

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

CBS TABANLI 3 BOYUTLU KENT MODELLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE
BULUT BİLİŞİM İLE SUNULMASI

DOKTORA TEZİ

Harita Yük. Müh. Şevket BEDİROĞLU

Kasım 2018

TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**CBS TABANLI 3 BOYUTLU KENT MODELLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE BULUT
BİLİŞİM İLE SUNULMASI**

Şevket BEDİROĞLU

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
"DOKTOR (HARİTA MÜHENDİSLİĞİ)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 22 / 10 / 2018

Tezin Savunma Tarihi : 23 / 11 / 2018

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Volkan YILDIRIM

Trabzon 2018

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Harita Mühendisliği Anabilim Dalında
Şevket BEDİROĞLU Tarafından Hazırlanan**

**CBS TABANLI 3 BOYUTLU KENT MODELLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE BULUT
BİLİŞİM İLE SUNULMASI**

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 30 /10/2018 gün ve 1776 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
DOKTORA TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Tahsin YOMRALIOĞLU

Üye : Prof. Dr. Bayram UZUN

Üye : Doç. Dr. Volkan YILDIRIM

Üye : Doç. Dr. Faik Ahmet SESLİ

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Şebnem ERTAŞ

[Handwritten signatures of the jury members]

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Doktora tez çalışmam boyunca benden desteğini esirgemeyen, bilgi birikimini benimle paylaşmak konusunda hep cömert davranan, bana yön veren saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Volkan YILDIRIM' a, bilgi birikimlerinden istifade ettiğim bölümümüz anabilimdalı başkanı, Prof. Dr. Bayram UZUN' a ve tez izleme jürimde olan, önerileri ile bana yardımcı olan Dr. Öğr. Üyesi Şebnem ERTAŞ' a ve Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ' ye teşekkürlerimi bir borç bilirim. GISLab Ar-Ge laboratuvarı kurucusu Prof. Dr. Tahsin YOMRALIOĞLU' na teşekkürlerimi sunarım.

Doktora çalışmam süresince desteklerini esirgemeyen değerli KTÜ Harita Mühendisliği Bölümü GISLab ekibinde bulunan, Doç. Dr. H. Ebru ÇOLAK' a, Arş. Gör. Fatih TERZİ' ye ve Arş. Gör. Tuğba MEMİŞOĞLU' na ve KTÜ Harita Mühendisliği Bölümü mesai arkadaşlarımdan tümüne teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması KTÜ BAP 5402 - FDK-2016-5402 Nolu ve “Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı 3 Boyutlu Bağımsız Bölüm Bazında Kent Modellerinin Geliştirilmesi ve Bulut Bilişim Teknolojisi ile Sunulması” başlıklı Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projesi'nden veriler ve bilgiler anlamında destek görmüştür. Bu nedenle tarafıma sağlanan destekten dolayı Karadeniz Teknik Üniversitesi BAP Birimine teşekkür ederim.

Son olarak hayatımın her anında sevgi ve destekleriyle yanımda olan, üzüntü ve sevinçlerimi paylaşan sevgili eşime, anneme, babama, kardeşlerime ve kızım Nil'e en içten teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Şevket BEDİROĞLU
Trabzon 2018

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “CBS tabanlı 3 boyutlu kent modellerinin geliştirilmesi ve bulut bilişim ile sunulması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Volkan YILDIRIM’ ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 23.11.2018

Şevket BEDİROĞLU

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XIV
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Problemin Tanımı.....	8
1.3. Çalışmanın Amacı.....	12
1.4. Metodoloji.....	14
1.5. Temel Kavramlar.....	15
1.5.1. Kent Bilgi Sistemleri.....	15
1.5.2. Adres Bilgi/Kayıt Sistemleri.....	16
1.5.2.1. Adres.....	17
1.5.2.2. Numarataj.....	18
1.5.2.3. Geokodlama (Adres eşleştirme).....	19
1.5.2.4. Mekânsal Adres Kayıt Sistemi (MAKS).....	21
1.5.3. Emlak Envanter Sistemi.....	22
1.5.4. Yapı ve Bina.....	23
1.5.5. Mimari Kat Planı.....	23
1.5.6. Kat Mülkiyeti.....	24
1.5.6.1. Bağımsız Bölüm Kavramı.....	25
1.5.6.2. Yapı Ruhsatı.....	26
1.5.7. 3B Modelleme Yöntemleri.....	26
1.5.7.1. Manuel 3B Modelleme.....	27
1.5.7.2. 3B Ölçme Cihazları ile Modelleme.....	27

1.5.7.3.	Prosedürel 3B Modelleme	27
1.5.7.4.	Render Alma İşlemi.....	28
1.5.8.	3B Kent Modelleri	29
1.5.9.	Raster Veriler Üzerinde Görüntü İşleme	31
1.5.10.	Unified Modelling Language (UML)	31
1.5.11.	Birlikte Çalışabilirlik ve Standartlaşma.....	32
1.5.12.	3B CBS Analizleri	33
1.5.12.1.	2.5 B Yüzey Üzerinde Yapılan 3B Analizler	33
1.5.12.2.	3B Yüzey Üzerinde Yapılan 3B Analizler	34
1.5.13.	Bulut Bilişim ve Bulut CBS Teknolojileri	38
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	41
2.1.	Mevcut Durum Analizi.....	41
2.1.1.	3B Modellemede Veri Sunum Türleri ve Karşılaştırılması.....	41
2.1.1.1.	Wireframe (Telkafes) Yöntemi	41
2.1.1.2.	B-Rep (Sınır Gösterimi) Yöntemi	42
2.1.1.3.	Solid (Katı Cisim) Yöntemi.....	43
2.1.1.4.	Voxel Yöntemi	44
2.1.1.5.	Nokta Bulutu Yöntemi	45
2.1.1.6.	Prosedürel (Parametrik) Yöntem	46
2.1.1.7.	Karşılaştırma ve Değerlendirme	47
2.1.2.	3B Kent Modelleme ile CBS Alanında Kullanılan 3B Veri Modelleri ve Karşılaştırılması.....	48
2.1.2.1.	City GML	48
2.1.2.2.	3D FDS (Formal Data Structure)	49
2.1.2.3.	3D TIN (Tetrahedral Network, TEN)	50
2.1.2.4.	Obje Yönelimli 3B Model (OO Model)	50
2.1.2.5.	3B Dizilim Modeli (3D Array).....	51
2.1.2.6.	Octree Veri Modeli.....	51
2.1.2.7.	Karşılaştırma ve Değerlendirme	53
2.1.3.	Türkiye’de Yapılan Çalışmalar	54
2.1.4.	Dünyada Yapılan Çalışmalar	57

