde anlattı Revit resmi çevrimiçi derslerinde modelleme sürecine yükseklik kotlarının girilmesiyle başladığını, yalnız bu modelleme sıralamasının o kadar önemli olmadığını belirtti. Katılımcı B2 arazi modellemesi sürecinde kullanacağı akslar ve yükseklikleri belirledikten sonra kolon, kiriş, duvar, gibi esas yapı elemanları ve sonrasında kapı, pencere gibi diğer elemanları modelledi. Revit modelleme sürecinin ArchiCad'le büyük ölçekte aynı olduğunu belirten Katılımcı B2, Revit ile herhangi yapı elemanının parametrelerinin kolaylıkla düzenlenebileceğini tanımladı (Şekil 4.7).



Şekil 4.7: Revit modelleme süreci (Katılımcı B2).

Katılımcı B3, Revit'te arazi modellemesi sürecini şu şekilde anlattı. Arazinin ham (başlangıç) halini modellendikten sonra bina tasarımından doğan arazi şekillenmesini kadememeli bir şekilde yaptığını belirtti. Mimarların burada, arazinin hangi kısmında kazı, nerede dolgu yapılacağına aynı zamanda arazi formunu ve kot farklılıklarını nasıl kullanacağına, kot farkını kaskat (kademe) ve ya rampa ile geçileceğine karar verebileceğini vurguladı. Bu işlemlerin bütün görünüş kategorilerine (plan, kesit, görünüş, 3D) aynı zamanda yansımaları nedeniyle karar verme noktasında avantajlı olduğunu söyledi (Şekil 4.8).



Şekil 4.8: Riverside projesinin Revit modeli (Katılımcı B3).

4.2.1.3 Anket katılımcılarının Allplan modelleme sürecini tanımlamaları

Allplan'da diğer YBM yazılımları gibi benzer modelleme prensibine sahiptir. Yine akslar, kat yükseklikleri, kotlar daha sonra duvar, kolon, kiriş ve başka yapı elemanlar ve onların çizim şekilleri aynıdır

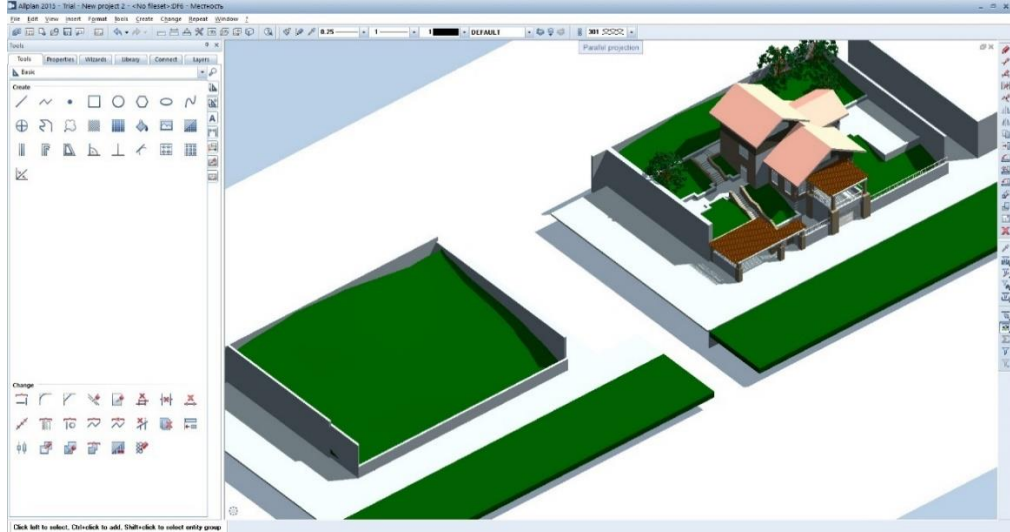
Arazi modeli oluşturmak için, Allplan sistemi çok sayıda kullanışlı özelliğe sahiptir: otomatik kadastro noktaları, konumlandırma, eksen işaretleme, kot noktaları kontrolü, spline, çeşitli formatlara (DXF, DWG, DGN, vs.) aktarma özelliği.

Katılımcı C1, Allplan'da arazi modellemesi sürecini şu şekilde anlattı. Vaziyet planlarının karmaşık geometri olduğunu ve onlar üzerinde çalışmanın her zaman arazinin jeodezik incelemesiyle başladığını söyledi. Nokta koordinatlarının bilgisinin, arazi modelinin grafiksel bir resme dönüştürülmesi için önemli bir koşul olduğunu, Allplan'da bu koordinatların mevcut haritaları dijitalleştirerek, manuel

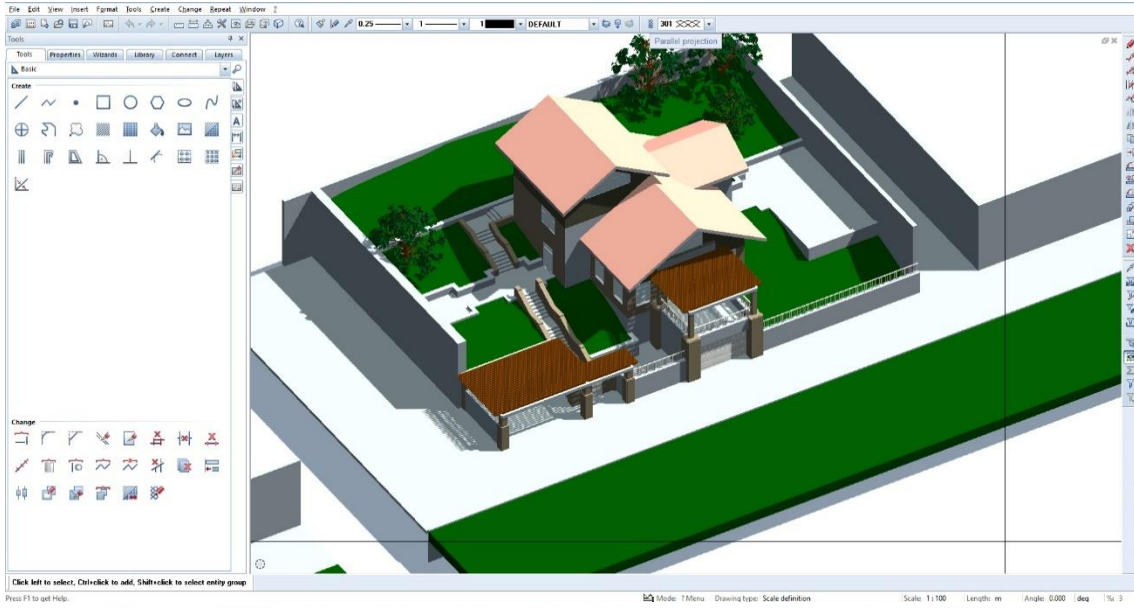
klavye girişini kullanarak veya doğrudan noktalarla ilgili bilgileri içeren rakamsal dosyalardan okuyarak elde edilebileceğini belirtti.