2.2.	CBS Tabanlı Bina ve Bağımsız Bölüm Bileşeni İçeren 3B Kent Modeli Geliştirilmesi.....	62
2.2.1.	Model Gereksinimi ve İhtiyaç Analizi	62
2.2.2.	Kavramsal Modelin Oluşturulması.....	64
2.2.2.1.	CBS Tabanlı 3B Modellerin Genel Hedef Kullanım Şeması	65
2.2.2.2.	Use-case Diyagramının Oluşturulması.....	66
2.2.3.	Bağımsız Bölümlerin 3B Modellenmesi İçin Gereken Temel Veri Setlerinin Belirlenmesi	67
2.2.3.1.	Geometrik Model İçin Gereken Minimum Veriler	67
2.2.3.2.	Bina CBS Veritabanı Tasarımı ve UML Sınıf Diyagramı	68
2.2.3.2.1.	Kent Yönetimi ve E-belediyeçilik Amaçlarına Yönelik VT Tasarımı	69
2.2.3.2.2.	3B Adres Kayıt Sistemine Yönelik Tasarım (3B MAKS)	72
2.2.3.2.3.	Emlak Vergisi Takibine Yönelik Tasarım.....	77
2.2.4.	Asimetrik Yapıların ve Harici Modellerin Sisteme Dâhil Edilmesi.....	80
2.2.5.	Gerçekleştirilecek 3B Coğrafi Analizlerin Belirlenmesi.....	81
2.2.6.	Bulut Bilişim Teknolojisi ile 3B Modelleri Sunma Yönteminin Belirlenmesi ..	83
2.2.7.	CBS ile Otomasyon Çalışmaları.....	85
2.2.8.	Otomasyon ile Üretilen Kat Planlarından Oluşturulan 3B Modellerin Metrik Doğruluk Testlerinin Lazer Tarayıcı ile Yapılması	95
2.3.	Gerçekleştirme.....	98
2.3.1.	Pilot Çalışma Bölgesinin Belirlenmesi.....	98
2.3.2.	Projeksiyon Sisteminin Belirlenmesi.....	99
2.3.3.	2B Konumsal Veritabanı Hazırlanması.....	100
2.3.4.	Kural Tabanlı Modelleme ile Kodların Yazılması	102
2.3.5.	3B Modellerin Parametrelere Bağlı Kural Tabanlı Yöntem ile Üretilmesi.....	103
2.3.6.	3B Modeller Üzerinden CBS Öznitelik Verilerinin Sorgulanması	106
2.3.7.	Kent Yönetimi Amaçlı 3B CBS Analizlerinin Yapılması.....	106
2.3.7.1.	3B Görünürlük Analizi (viewshed)	107
2.3.7.2.	3B Birleştirme Analizi (Union)	108
2.3.7.3.	3B Fark Analizi (Difference).....	110
2.3.7.4.	3B Kesişim Analizi (Intersect)	111
2.3.7.5.	3B Buffer (Yakınlık) Analizi.....	114

2.3.8.	Bağımsız Bölümlerin 3B Geokodlanması ve Adres Yönetimi.....	115
2.3.9.	3B Modellerin City GML Formatına Dönüştürülmesi	122
2.3.10.	3B Modellerin Bulut Bilişim Teknolojisi ile İnternet Üzerinden Paylaşılması..	124
3.	BULGULAR VE İRDELEMELER	126
3.1.	CBS Tabanlı 3B Modelleme Yaklaşımının Değerlendirilmesi	126
3.1.1.	3B Model Üretim ve Çalışma Hızının İrdelenmesi	126
3.1.2.	Konumsal Doğruluğun / Hassasiyetin İrdelenmesi	127
3.1.3.	Görsel Kalitenin İrdelenmesi.....	129
3.2.	Sistemin Kent Yönetimindeki Faydalarının İrdelenmesi	129
3.3.	Sistemin Adres Yönetimindeki Faydalarının İrdelenmesi	130
3.4.	Sistemin Emlak Vergisi Takibi İçin Kullanımında Faydalarının İrdelenmesi ...	131
3.5.	Otomatik Sayısallaştırma Yönteminin İrdelenmesi.....	132
3.6.	3B Coğrafi Analizlerin Değerlendirilmesi	132
3.7.	3B Modellerin Sunulmasında Bulut Bilişim Teknolojisi Kullanımının Değerlendirmesi	134
3.8.	Prosedürel Modelleme Yaklaşımına İlişkin Genel Değerlendirme ve Birlikte Çalışabilirlik Yorumu.....	134
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER	136
5.	KAYNAKLAR.....	140
6.	EKLER	149
ÖZGEÇMİŞ		

Doktora Tezi

ÖZET

CBS TABANLI 3 BOYUTLU KENT MODELLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE BULUT BİLİŞİM İLE SUNULMASI

Şevket BEDİROĞLU

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Volkan YILDIRIM
2018, 147 Sayfa, 9 Sayfa Ek

Yakın gelecekte 3B kent modelleri hayatımıza girmiş olacaktır. Tekil 3B modelleme yöntemleri görsel kalite açısından iyi sonuçlar vermekte fakat kent içindeki nesnelerin birbiri ile komşuluk ilişkisi içerisinde referanslı bir şekilde temsil edilmesini sağlayamamaktadır. Çünkü 3B modelleme yazılımlarında projeksiyon sistemleri uyumlu ve ulusal/uluslararası koordinat sistemlerini destekleyen platform sayısı yok denecek kadar azdır. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile 3B modellerin entegrasyonu, kent modellerin işlevselliğini üst noktalara taşıyacaktır.

3B kent modelleme konusunda en çok kullanılan detay türü bina katmanıdır. Binaların ise en önemli ayırım noktası bağımsız bölümlerdir. Bağımsız bölümler, Kent Bilgi Sistemi (KBS) bağlamında irdelendiğinde kendine has özellikleri olan bir katman yapısına sahiptir. Ayrıca adres yönetim süreçlerinde, bir şahsa, aileye veya kuruluşa ait olan alanın tanımlanması da bağımsız bölümler üzerinden gerçekleşmektedir.

Bu tez çalışmasında bina, bağımsız bölümler, yol ağları gibi kentin en önemli bileşenlerinin CBS tabanlı 3B modelleme teknikleri ile modellenmesi amaçlanmıştır. Sistemde 3B model üretme iş akışı nasıl olmalı, ideal veritabanında neler olmalı sorularına yurtiçi ve yurtdışı literatür çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre cevap aranmış ve yeni bir veritabanı modeli UML dili ile tasarlanmıştır. Üretilen 3B modeller üç hedef gruba göre tasarlanmıştır. Birincisi KBS, ikincisi adres yönetimi ve üçüncüsü emlak vergisi takibine yönelik uygulamalardır. Bu 3 farklı sistem için bağımsız bölüm bileşeni içeren 3B modellerin üretilmesi ve yenilikçi 3B coğrafi analizlerin uygulanması hedeflenmiştir.

Üretilen 3B modellerin bulut bilişim teknolojisi ile vatandaşlar ve yetki düzeyine göre kurumlara paylaştırılması için web üzerinden paylaşım mimarisi, sistem izni, yetki ve kısıtlamaları tanımlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: CBS, 3B modelleme, Bulut Bilişim, CBS tabanlı 3B modelleme

PhD Thesis

SUMMARY

DEVELOPING GIS BASED 3D CITY MODELS AND SHARING WITH CLOUD COMPUTING

Sevket BEDIROGLU

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geomatic Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Volkan YILDIRIM
2018, 147 Pages, 9 Pages Appendix

3D city models will be used efficiently in recent future. Individual 3D modelling approaches give efficient results in manner of visual quality however these methods does not support storing modelled objects in neighborhood relationship and spatial reference. Most part of 3D modelling programs are not able to support national / international coordinate systems. Geographic Information System (GIS) and 3D model integration will leverage functionality of city models.

The most used detail in city modelling era is building layer. The most important segmentation point of buildings are independent sections. Independent sections have own spatial and attribute data when they are considered for the purpose of Urban Information Systems (UIS). Moreover, address management studies and services are based on building independent sections.

In this thesis study, we aimed to create GIS based 3D models of core city objects such as buildings, independent sections and ways. In developed system we have defined GIS based 3D model creation workflow, ideal geodatabase for city modelling with researching domestic and foreign literature. The new geodatabase model is also defined with Unified Markup Language (UML) with 3 main target groups. First is UIS, second is address management and last is property tax management.

Web deployment architecture, system administration, rights and restrictions of 3D models and GIS information is deliberated under cloud computing principles. Authorization level of access, download or change processes due to citizens or local administrators is carefully planned.

Key Words: GIS, 3D modelling, Cloud Computing, GIS based 3D modelling

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Kent bilgi sistemleri	15
Şekil 2. Adres kayıt sistemi bileşenleri	17
Şekil 3. Numarataj verme işlemi (T.C. Resmi Gazete, 2006)	18
Şekil 4. Geokodlama işlem aşamalarını gösteren iş akış diyagramı (Dao, 2015; Esri, 2014)..	20
Şekil 5. Mimari kat planı (Url-1, 2018).....	24
Şekil 6. Render alma işlemleri sonucunda oluşan sonuç çıktı (Url-2, 2018)	28
Şekil 7. Prosedürel modelleme ile üretilmiş 3B kent modeli (Esri City Engine, 2016)....	29
Şekil 8. Fotogrametrik yöntemler ile detay çıkarımı yapılmış solid 3B kent modeli	30
Şekil 9. 3B kesişim analizi (Url-3, 2017)	35
Şekil 10. 3B buffer analizi (Url-4, 2017).....	35
Şekil 11. 3B içerik analizi (a) analiz öncesi durum ve (b) sonrası durum.....	36
Şekil 12. 3B Solar analizlerin bina bazında yapılışı (Url-5, 2018).....	37
Şekil 13. 3B birleştirme analizi	37
Şekil 14. BB hizmet modelleri	39
Şekil 15. Bulut CBS Sistem Mimarisi (Bhat, 2011).....	40
Şekil 16. Telkafes (Wireframe) 3B veri sunumunda detayların temsili (Url-6, 2017).....	42
Şekil 17. B-Rep 3B veri sunumunda detayların temsili (Url-6, 2017).....	43
Şekil 18. Bir yapının katı cisim modeli (Url-7, 2017).....	44
Şekil 19. Voxelize edilerek temsil edilmiş bir yüzey (Nourian, 2016)	45
Şekil 20. Renklendirilmiş 3 boyutlu nokta bulutu verisi (Cömert vd., 2012)	46
Şekil 21. Prosedürel modelleme ile üretilmiş bir 3B kent modeli (City Engine).....	47
Şekil 22.City GML’ de detay seviyeleri (Level of Detail)	49
Şekil 23. 3B Formad Data Structure (3D FDS) modeli.....	50
Şekil 24. Obje yönelimli 3B veri modeli özet gösterimi (Shi, 2003)	51
Şekil 25. Octree veri modeli (Rahman ve Pilouk, 2017).....	52
Şekil 26. TUCBS Bina veri temaları arası ilişkiler (TUCBS, 2012)	55
Şekil 27. MAKS projesinde adresin bulunduğu yerin mahalli ve idari yapısına göre düzeni..	56