Katılımcı C2, yaptığı modellemenin yorumlanması aşamasında yazılımlar arasında önemli bir fark görmediğini belirtmiştir.

Katılımcı C3, Allplan'da arazi modellemesi sürecini şu şekilde anlattı. "Terrain" aletinin tam bir 3D arazi modeli oluşturmaya olanak sağladığını; arazi tasarımının tüm aşamaları için temel oluşturan, çizimlerin yaratılması, kazı, dolgu yerlerinin gösterilmesi ve miktarının hesaplanması, arazinin 3 boyutlu sunulmasına olanak sağlayan çok işlevli bir araç olduğunu belirtti. "Terrain" aletinin kullanım kolaylığı için; The Site Plan module, The Digital Terrain Model module, The Digital Terrain Model module, The Landscaping Planning module, The Urban Planning modüllerinden oluştuğunu tanımladı (Şekil 4.9). Özel alanların (örneğin, binanın yerleştiği alan) bu ızgarada tanımlanabildiğini ve daha sonra düzenleme işlemi sırasında kesilebildiğini; yeşil alanların, patikaların ve peyzaj nesnelerinin tasarımı ve planlaması için, The Landscaping Planning modülünün kullanılabilirliğini vurguladı (Şekil 4.10).



Şekil 4.9: Allplan arazi modeli (Katılımcı C3).



Şekil 4.10: Allplan modeli (Katılımcı C3).

4.2.2 YBM yazılımlarının katılımcılar tarafından değerlendirilmesi

Kriterlerin değerlendirilmesine geçmeden önce katılımcılar, yazılımların, Riverside projesinin modelleme sürecinde karşılaştıkları ve daha önceden tecrübe ettikleri problem, avantaj ve dezavantajlarını aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

4.2.2.1 Anket katılımcılarının ArchiCAD programını değerlendirmeleri

Katılımcı A1:

“ArchiCad – bütünleşik bir proje yapımı aletidir. Dış ve iç tasarımı kapsayan mümkün bütün elemanları tek bir resme bağlayabilir. Ayrıca ArchiCad, tüm çizimleri, teknik özellikleri ve mühendisler için gereken diğer inşaat listelerini hazırlayabilir. ArchiCad’de modelin incelemesi farklı yapılır. Keşfetme Modu’nu (Explore Mode) basitçe etkinleştirebilir ve daha sonra fareyi ve WSAD (Qwerty klavye için) tuşlarını kullanarak bir video oyundaymış gibi dolaşmaya başlayabilirsiniz. Revit’te, önce perspektif görünüşe geçmeniz gerekir. Ardından “Komple Gezinme Tekerleğine” (Full Navigation Wheel) erişebilir ve farklı gezinme eylemleri arasında geçiş yapmak için fareyi kullanabilirsiniz. Bu nedenle, tüm gezinti fareyle yapılmalı ve hiçbir tuş etkinleştirilmemelidir. Bu şekilde, bir seferde sadece bir eylem yapabilirsiniz. Kısacası ArchiCad’in navigasyon yetenekleri Revit’e göre biraz daha rahat diyebiliriz”

Katılımcı A2:

“Sıra dışı yapı elemanları ArchiCad de rahatlıkla yapılabilir; standart olmayan pencereler ArchiCad kütüphanesinde olan pencereler değiştirilerek modellenebilir. ArchiCad DWG, IFC, SketchUp ve başka 3d modelleme yazılımlarının dosya formatlarına export özelliği vardır. Yalnız Artlantis dışında hiç bir görselleştirme yazılımı ile direkt entegrasyonu yoktur. ArchiCad, bütün tasarım sürecinde büyük kolaylıklar sağlayabilir. Konvansiyonel tasarım metoduna göre daha hızlı ve hata riskinin neredeyse sıfır olduğu bir yazılımdır. ArchiCAD birçok anlamda nesne parametreleri ve mantığı konusunda da Revit'e benzerlikler gösterir. Yalnız nesnelerin modele nasıl eklendiği oldukça farklıdır. Duvar, zemin, sütun, kiriş ve çatı yapımının oldukça benzer olduğu söyleyenebilir. Ancak genel prensipçe bazı farklılıklar vardır. ArchiCAD, yazılımın içine yerleştirilmiş geniş bir nesne kitaplığına sahiptir. Bir nesnenin görünüşünü ve özelliklerini eklemek ve değiştirmek çok kolaydır. Buna karşılık, Revit çok temel bir nesne kütüphanesine sahiptir. Bu ailelerin kullanımı nedeniyle, nesnelere değiştirmek ve yapmak için aile editörüne girilmesi gerekir. Ayrıca nesnelerin RFA (Revit model formatı) formatlı dosyalarının bulunabileceği pek çok web sitesi ve dijital kütüphaneler vardır. Yapı elemanları üreten birçok büyük firma kendi ürünlerinin Revit modellerini üretip kullanıcılara bedava sunmaktadır. Ancak bu nesnelerin kalitesinin her zaman garanti edilmediğini söylemek yanlış olmayacaktır. Revit kullanıcısı, Aile-Editör'de kendi nesnelerini yapma konusunda daha fazla esnekliğe sahiptir. Ancak, üst düzey nesnelere yapılabilmesi için deneyim ön koşuldur. Revit'te modelleme öğrenimi zor ve zaman alan bir süreçtir. Diğer yandan, ArchiCad' in nesne kütüphanesi sınırlıdır. Özel nesnelere yapmak istenirse, GDL'de (Geometric Description Language) nasıl programlanacağını bilmesi gerekir. “GDL”, ArchiCad kütüphanesi modellerinin programlama dilidir. GDL, programlama bilgisi gerektirir. ArchiCad, modelinizi oluşturmak için kullanıcı dostu bir yapıya sahiptir, ancak nesnelere oluşturma veya düzenleme işlemlerini çok kolay yapamaz. Böylece ArchiCad'de sonuçlara çok hızlı bir şekilde ulaşılabilir, çünkü yerleşik kütüphaneden nesnelere almak ve ayarlamak kolaydır. Benim fikrime