Şekil 28. FISDM kat planı verisinin özet şeması	58
Şekil 29. GeoScope projesi Bütüncül Konumsal Veri Modeli (Zhang vd., 2011).....	61
Şekil 30. GeoScope projesinde üretilen 3B kent modeli görünümü (Url-8, 2018)	61
Şekil 31. Kavramsal model.....	65
Şekil 32. CBS tabanlı 3B modellerin hedef kullanım şeması.....	66
Şekil 33. Sistem Use-case diyagramı	67
Şekil 34. Veritabanı UML sınıf diyagramı.....	69
Şekil 35. Kent yönetimi ve e-belediyecilik amaçlarına yönelik veritabanı tasarımı UML gösterimi	71
Şekil 36. Bina ve bağımsız bölüm girişleri arasındaki geometrik ilişkinin gösterimi.....	73
Şekil 37. MAKS' a yönelik veritabanı tasarımı	77
Şekil 38. Emlak vergisi takibi için detay sınıf diyagramı.....	80
Şekil 39. Asimetrik bina örneği Krzywy Domek (Polonya-Sopot şehri).....	81
Şekil 40. Test çalışmalarında kullanılan mimari plan örneği	85
Şekil 41. Bağımsız bölüm bileşeni için mimari planların CBS' ye dönüşüm metodolojisi	86
Şekil 42. Mimari planın tek bant görüntüye dönüştürülmesi	87
Şekil 43. Mimari plandaki yazı ve sembollerin otomatik temizlenmesi	88
Şekil 44. Vektör formattaki duvarlar (şekil düzenleme operasyonları öncesi)	89
Şekil 45. Vektör formattaki odalar (şekil düzenleme operasyonları öncesi).....	89
Şekil 46. Bağımsız bölümler (Analizler öncesi ilk çıktı katman).....	90
Şekil 47. Odaların tespiti (İlk analiz sonucu)	91
Şekil 48. Odaların tespiti, count operasyonu sonrasında.....	92
Şekil 49. Dış sınırları üzerinden poligonize edilmiş kapı katmanı.....	92
Şekil 50. Kapılardan arındırılmış, pencerelerin bulunduğu katman	93
Şekil 51. Wang genelleştirme algoritması sonucunda oluşan oda katmanı.....	94
Şekil 52. Kapı ve pencerelerin silindiği katman.....	94
Şekil 53. Polonya / Wroclaw ilindeki pilot binanın lazer tarayıcı ile üretilmiş nokta bulutu ...	96
Şekil 54. Polonya / Wroclaw ilindeki pilot binanın prosedürel yöntemlerle üretilmiş 3B modeli.....	96
Şekil 55. Lazer tarayıcı ve mimari plan sayısallaştırması ile elde edilen oda mesafeleri ...	97
Şekil 56. Tez çalışması pilot uygulama bölgesi	98
Şekil 57. 2B konumsal veritabanının CBS programında hazırlanması	101

Şekil 58. CGA dilinde yazılan prosedürel model üretim kodlarının giriş bölümü.....	103
Şekil 59. Üretilen 3B modellerin güney cepheden görünümü.....	104
Şekil 60. Cephe giydirme işlemleri tamamlanan bir bina modeli	105
Şekil 61. Cephe giydirme işlemlerinden sonra binaların genel görünümü.....	105
Şekil 62. 3B modeller üzerinden CBS öznitelik verilerinin sorgulanması.....	106
Şekil 63. 3B görünürlük analizi.....	107
Şekil 64. 3B birleştirme öncesi durum	109
Şekil 65. 3B birleştirme sonrası durum	110
Şekil 66. 3B fark analizi sonuç çıktısı	111
Şekil 67. 3B kesişim analizi yapılacak parsellerin yerin altındaki hacimleri.....	112
Şekil 68. Kapalı yer altı otoparkı ve 3B parseller	113
Şekil 69. 3B kesişim analizi sonuç çıktısı	113
Şekil 70. 3B buffer analizi öncesi durum	114
Şekil 71. 3B buffer analizi sonrası durum	115
Şekil 72. Bina ve bağımsız bölüm girişleri arasındaki metrik değerlerin hesaplanması... ..	116
Şekil 73. Bağımsız bölümlerin geokodlanması	116
Şekil 74. Sözel adres bilgileri üzerinden grafik verilere erişilmesi.....	117
Şekil 75. Haritadaki grafik veri üzerinden sözel adres bilgilerine erişilmesi.....	117
Şekil 76. Bağımsız bölüm 3B modellerine entegre edilen adres verisi	118
Şekil 77. Bina cepheli 3B modellere üzerinde bağımsız bölüm adres verisi	119
Şekil 78. Bina ve bağımsız bölüm iskelet 3B görünüm ve entegre adres verisi.....	119
Şekil 79. Bağımsız bölüm iskelet 3B görünüm ve adres entegre verisi	120
Şekil 80. Emlak vergisi takibi için 2B CBS' de veri girişi	121
Şekil 81. Emlak vergisi görselleştirme ve sorgulama.....	121
Şekil 82. City GML formatına dönüşüm algoritması	122
Şekil 83. City GML formatına dönüşümün 3B yazılım üzerinden yapılması.....	123
Şekil 84. Bina ve bağımsız bölümlerin 3B modellerinin FZK Viewer ile açılması.....	123
Şekil 85. CBS tabanlı 3B modellerin internete açılması (Bina Model).....	124
Şekil 86. CBS tabanlı 3B modellerin internete açılması (bağımsız bölüm model).....	125
Şekil 87. 3B modelleme yöntemlerinin üretim hızlarının modellenen bina sayısına göre karşılaştırılması	127

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. 3B yüzey ve modeller üzerinden yapılabilen analizler	82
Tablo 2. Bulut bilişim üzerinden paylaşılan 3B verilerin aktör/yetki ilişkisi.....	84
Tablo 3. İki farklı yöntemle oluşturulan modellerin metrik açıdan kıyaslanması.....	97
Tablo 4. Ölçülen metrik değerlerin istatistiksel analizi	128
Tablo 5. İki farklı yöntemden elde edilen ölçümlerin korelasyon matrisi.....	128
Tablo 6. Adres kayıtlarına ilişkin standart kayıt önerisi.....	131
Tablo 7. 3B platformlarının 3B coğrafi analiz kabiliyetlerine göre karşılaştırılması.....	133

SEMBOLLER DİZİNİ

ADNKS	: Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
AKS	: Adres Kayıt Sistemi
BB	: Bulut Bilişim
BISDM	Building Interior Space Data Model
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CGA	: Computer Generated Architecture
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
FDS	: Formal Data Structure
FGDC	: Federal Geographic Data Committee
GML	: Geography Markup Language
KBS	: Kent Bilgi Sistemi
MAKS	: Mekânsal Adres Kayıt Sistemi
MERNİS	: Merkezi Nüfus İdare Sistemi
OGC	: Open Geospatial Consortium
POI	: İlgi/İhtiyaç Noktaları (Point of Interest)
TIN	: Triangular Irregular Network
TUCBS	: Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi
UML	: Unified Modelling Language
UAVT	: Ulusal Adres Veri Tabanı
WHS	: Web Harita Servisi

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Konumsal bilimlerde ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinde (CBS), 3 boyutlu (3B) kent modelleri konusundaki çalışmalar artarak devam etmektedir. Kentlerin yönetiminde doğru kararlar verebilmek ve insanlara etkin hizmetler sunabilmek için yeryüzü üzerindeki veya altındaki nesnelere gerçeğe yakın bir formatta 3B olarak, masaüstü ve mobil cihazlar üzerinden erişim ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Dünyadaki nesneler 3B olduğu için, 2 boyutlu (2B) çizimler artık insanların talepleri karşısında eksik kalmaktadır. Etkin bir kent/arazi yönetimi ve çağa uygun haritacılık faaliyetleri amacı ile bu alanda önemli bilimsel çalışmalar sürdürülmektedir.

CBS tabanlı 3B modelleme, nokta, çizgi, poligon ve katı cisimler arasındaki matematiksel ilişkiyi kullanarak doğal ve insan yapımı nesnelerin özet sunumudur. Bu alanda farklı amaçlara hizmet eden çeşitli çalışmalar bulunmakla birlikte, yerin altındaki ve üstündeki insan yapımı nesnelerin modellenmesi önemli bir engel olarak karşımıza çıkmaktadır (Duncan, 2015). Dünya genelinde birçok ülkede 3B modellere temel atlık olacak topoğrafya verisinin temin edilmesinde bile zorluklar yaşanmaktadır (Biljecki vd., 2017). LIDAR teknolojisi, Fotogrametri ve CAD sistemlerinin füzyonu sayesinde geniş alanlara ait 3B CBS çözümleri mümkün hale gelmektedir (Kolbe, 2009; Bremer vd., 2016).

3B modelleme tekniklerinin; CBS, planlama, tıp, mekanik, savunma, oyun, medya ve birçok farklı meslek disiplininde çeşitli yaklaşımları ve uygulama alanları bulunmaktadır. Multimedya veri türleri incelendiğinde 3B modeller, ses, görüntü ve videodan sonra dördüncü multimedya veri bileşeni olarak ön plana çıkmaktadır (Liu vd., 2016).

3B CBS modellerine giderek artan bir ilgi oluşmaktadır. Bu modeller sayesinde zenginleştirilmiş 3B analizlerin, hesaplamaların yapılması ve coğrafi verinin verimli bir şekilde yönetilmesi mümkün olmaktadır. Böylece hızlı ve doğru karar verme süreçlerine destek sağlanmaktadır (Li vd., 2015). 3B modeller, yüzey üzerinde vektör ve raster formatındaki verileri, detayları işleyerek çizimlerimize gerçeklik olgusu katmaktadır (Roldan vd, 2014). 3B CBS, 2B CBS ile kıyaslandığında; konumsal olguyu daha gerçekçi

göstermesinden dolayı, uygulama aşamasında çok daha fazla avantaj sağlamaktadır (Zhang vd, 2014). 3B CBS analiz, görselleştirme ve bilgisayar destekli görüntü sunum yetenekleri sayesinde önemli bir araç haline gelmektedir (Campanaro vd., 2016). Farklı yöntemler arasında, CBS tabanlı modeller, gerçek dünyanın mekansal temsiline görselleştirme ve simülasyon amaçları için güçlü yeteneği ile önemli olduğunu kanıtlamaktadır (Machete vd., 2018). Bir CBS' den beklenen fonksiyonları, 3B dünyadaki gerçek objelere yönelik olarak gerçekleştirebilecek düzeydeki sistemler, 3B CBS olarak adlandırılmaktadır (Karaş ve Yeşil, 2011). Yakın gelecekte, CBS tabanlı 3B modellere yerel yönetimler ve merkezi hükümetlerce gerçekleştirilmekte olan hizmetlerde ihtiyaç duyulacaktır. Bu sistemler yerel yönetimlerce; emlak yönetimi, vergi takibi, turizm faaliyetleri, merkezi hükümetler tarafından ise; mülkiyet yönetimi, 3B kadastro, afet yönetimi, sivil savunma, planlama ve kaynak yönetimi gibi farklı alanlarda kullanılabilecektir.

Konumsal bilimlerdeki mühendislik teknolojileri son on yılda gelişmeye başlamıştır. 3B CBS teknolojilerindeki son gelişmeler ile mülkiyet sahipliğini 3B olarak temsil etmek ve ilgili öznitelik verilerin ilişkilendirilmesi için yeni metotlar, yaklaşımlar sunmaktadır. Bu alanda yasal ve organizasyonel sorunların yanı sıra 3B kadastro kurulabilmesi için önemli teknik sorunlar bulunmaktadır (Frederecque vd., 2011).