göre; bu noktada ArchiCad hızlı ve ayrıntılı bir şekilde tasarım modellemesine başlanmasında avantaja sahiptir ”

Katılımcı A3:

“ArchiCad’in kendi görselleştirme motoru vardır. Bu motor, daha profesyonel görselleştirme yazılımları ile kıyaslamada çok ilkel kalır. Yalnız ArchiCad 18 versiyonundan sonra ArchiCad dahili render motoru dışında MAXON şirketinin “CINE” render motoru da olanak olarak sunulmaktadır. Yine de Arcicad’de modellenmiş projelerden daha profesyonel renderler çıkarmak mümkündür (Şekil 4.11). “3ds”, “fbx”, “collada” gibi dosya türlerine export edip Autodesk 3ds Max, Autodesk Maya gibi yazılımlarda Vray render motoru ile son derece gerçekçi renderler elde etmek mümkündür. Yalnız bu işlem sırasında modelde bazı elemanların “kaybolması”, formunun bozulması gibi hatalarla karşılaşılabilir. Aynı durum ArchiCad’den Artlantise export işlemi için de geçerlidir. Tabi ki bu hatalar ortadan kaldırılabilir. Ancak bunun için bazen fazla zaman harcanması gerekli olacaktır (Şekil 4.12) ”



Şekil 4.11: Archicad “Cine” render motoru (Katılımcı A3).



Şekil 4.12: Vray render.

4.2.2.2 Anket katılımcılarının Revit programını değerlendirmeleri

Katılımcı B1:

“Binanın karmaşık ve sıra dışı tasarıma sahip bölümlerinde, Revit’in bazen mimarin ne istediğini anlamayarak istem dışı sonuçlar verebildiğine rastlanmıştır. Yalnız bu sorunlar kolayca çözülmüştür. Revit’in özelliklerinden biri de mevcut görselleştirme motorları arasında en gelişmişlerden olan Vray ile direk entegrasyonudur Revit’in de kendi render motoru da bulunmaktadır. ArchiCad’in dahili render motoru ile kıyaslayacak olursak Revit’in çıkardığı görseller (render) biraz daha gerçekçidir. Yalnız daha profesyonel sonuçlar için “Chaos-Group” firmasının ürünü olan Vray eklentisini Revit’e eklemek ve ya Revit’ ten, 3ds Max ve ya Maya programlarına export edip orada Vray ile render alınabilir. ArchiCad ve Allplan’dan farklı olarak Revit, 3ds Max ve Maya programları ile aynı firma yani “Autodesk” tarafından üretildiği için bu programlar arasında dosya alış-verişi daha kolay olup hatalara çok daha az ortaya çıkmaktadır. ArchiCad ve Revit birçok benzer fonksiyonlara sahip ama diğer taraftan farklılıklar da vardır. Revitte öğrenme eğrisi biraz daha yüksektir. Yani Revit’in öğrenilmesi için daha fazla zaman ve emek harcanmalıdır. Aile editörünün çok teknik bir alet olması öğrenme sürecini çok etkiler. Diğer taraftan Aile editörünün neredeyse sınırsız imkanları bize istediğimiz objeyi modellemeğe imkan tanımaktadır. Revit’te özellikle yeni

çalışmaya başladığımız zaman birçok objeleri kendimiz elle yaratmak zorunda kalırız.. ArchiCad kütüphanesinin daha dolu olması bu konuda ArchiCad de proje çizimini Revite'e göre daha hızlı yapmaktadır. ”

Katılımcı B2:

“Revit'in her yerde çok fazla diyalog kutucukları bulunur ve bir diyalogdan diğerine geçmek zorunda kalınır. ArchiCad'in bu konuda daha basit bir ara yüze sahip olduğu ve gereken her şeyin merkezi bir pencerede güzel ve temiz şeklide bulunduğu söylenebilir”

Katılımcı B3:

“Genellikle proje modelleme sürecinde büyük sıkıntılar çıkmadı. Standart dışı yapı elemanları Revit' in özel modelleme aleti sayesinde modellenilebilir. Tabii ki her elemanın kolayca modellendiği Revit ortamında örneğin bir pencereye, standart dışı olsa bile, fazla zaman harcamak gerekmez. Ama bu aletin sunduğu özellikler birçok yerde bir kurtarıcı gibi çalışır. Malzeme ve en önemlisi kazı ve dolgu hesaplamalarında AllPlan'ın, Revit'e göre daha doğru sonuçlar verdiğiine rastlanmıştır. ”