3B modelleme teknolojisi oldukça geniş bir alana yayılmış durumdadır. Çalışma alanına, kullanılan-üretilen veri türlerine, hedef sektöre, proje amacına göre farklı yaklaşımlar ve yöntemler söz konusudur. Bu yöntemler hakkında detaylı bilgi temel tanımlar bölümünde verilmiştir. Bu yöntemler arasında en kapsamlı olan disiplin, içerisinde hassas parametreler barındıran ve bundan dolayı uygulama güçlüğü yaşanan CBS tabanlı 3B modellemedir. Öncelikle sistemde coğrafi referanslandırma özelliği bulundurulmasının zorunlu oluşu, öznitelik (sözel) verilerin de modellere entegre edilmesi gereksinimi, çalışılan alanın geniş bölgelere yayılması, modellemeye konu olacak detay sayısındaki fazlalık gibi etmenler süreci zorlaştırmakta ve yeni yöntemler geliştirilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır.

3B modelleri oluştururken manuel modelleme ve kural tabanlı modelleme olmak üzere iki farklı teknik mevcuttur. Manuel modelleme SketchUp, Autocad 3Dmax gibi yazılımlarla bütün geometrilerin tek tek çizimlerle 3B geometrilerinin oluşturulmasıdır. Mahalle, kent gibi ölçeklerde çalışırken manuel yöntemin kullanılması neredeyse mümkün değildir. Çünkü bu süreç aylar, yıllar kadar devam edecek ve önemli ölçüde zaman-emek kaybına yol

açacaktır. Bir kent ölçeği düşünüldüğünde, manuel modelleme henüz tamamlanmadan kentin birçok yerinde yenilikler olacak, sistem bitmeden eskimiş olacaktır. Kural tabanlı 3B modellemede ise hedefe uygun oluşturulmuş coğrafi veritabanı (geodatabase) ve kodlar, kaplamalar, nesne türleri gibi ek tanımlayıcı parametreler sayesinde otomatik olarak 3B modeller oluşturulabilmektedir. Kentteki bir değişikliği güncelleme olarak sisteme aktarmak için ise veritabanında yapılan düzenlemeler ile 3B modeller yeniden üretilebilecektir. Kural tabanlı modelleme de en yaygın kullanılan yazılımlar City Engine (Esri), Cesium ve Terra Explorer (Skyline) dır.

CBS tabanlı 3B modeller, sadece yeryüzü üzerindeki nesneleri 3B olarak gösteren modeller değildir. Bu modeller aynı zamanda modeldeki nesneler hakkında CBS yazılımlarında olduğu gibi sözel (öznitelik) bilgileri de içermektedir. Örneğin, 3B bir CBS modelinde bir apartmanın 3B görünümünün yanı sıra o binada oturan kişi bilgileri, ısınma türü, binanın yapım yılı, bina kaplama türü, ruhsat durumu vb. detaylı bilgilere de kolayca erişilebilecektir. Model bir nevi bilgi sistemi işlevi görmektedir, bu bilgiler aracılığı ile 3B model üzerinde CBS tabanlı analizler ve sorgulamalar yapılabilecektir. Ayrıca modeller, arazi yüzeyinin kendisini de 3B bir altlık olarak içerdğinden metrik olarak da 3B sorgulamalar yapılabilmektedir.

CBS tabanlı 3B modeller ile artık günümüzde sunumun yanı sıra, görselleştirme, 3B analiz ve sorgulamalar yapılabilmektedir. 3B modeller çevremizdeki varlıklar hakkında geçmiş ve bugün arasındaki bağları anlayarak, analiz yapabilme sorgulayabilme imkânı sunmaktadır (Manfredini ve Remondino, 2012). 3B coğrafi analizler, 2B coğrafi analizlere göre kompleks bir yapıdadır. Örnek olarak, 2B Buffer (yakınlık) analizinin sonuç çıktıları 2B vektör poligon veridir ve yönetilmesi kolaydır, diğer taraftan 3B Buffer analizinin sonucunda oluşan veri katı cisimdir.

Bulut Bilişim (BB), ağ, sunucu, depolama, uygulama ve servisler gibi düzenlenebilen bilgisayar kaynaklarına ait paylaşım havuzuna, talebe uygun ağ erişimi sağlayan bir teknolojidir (Mell ve Grance, 2010; Bediroğlu, 2013). BB' nin gelişimi; bilimsel çalışmalar için uygun bütçeli bilgi işlem çözümlerini, büyük çapta bilgi işlem kapasitesi gerektiren konumsal bilimler için makul bir çözüm yöntemi olmaktadır (Xia vd., 2014). BB'nin işlevselliği, talebe göre ölçeklenebilir bilgi işlem hizmeti vermesi için bir arada çalışabilen servisler sunmasıdır (Tang ve Feng, 2017). BB talebe göre ve maliyet açısından faydalı destekler sağlayan yeni bir bilgi işlem paradigmasıdır (Tang ve Feng, 2014; Armbrust vd.

2010; Buyya vd, 2009). Mevcut sistemlerdeki kullanımlar ve teknolojik bazı zorunluluklar BB'ye geçiş sürecini hızlandırmaktadır. Bu teknolojik zorunlulukların başında, bilgisayar işlemci güçlerinin artık daha fazla artırılmamasıdır. Buna rağmen; konumsal olan veya olmayan verilerdeki boyutlarında her geçen gün; sensör teknolojileri, akıllı cihazlar ve sosyal medya gibi kaynaklar sayesinde daha fazla artış olmaktadır. Benzer sebeplerden dolayı daha fazla bilgi işlem kapasitesine ihtiyaç duyulmakta fakat klasik masaüstü ve sunucu sistemlerinde gelecekte lazım olur düşüncesi ile yapılan yatırımlar çoğu zaman boşa gitmektedir. Çünkü sunuculardaki yoğunluk eş zamanlı olarak tahmin edilememektedir. Sonuç olarak satın alma yerine hizmet olarak kiralama yöntemi gün geçtikçe kabul görmektedir. Ayrıca insanların verilere her zaman her yerden erişme isteği de BB teknolojisine geçişte tetikleyici bir sebeptir. Bundan dolayı projenin internete yönelik uygulamalarında BB teknolojisi tercih edilecektir.