4.2.2.3 Anket katılımcılarının Allplan programını değerlendirilmeleri

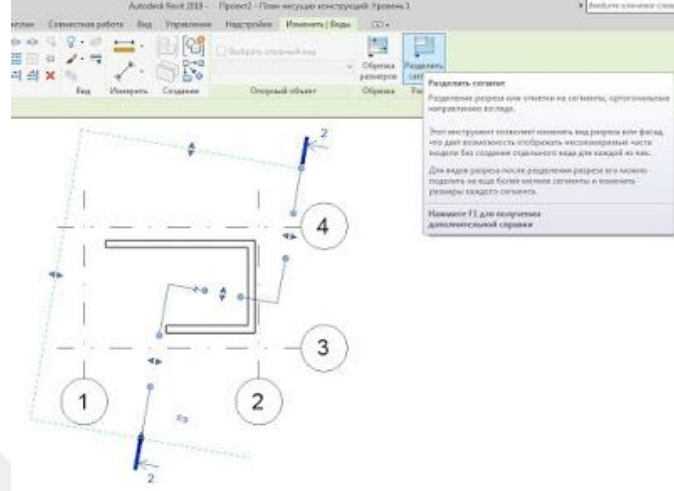
Katılımcı C1:

“Allplan'ın da kendi nesne kütüphanesi var. Orada bulunan nesnelere kolaylıkla değiştirilebilir. Yeni nesne modellenmesi kolay olmasa da biraz deneyimle yapılabilir. Yalnız internette bulabileceğimiz hazır nesne çeşiti çok fazla değildir. Bu durumun Allplan'ın Revit kadar yaygın olmamasından kaynaklandığı düşünüyorum. Yeni nesnelerin modellenmesi Revit'le aşağı-yukarı aynı zorluktadır.Allplan'da navigasyon mantık olarak Revit'e çok yakındır. Farklı navigasyon aletleri navigasyon konuda her türlü olanağı sağlar. ”

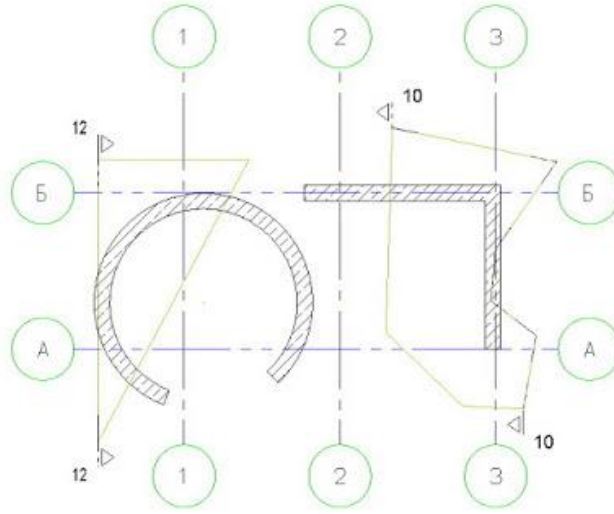
Katılımcı C2:

“Revit'te kesit ve görünüşler her hangi bir düzlem için alınabilir. İki farklı düzlem için tek kesit alınabilir, ancak bu araç, yalnızca 90 derecelik geometrinin dönüş açılarıyla kullanılabilir (Şekil 4.13). Allplan ise daha

gelişmiş kesit araçlarına sahiptir. Burada farklı açılarda yerleşmiş geometriler için de kesitler alınabilir (Şekil 4.14).”



Şekil 4.13: Revit’te 90 derece açılı bölünmüş kesit (Katılımcı C2).



Şekil 4.14: Farklı düzlemler için kesit. Allplan (Katılımcı C2).

Katılımcı C3:

“Tasarım sürecinde bina-arazi ilişkisi, değişimler, revizeler kolaylıkla kontrol edilebilir. Arazi ve binanın, tasarımını karşılıklı etkileyişi her zaman kontrol altında olur. Arazi modellemesi konusunda AllPlan’ın “Terrain” aleti ArchiCad’e göre daha geniş imkanlara sahiptir. Burada arazi daha detaylı biçimde modellenabilir.”

4.3 Anket Çalışmasının Sonuçları

Bu bölümde YBM yazılımlarının kullanıcılar tarafından değerlendirilmesine bakılmaktadır. Değerlendirme 5 puanlı Likert ölçeğinde yapılmıştır. Burada:

- Çok iyi – 5
- İyi – 4
- Orta – 3
- Kötü – 2
- Çok kötü – 1 rakamları ile ifade edilmektedir.

Her yazılım için 3 kullanıcının ortak puanı da sunulmaktadır.

Çizelge 4.7: YBM yazılımlarının değerlendirilmesine yönelik yapılan anket çalışmasının sonuçları.

NO	Kriterler	ArchiCad				Revit				Allplan			
		A1	A2	A3	Ortalama	B1	B2	B3	Ortalama	C1	C2	C3	Ortalama
1	Çizim ve Modelleme Yeteneği	4	5	5	4.7	4	5	5	4.7	4	4	5	4.3
2	Kullanıma hazır kütüphaneler	5	5	4	4.7	5	4	4	4.3	3	4	3	3.3
3	Hazır kütüphane modellerinin düzenleme ve değiştirme yeteneği	4	4	5	4.3	5	5	4	4.7	4	4	3	3.7
4	Fotogerçekçi render ve animasyonlar oluşturma yeteneği	4	3	3	3.3	5	4	4	4.3	3	2	2	2.4
5	Çizimleri ve modelleri yayınlama, paylaşma ve görüntüleme becerisi	4	4	4	4	5	4	5	4.7	5	4	4	4.4
6	Değişiklikleri incelemek için geçmişi takip etme yeteneği	4	3	4	3.7	4	5	3	4	5	4	4	4.4
7	Çok kullanıcıli iş paylaşım kapasitesi	3	3	3	3	5	4	4	4.3	4	4	3	3.7
8	Büyük projeler üzerinde çalışma yeteneği	3	2	4	3	4	5	4	4.3	5	5	4	4.7
9	İnşaat belgeleri üretmek için tam destek	3	4	4	3.7	4	5	4	4.3	5	4	4	4.3
10	Miktar, metraj çıkarma, zaman tahmini ve 4D zamanlama gibi inşaatla ilgili görev desteği	3	4	4	3.7	2	3	3	2.7	3	4	4	3.7
11	IFC uyumluluk	5	4	4	4.3	5	4	5	4.7	5	4	4	4.3

12	Veri hassasiyeti	5	4	5	4.7	5	4	5	4.7	5	5	5	5
13	Kaliteli mimari çizim sunum özellikleri	4	3	2	3	5	4	5	4.7	3	3	2	2.7
14	Yazılımın kolay öğrenilmesi	4	5	5	4.7	4	3	3	3.3	4	3	5	4
15	Coğrafi koordinatlar ve GIS verileri kullanma ve entegrasyon özelliği	3	4	4	3.7	4	3	3	3.3	3	3	4	3.3
16	Arazi topografyasının modellenmesi ve topografya üzerinde manipülasyon özelliği	4	5	5	4.7	5	5	4	4.7	5	4	5	4.7
17	Kent mobilyası, ağaç bitki gibi nesnelerin modellenmesi ve desteklenmesi	5	5	4	4.7	5	3	4	4	4	3	3	3.3
18	Yapı malzemeleri ve özellikleri	4	5	3	4	5	5	4	4.7	4	5	4	4.3
19	Yapı arazisinin altyapı elemanlarını oluşturulması	3	4	3	3.3	4	3	4	3.7	4	4	5	4.3
20	Topoğrafyada yapılan değişikliklerle ilgili hesaplamalar.	4	4	3	3.7	4	4	5	4.3	4	5	4	4.3

Çizelge 4.8. de bütün bu değerlendirme notlarının ortalaması gösterilmiştir.

Çizelge 4.8: Yapılan anket çalışmasının sonuçlarının ortalaması.

	ArchiCad	Revit	Allplan
	3.9	4.2	4.0

*Değerlendirmeler Likert skalasına göre 5 üzerinden yapılmıştır.

Anket sonuçlarının değerlendirilmesinde, kullanıma hazır kütüphaneler yazılımın kolay öğrenilmesi; coğrafi koordinatlar ve GIS verileri kullanma ve entegrasyon özelliği, kent mobilyası; ağaç bitki gibi nesnelerin modellenmesi ve desteklenmesi kriterlerinde ise kullanıcılardan en yüksek ortalama puanı ArchiCad aldığı belirlenmiştir. Değişiklikleri incelemek için geçmişi takip etme yeteneği; çok kullanıcıli iş paylaşım kapasitesi; büyük projeler üzerinde çalışma yeteneği; inşaat belgeleri üretmek için tam destek; yapı malzemeleri ve özellikleri; yapı arazisinin altyapı elemanlarını oluşturulması; topoğrafyada yapılan değişikliklerle ilgili hesaplamalar kriterlerinde ise ArchiCad' in en düşük puanlama değerlerini aldığı görülmüştür.

Hazır kütüphane modellerinin düzenleme ve değiştirme yeteneği, fotogerçekçi render ve animasyonlar oluşturma yeteneği; çizimleri ve modelleri yayınlama; paylaşma ve görüntüleme becerisi; çok kullanıcılı iş paylaşım kapasitesi; IFC uyumluluk; kaliteli mimari çizim sunum özellikleri; yapı malzemeleri ve özellikleri kriterlerinde Revit diğer iki yazılıma göre daha yüksek puan almıştır. Miktar, metraj çıkarma, zaman tahmini ve 4D zamanlama gibi inşaatla ilgili görev desteği; yazılımın kolay öğretilmesi kriterlerinde Revit'in daha düşük puan aldığı belirlenmiştir.

Değişiklikleri incelemek için geçmişi takip etme yeteneği; büyük projeler üzerinde çalışma yeteneği; veri hassasiyeti; yapı arazisinin altyapı elemanlarını oluşturulması kriterlerinde ise AllPlan en yüksek puan almıştır. Aynı zamanda AllPlan'ın en düşük puan aldığı, çizim ve modelleme yeteneği; kullanıma hazır kütüphaneler; fotogerçekçi render ve animasyonlar oluşturma yeteneği; kaliteli mimari çizim sunum özellikleri, kent mobilyası, ağaç bitki gibi nesnelerin modellenmesi ve desteklenmesi kriterleri olmuştur.

Arazi topografyasının modellenmesi ve topografya üzerinde manipölasyon özelliği kriterinde her üç yazılım eşit puan almıştır.

5 SONUÇ

Mimarlık ve inşaat firmalarının rekabetin ve beklentilerin çok fazla olduğu bu dönemde başarılı olabilmeleri için, daha etkili proje yönetimi yapabilmeleri gerekmektedir. Bu durum yeni teknolojilerin projenin bütün aşamalarına uygulanma ihtiyacını göstermektedir. YBM'in mimari tasarım ve inşaat sektörüne faydaları konusundaki araştırmaların büyük çoğunluğu genel bir yaklaşım sergilemektedir. Yapılan tez çalışması ile YBM'nin inşaat ve özellikle tasarım sürecinin bir etkeni olan arazi ve yapı-arazi ilişkisine olan hız, minimum hata, daha verimli proje tasarım süreci, daha kolay karar verme olanağı gibi birçok pozitif etkileri ortaya çıkarılarak dikkate sunulmuştur. YBM'nin sunduğu imkanların araştırılması ve ortaya çıkarılması mimarlık, inşaat ve mühendislik kamuoyunda bu mantık ve teknolojinin daha yaygın kullanılmasına destek vermektedir. Çalışmanın diğer önemli hedefi YBM uygulanırken hangi yazılımın hangi kullanıcı için daha uygun olmasını anlamaya yardımcı olmaktır.

Aynı kategoriden olan ürünleri karşılaştırmak her zaman zor bir iştir. Karşılaştırma genellikle bireysel görüşlere göre yapılır. Bir marka yazılımını uzun süre kullanırsanız, başka bir markaya adaptasyon gereksiz ve zor olabilir. Çoğu durumda, tercih aynı zamanda kişisel bir konudur. Bu yüzden tezde arazi çalışmasında yer alacak kullanıcıları belirlerken, onların karşılaştırılacak yazılımlardan en az ikisini yeterli derecede bilmelerine dikkat edilerek, gerçekçi bir sonuca varılması hedeflenmiştir.