Web Harita Servisleri (WHS) üzerinden 3B modellerin sunulması, uzman olmayan kişiler için de modellere erişim imkanı sağlayacaktır (Bremer vd., 2016). (Devaux vd., 2012), yaptıkları Web tabanlı 3B modelleme sunum çalışmalarında WebGL teknolojisini kullanmışlardır ve böylece zengin 3B içeriklerine WebGL sayesinde performans ve erişim kolaylığı açısından verimli bir şekilde gerçekleştirdiklerini ifade etmişlerdir. (Tsai vd., 2012), yaptıkları çalışmada, Bulut CBS tabanlı 3B bilgi sistemini kurmuşlardır ve sistemin afet yönetiminde etkin sonuçlar sunduğunu ortaya koymuşlardır. Bilgisayar grafik teknolojileri, son zamanlarda yüksek detay seviyeli 3B modelleme, görselleştirme ve animasyon kabiliyetlerini içermektedir. Özellikle WebGL API'si sayesinde internet tarayıcıları üzerinden modellere erişim kolaylaşmaktadır (Evangelidis vd., 2018).

3B veri standardı kurumlar ve yazılım marketi için ortak altyapı uyumu sağlayacaktır (Stoter vd., 2013). Dünya genelinde ulusal ve uluslararası 3B CBS veri standartları incelendiğinde geliştirilme sürecinde olan önemli standartlar bulunmaktadır. Literatür incelendiğinde CBS tabanlı 3B modellerde en sık kullanılan ortak standart City GML' dir. City GML, OGC (Open Geospatial Consortium)'nin 3B sanal şehir modelleri için üretilmiş kodlama dili ve genişletilmiş uygulama şemasıdır (Gröger vd., 2012; Geiger vd., 2015). 3B geometrilerin ve topolojinin semantik modellenmesi yaklaşımı City GML açık veri modeli sayesinde mümkün olmaktadır. CityGML, sadece geometriyi değil; ilişkileri, sınıflandırmaları ve öznitelikleri modellere entegre edebilmektedir (Kolbe, 2009; Dimopolu vd., 2014). 3B coğrafi veri standardı ulusal ve uluslararası çalışmaları bir araya getirebilmek

için oldukça önemlidir (Stoter vd., 2013). LoD (Level of Detail) tekniği performans ve derecelendirme konusunda önemli avantajlara sahip olmasının yanı sıra gerçeklik üretme ve 3B CBS yetkilendirme aracı sunma noktasında eksiklikleri sorun olarak gözükmektedir (Choi vd., 2012). (Stoter vd., 2013), yaptıkları çalışmada Hollanda için ulusal 3B veri standardı altyapısı oluşturabilmeyi hedeflemişlerdir. Çalışma sonucunda ülke genelinde kullanılabilecek, standartları belirlemiş ve sunmuşlardır. (Gröger ve Plümer, 2012), yaptıkları çalışmada City GML ile birlikte çalışabilirlik için semantik 3B şehir modelleri metodolojisi geliştirmişlerdir.

City GML' in en çok kullanılan modülü bina modülüdür ("Building Module") (Geiger vd., 2015). 3B bina kat verisi; akıllı şehirler, nenelerin interneti, şehir planlama, sürdürülebilir kent yönetimi ve kaynak yönetimi için kritik öneme sahiptir (Taylor, 2016). Binalarda en önemli farklılık bağımsız bölüm bazında gerçekleşmektedir. Her bir daire veya ticari işletme ayrı birer bağımsız bölüm geometrisine ve öznitelik (sözel) bilgilerine sahiptir. Literatür incelendiğinde şu ana kadar oluşturulan CBS tabanlı 3B modellerde bağımsız bölüm bazında modelleme yaklaşımı oldukça azdır. İç mekân modelleme ve afet yönetim sistemlerinde iç mekânlar detaylı olarak modellenmiş olsa da, CBS ile komşuluk ilişkisi kurulamamış olduğundan bu modeller kısıtlı hizmet alanlarına cevap verebilmektedir. Binaların bağımsız bölümlerinin 3B modellenmesi ile ilgili birçok yaklaşım ele alınabilir ve birçok yazılım kullanılabilir. Özellikle son yollarda dijital oyun sektöründe bu amaca yönelik önemli gelişmeler yaşanmıştır ve sonrasında CBS yazılım firmaları da bu alanda çalışmalar gerçekleştirmiştir. Konu ile ilgili akademik çalışmalar ve yazılım alanındaki gelişmeler birbirine paralel olarak ilerlemekte ve birbirini desteklemektedir.

4 Boyutlu (4B) modelleme, 3B modellere zaman bileşeni eklenerek oluşturulan modellerdir. Konumsal bilimler alanındaki 4B modeller bazı çalışmalarda 4B CBS model bazı çalışmalarda ise konum-zamansal (spatio-temporal) 4B model olarak isimlendirilmektedir. 4B modeller içerdikleri zaman bileşeni sayesinde geçmiş ve günümüz arasında kıyaslama yapabilme olanağı sağlamaktadır. (Ohori vd., 2015)' e göre 4B CBS modelleri sayesinde model yapılarının zaman içerisinde değişiminden kaynaklanan ikili farklılık sorunları ortadan kalkmakta, veri çakışmaları önlenmekte ve ayrıca nesneler arasındaki zamana bağlı değişimler ve topolojik ilişkiler gözlemlenebilmektedir. Esri mimarisi 3B çizim desteği ve geçmişten gelen CBS birikimi ve fonksiyonel analiz

kabiliyetleri sayesinde CBS tabanlı 3B modelleme için kullanılabilmektedir (Campanaro vd., 2016).