Araştırma sonucunda her üç yazılım arasında birçok paralellikler olduğu ortaya çıktı. Genel anlamda birbirlerine oldukça yakın olsalar da her birinin kendine özgün artı ve eksileri vardır.

Anket ve modelleme yönteminin uygulanmasından sonra değerlendirme sürecinde ulaşılan önmeli bulgular şunlardır: A1 numaralı katılımcı arazi ve binanın görselleştirme (render) kalitesi açısından Revit'in ArchiCad'e göre daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir. A2 numaralı katılımcı ArchiCad'in daha geniş nesne kütüphanesi olduğunu yalnız bir nesnenin modellenmesi gerektiğinde Revit'in bu

konuda neredeyse sınırsız imkanları olduğunu iletmiştir. B3 numaralı katılımcı malzeme ve en önemlisi de kazı ve dolgu hesaplamalarında AllPlan'ın, Revit'e göre daha doğru sonuçlar verdiğini tanımlamıştır. B2 numaralı katılımcı, Revit'te çok fazla diyalog kutucukları bulunduğunu ve bir diyalogdan diğerine geçmenin rahatsız edici olduğunu, ArchiCad'in bu konuda daha basit bir ara yüze sahip olduğunu vurgulamıştır. B1 numaralı katılımcı Revit'te öğrenme eğrisinin biraz daha yüksek olduğundan ve öğrenmenin daha fazla zaman alacağından söz etmiştir. C3 numaralı katılımcı Allplan'ın arazi aletinin daha geniş imkanlara sahip olduğunu sonucunu belirtmiştir.

Dolayısıyla, bu tezin ana fikir ve sonucu, kullanıcının seçim yapabilmesi özgürlüğünün ürün kalitesini artırmakta önemli bir etken olacaktır. Herkes için mutlak bir yazılım yoktur. Belki gelecekte, her mimar, mühendis veya sıradan kullanıcının tüm gereksinimlerini ve ihtiyaçlarını karşılayan bir yazılım geliştirilecektir. Bu noktada kullanıcıların beklenti ve ihtiyaçlarının yanısıra modellemeyi yapan profesyonel kullanıcının tecrübesi kullanılacak YBM yazılımlarının belirlenmesinde etkili olacaktır.

KAYNAKLAR:

Abercrombie, S., (1986). Architecture as Art, Harper and Row Publishers, NewYork, 1986.

Akkaya, D. (2012). İnşaat Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesi Hakkında İnceleme, Yıldız Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.

Akmehmet, V. (2006). Bilgisayar Ortamında Modelleme Ve Görselleştirmede Verim Artırımına Yönelik Değerlendirmeler. S1.

Aksamija A., Guttman M., Rangarajan, H. and Meador, T. (2011). "Parametric Control of BIM Elements for Sustainable Design in Revit: Linking Design and Analytical Software applications through Customization" Perkins+Will Research Journal 3.1. s.32-45.

Aksamija A. (2017). Integrating Innovation in Architecture: Design, Methods and Technology for Progressive Practice and Research. John Wiley & Sons. s. 29-34

Alexander, C. (1977). A Pattern Language, Towns-Building-Construction, Oxford University Press, New York.

Alkawi, G., (2016). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık eğitiminde BIM tabanlı disiplinler arası işbirliği önerisi, Yüksek Lisans Tezi.

Alkış, A. (1997). Sayısal Arazi Modeli Ders Notlar, YTÜ, İstanbul.

Arayıcı Y. ve b. (2011). BIM adoption and implementation for architectural practices //Structural survey №. 1. s. 7-25.

Arcan, E.F. ve Evcı, F., (1992). Mimari Tasarıma Yaklaşım, 2k Yayınevi, İstanbul.

Baş, N. (2016). LİDAR Verileri İle SAM Üretiminde Farklı Arazi Türlerine Göre Performans Araştırması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

- Belloni, K., Kojima J. ve Sepp P. I.** (2009). Improving Construction and Use through Integrated Design Solutions, 1st International Conference, Finland.
- Bergin M. S.** (2011). History of BIM, Architecture Research Lab online.
- Blackwell B.** (2012). Industrial strategy: Government and industry in partnership–Building Information Modelling.
- Booth, N. K.** (1979). Basic Elements of Landscape Architectural Design, Elsevier, New York
- Burat, E. Ş.** (2012). “Taşı Taş Gibi, Ahşabı Ahşap Gibi Göstermek”: Frank Lloyd Wright’ın Malzeme Teorisi, Odtü Mimarlık Fakültesi Dergisi.
- Carney D. J., Wallnau K. C.** (1998). A basis for evaluation of commercial software, Information and Software Technology. 14, s. 851-860.
- Çetiner, M.** (1994). Klasik Jeodezik Ölçmelerle Sayısal Arazi Modelleri, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, İstanbul
- Deviren, A. S.** (2001). Mimaride yer: Yapının Araziyle ilişkisinin kavramlaştırılması (1980-2000), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Dorward, S.,** (1990). Design for Mountain Communities, Van Nostrand Reinhold, newyork, 1990.
- Doyle, F.D.** (1978). Digital Terrain Models, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.44, No.12, p. 1481-1485.
- Eastman C. et al.** (1974). An outline of the building description system //Research Rep. .
- Eastman, C. M.** (1975, March). The use of computers instead of drawings in building design. Journal of the American Institute of Architects.
- Eastman C., Henrion M.** (1977). Glide: a language for design information systems //ACM SIGGRAPH Computer Graphics. – ACM, №. 2.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K.** (2011). BIM Handbook " a guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, Engineers, and contractors," 2nd Edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Engelbart, D. C. (1962). *Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework*.

Forbes, L. H. ve Ahmed, S. M. (2010). *Modern Construction: Lean Project Delivery and Integrated Practices*. CRC Press: Boca Raton. s. 524.

GSA (2007). *The National 3D-4D-BIM Program- GSA BIM Guide Overview* Office of the Chief Architect Public Buildings Service U.S.

Hasol, D. (2002). *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü*, YEM Yayın, İstanbul.

Holton, J. R., Curry., J. C., & Pyle, J. (2003). *Encyclopedia Of Atmospheric Sciences*. (1 st ed. Vol.6, pp. 1169-1186).

Höhle, J. (2009). *DEM Generation Using a Digital Large Format Frame Camera*. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* Vol. 75, No.1, January 2009, pp. 87–93.

İşcan, L. (2005). “İkonos Uydu Görüntüleri İle Ortofoto Yapımının Araştırılması”, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Khemlani, L. (2004). *The IFC Building Model: A Look Under the Hood*, AECbytes Feature, March 30, 2004,

Kiviniemi, A., Tarandi, V., Karlshøj, J., Bell, H., ve Karud, O.J. (2008). “Review of the Development and Implementation of IFC compatible BIM” *Erabuild*, s.128.

Köse, C. (2010). *Mimari ve Peyzaj Arakesitinde Topoğrafyanın Kullanımı*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.

Kostof, S., (1991). *The City Shaped*, Bulfinch Press, Boston, 1991.

Kumdağcı S. (2005). *Kadastral amaçlı bilgi sistemlerinde 3 boyutlu modelleme ve görselleştirme tekniklerinin kullanılması konusunda bir araştırma*, Yüksek Lisans tezi, yıldız teknik üniversitesi fen bilimleri enstitüsü, s34.

Kunz, J., and Gilligan, B. (2007). “Value from VDC/BIM Use: Survey Results- November 2007.” CIFE/CURT/GSA

- Lee, G., Sacks, R., ve Eastman, C. M.** (2006). Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building Information modeling system. *Automation in Construction*, 15(6), 758.
- Leite, F., Akinci, B., & Garrett, J.** (2009). Identification of veri items needed for automatic clash detection in MEP design coordination. In 2009 Construction Research Congress, s. 416-425.
- Li, Z.L.** (1990). Sampling Strategy and Accuracy Assessment for Digital Terrain Modelling. Ph.D. thesis, The University of Glasgow.
- Machinist, A.** (1998). *The CAD/CAM Hall of Fame*
- Marsh, W.M.** (1991). *Landscape Planning*, John Wiley And Sons, New York.
- Martens, B., Herbert. P.** (2004). *Science & Business Media*, Springer Science & Business Media, s. 75.
- Martin, P.** (1999). *Underground Public Utility Lines*. Honolulu, Hawaii.
- Menglin, W.** (2011). *Building Information Modeling (BIM): Site-Building Interoperability Methods*. Worcester Polytechnic Institute, Master Thesis.
- Meyer, W.** (1985). *Concepts of Mathematical Modeling*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Miller, C. ve Laflamme, R.** (1958). The digital terrain model — theory and applications, *Photogrammetric Engineering*, 24:433–442.
- Muratoğlu, H.** (2015). BIM Kullanımının Tasarım Aşamasından Kaynaklanan Uyuşmazlıklar Üzerine etkileri. Yüksek lisans tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Ofluoğlu S.** (2009). *Yapı Bilgi Modelleme: Yeni Nesil Mimari Yazılımlar*. Mimar Sinan Üniversitesi Enformatik Bölümü.
- Olsen, R. C.** (2007). Remote sensing from air and space. Radar and lidar. (Sec. 9, pp .211-224).
- Özgen, M. G.** (1984). *Topografya*, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul, 1984.
- Peckham R. ve Jordan J.** (2007). *Gyozo, Digital Terrain Modelling*, s 78.

Petrie, G., Kennie T. ve b. (1987). An introduction to terrain modeling: applications and terminology. In: Terrain Modelling in Surveying and Civil Engineering: A Short Course. University of Glasgow.

Petuhov A.N. (2009). Sayısal Arazi Modeli. Горный информационно-аналитический бюллетень, Цифровое моделирование рельефа, 2009

Porwal, A., ve Hewage, K. N. (2013). Building Information modeling (BIM) partnering framework for public construction projects, Automation in Construction, 31, s.204-214.

Przybyla, J. (2010). “The next frontier for BIM: Interoperability with GIS”, Journal of Building Information Modeling (JBIM), Fall 2010, 14-18.

Roberts, H. W., (2005). Build As One: A practice methodology for the building industry, Bentley Systems White Pages, 2005

Roberts, R. (1957). Using new methods in highway location. Photogrammetric Engineering, 23:563–569.

Sefercik, U. G. (2007). “Radar Interferometri Tekniği Ile Sym Üretimi ve Doğruluk Değerlendirmeleri”, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11.Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 2-6 Nisan 2007, Ankara.

Shneiderman B. (2010). Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction. – Pearson Education India.

Smith, P. (2014). BIM & the 5D Project Cost Manager. Procedia – Soc. Behav. Sci. 119, s.475–484.

Soycan A. ve Soycan M. (2002). Yıldız Teknik Üniversitesi, Jeodezi Ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Ana Bilim Dalı, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, 16-18 Ekim, Konya.

Sprach-Brockhaus D. E. R. (1984). Deutsches Bildwörterbuch von AZ. 9. erw Aufl. Wiesbaden.

Subramanian, S., Singh, A. ve Sudhakar, M. (2003). Evaluation of Digital Elevation Models Created From Different Satellite Images, Map India,

<http://www.gisdevelopment.net/technology/rs/mi03079.htm> (Son erişim: 30/12/17)

Szalapaj, P. (2014). *Contemporary Architecture and the Digital Design Process*. Routledge. s. 147.

Underwood, J. ve Işıkdağ, Ü. (2009). *Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies*, 1 cilt, Information Science Publishing, USA, 1-28,302-323.

Vanlande, R., Nicolle, C., Cruz, C. (2008). IFC and building lifecycle management, *Automation in Construction*. 18 (1) s. 70–78.

Wright, F. L. (1939). *An organic architecture; the architecture of democracy*. Mit Press.

Woo, J., Wilsmann, J., & Kang, D. (2010). Use of As-Built Information Modeling. *Innovation for Reshaping Construction Practice*, (s. 538-548).

Yastıklı N. ve Esirtgen F. (2011). “Sayısal Yükseklik Modellerinde Kalite Değerlendirme ve Doğruluk Analizi”, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 18-22 Nisan 2011, Ankara.

Yomralıoğlu T. (2002). *Coğrafi Bilgi Sistemleri, Temel kavramlar ve Uygulamalar*, Akademi Kitabevi, Trabzon.

Yüksekkaya A (2006). *Dijital Görüntüler Kullanarak Sayısal Azazi Modellerinin Oluşturulması*, Yüksek Lisans Tezi, On dokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1s.

Yürekli, F. (1977). *Çevre Görsel Değerlendirmesine İlişkin Bir Yöntem Araştırması*, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul.

Yürekli, İ. (1993). *Mimarlık ile eğimli arazi ilişkisi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.

Zeng, X. ve Tan, J. (2007). “Building Information modeling based on intelligent parametric technology” *Front. Archit. Civ. Eng. China* 1(3) s.367–370.

İNTERNET KAYNAKLARI:

Akkaya, D. (2012). Sayısal Grafik web sayfası, BIM Hakkındaki Beş Yanılgı, Yapı Endüstri Merkezi http://www.sayisalgrafik.com.tr/azcoktur/BIM_5yanilgi.doc, (alındığı tarih 10.04.2018).

Arnold, J. (2002). <http://news.bbc.co.uk/2/hi/business/2522537.stm>, (alındığı tarih 22.06.2017)

Autodesk. (2014). BIM Uygulama Planı: BIM'in Uygulanması İçin Pratik Bir Sistem alındığı tarih, 20.08.2014
http://www.sayisalgrafik.com.tr/images/yapibilgisistemi/BIM_Uygulama_Plani.doc

Bruce, B. (1996). Geophysical Surveys Over Mounds at Wright-Patterson Air Force Base. . 10.13140/RG.2.1.5078.4247. https://www.researchgate.net/figure/A-topographic-contour-map-of-mound-1-at-the-Wright-Memorial-The-contour-interval-is-01_fig6_305587893

CIFE (2007). Center For İntegrated Facilities Engineering, CIFE Technical Reports URL: <http://cife.stanford.edu/Publications/index.html>

Ofluoğlu, S. (2012). Yapı Bilgi Modelleme: Yeni Nesil Mimari Yazılımlar, <http://www.sayisalmimar.com/yayin/ybm.pdf> (alındığı tarih 16.07.2018)

Strafeci, A., (2014). What Does BIM Mean For Civil Engineers?, http://www.cenews.com/magazine-article---what_does_BIM_mean_for_civil_engineers_-6098.html (alındığı tarih 16.04.2018)

URL-1: <https://fallingwater.org/visit/tours/> (alındığı tarih 03.10.2016)

URL-2: <https://www.redstackshop.com.au/autodesk-revit>, <https://www.graphisoft.com/downloads/archicad/>, <https://www.allplan.com/en/> (alındığı tarih 06.10.2016)

URL-3: (<http://freegeographytools.com/2007/elevation-and-contour-line-display-in-microdem-make-your-own-simple-topo-maps>, (alındığı tarih 10.10.2016)

URL-4: https://visicomdata.com/products/elevation_products/digital_surface_model_dsm?lang=en (alındığı tarih 18.10.2016)

URL-5: <http://www.charim.net/datamanagement/32> (alındığı tarih 11.02.2017)

URL-6: <http://opinionbuilders.com/en/BIM/> (alındığı tarih 18.10.2016)

- URL-7:** <https://www.autodesk.com/solutions/bim/benefits-of-bim>
- URL-8:** http://www.sayisalgrafik.com.tr/azcoktur/BIM_5yanilgi.doc (alındığı tarih 04.05.2017)
- URL-9:** <https://www.turkcebilgi.com> (alındığı tarih 22.06.2017)
- URL-10:** <http://cadstudio.ru/archicad-30th-anniversary.htm> (alındığı tarih 05.08.2017)
- URL-11:** <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ENU/Revit-GetStarted/files/GUID-3197A4ED-323F-4D32-91C0-BA79E794B806-htm.html> (alındığı tarih 05.04.2018)
- URL-12:** http://www.sayisalmimar.com/dersnotlari/revit/revit_01_modelleme.pdf (alındığı tarih 07. 03. 2018)
- URL-13:**
https://www.architosh.com/features/2007/reviews/archicad11/archicad11_4.html (alındığı tarih 22. 01. 2018)
- URL-14:** <http://www.aecbytes.com/review/2017/Allplan2018.html> (alındığı tarih 15.05.2018)
- URL-15:** http://www.sayisalmimar.com/dersnotlari/revit/revit_02_arsa.pdf
- URL-16:** <https://centralinnovation.com/technical-resources/learn/mesh-ridge-sharpness/>
- URL-17:** <https://www.graphisoft.com/learning/training-materials/training-series/volume-3.html>
- URL-18:** http://www.allplan.gr/pdf/Allplan_BIM_2008_DTM_package.pdf
- URL-19:** http://www.allplan.com.mx/terrain_model.html

ÖZGEÇMİŞ:

Ad-Soyad : Anar MUSTAFAYEV

Doğum Tarihi ve Yeri: 10.12.1987, Baku, Azerbaycan

E-posta : anar.mstf@mail.com



ÖĞRENİM DURUMU:

- Lisans : 2010, Azerbaycan Devlet Petrol Akademisi, Petrol Mühendisliği
- Yüksek lisans : 2012, Azerbaycan Devlet Petrol Akademisi, Petrol Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

Elcom group – Qrafik Tasarımcı – 2005-2006

Lider Design – 3B Modelleme uzmanı – 2006-2007

TopProject – 3B Modelleme uzmanı – 2007-2009

TopProject – İç Mimar – 2009-2011

TopProject – Mimar – 2011-2012

Allegra Yapı – İç Mimar – 2012-2013

Hager&Mitsch – Mimar – 2014-şimdiye kadar.

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

Mustafayev, A. City Information Modeling Usage in Built Environment: A case study in Baku, Bayil district, Nicosia, Cyprus, 16-18 May 2018. – 2018.