Liu vd. (2016) Çin’de yaptıkları çalışmada mevcut CBS tabanlı 3B modelleme tekniklerini füzyonlayarak bir araya getirip ideal bir sistem oluşturmaya çalışmış ve çalışma sonunda çıkan bazı sonuçların standart olarak kullanılabileceğini iddia etmişlerdir. Çalışmada vardıkları temel yargılardan birisi de harita ve grafiklerin artık 3B olarak hazırlanılması ve sunulması gerektiğidir.

Shojaei vd. (2013) yaptıkları çalışmada Avustralya’da mülkiyet yönetimi bağlamında binalarda bulunan bağımsız bölümlerin 3B olarak modellenenebilmesi için ülkedeki mimari planların 3B formata dönüştürülebilmesi için ülkeye özgü bazı yöntemler geliştirmişlerdir. Bu çalışmada mimari planda bulunan bölümleri sınıflandırmak sureti ile bir model geliştirmeye çalışmışlardır.

Ahmed vd. (2011) gerçekleştirdiği araştırmalar sonucunda, mimari planların otomatik olarak sayısallaştırılabilmesi için bazı yaklaşımlar öne sürmüştür. Özellikle görüntü işleme ve segmentasyon aşamaları sonucunda planların sayısallaştırma sürecini otomatize etmeye çalışarak, oda, kapı ve duvar gibi nesneleri çizimlerdeki farklılıklar üzerinden yakalamaya çalışmışlardır.

İç mekân CBS modelleri konusunda da önemli çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Tashakkori vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada iç mekân CBS ile dış mekan CBS modellerinin entegrasyonuna yönelik çalışmalar yapmıştır. Özellikle acil durum yönetimine yönelik bir sistem oluşturmuşlardır. Bu tez çalışmasının konusu Building Infrastructure Model (BIM) olmasa da bazı noktalarda iç mekân modelleme ve BIM teknikleri ile benzer prensipleri kullanmaktadır. Bu alanda özellikle iç mekân navigasyonu konusunda önemli çalışmalar sürdürülmektedir, (Işıkdag vd., 2013), BIM yönelimli iç mekân navigasyon sistemi geliştirmişlerdir. BIM tekniği ile City GML şemalarını kullanarak LoD4 seviyesinde 3B bina modelleri üreten bir yaklaşım geliştirmişlerdir.

Yakın zamanda ülkemizin Konya ilinde gerçekleştirilen bir projede eğik hava fotoğraflarından 3B şehir modelleri üretilmiş ve paylaşıma sunulmuştur, 3B şehir modelleri, 3B CBS konularında ülkemizde bazı önemli çalışmalar ile ilerlemeler kaydedilmiştir. “CBS tabanlı 3 boyutlu kent modellerinin geliştirilmesi ve bulut bilişim ile sunulması” başlıklı tez çalışmasının ilerleyen aşamalarında ülkemizde gerçekleştirilen projeler ve akademik çalışmalar detaylı olarak irdelenmiş avantajları ve dezavantajları ile birlikte sunulmuştur.

Kalkınma Planları ve 65. Hükümet Programı incelendiğinde ülke yöneticilerinin temel bilgi sistemleri hakkında temel hedefler ortaya koydukları ve bu hedefleri gerçekleştirmeye çalıştıkları göze çarpmaktadır. 10. Kalkınma Planında “395. e-Devlet hizmet sunumunda; ihtiyaç duyulan temel bilgi sistemleri ile ortak altyapılardan Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemi (TAKBİS), Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi Altyapısı (TUCBS), Kamu Güvenlik Ağı, Ortak Çağrı Merkezi, Bilgi Sistemleri Olağanüstü Durum Yönetim Merkezi gibi alanlarda sınırlı düzeyde ilerleme kaydedilebilmiştir” ifadesi yer almaktadır (T. C.10. Kalkınma Planı, 2013). Ayrıca 65. Hükümet Programında yer alan plana göre “e-Devlet hizmet sunumunda ihtiyaç duyulan temel bilgi sistemleri ile ortak altyapılardan Mekânsal Adres Kayıt Sistemi (MAKS), TUCBS Altyapısı, Kamu Güvenli Ağı, Kamu Entegre Veri Merkezi projelerini gerçekleştirilecektir” (Yıldırım, 2016).

Ülke yönetimimizce bilgi teknolojileri alanında temel hedefler arasında yer alan bu sistemlerin 3B olarak gerçekleştirilmesi şu an için olmasa da gelecek vizyonu için önemlidir. Çünkü kalkınma seviyesi yüksek olan ülkelerdeki eğilimler bu yöndedir. MAKS, TUCBS gibi kritik önemlere sahip projelere gelecekte 3B desteği sağlanması, projelerin daha sağlıklı yürütmesini sağlayacak, kontrol mekanizmaları oluşturacak ve sonuç ürünleri zenginleştirecektir.

Mevcut adres eşleştirme yöntemleri çok sayıda avantajları yapısında barındırmakla birlikte, çoklu adres bilgisini içeren apartman, site gibi yapılarda kullanılamamaktadır. Kent içindeki bu tür yapıların adres sorunlarının çözülebilmesi için 3B modelleme ve 3B adres çözümlerine ihtiyaç vardır. Bu sistemler sayesinde kentlerdeki yapılar; apartmanlar, kamu binaları, alışveriş merkezleri gibi büyük yapıların adres sorunları çözümlenebilecektir (Kwan and Lee, 2005; Pu and Zlatanova, 2005). 2B sistemler ile bu adres yönetimi gerçekleştirilmek istendiğinde, çoklu adres bilgisinin grafik girişi zor olmaktadır. Grafik harita ekranında üstüste gelen daire, bağımsız bölüm bilgilerinin CAD ya da CBS sistemlerine girilmesi temel sorundur. Çünkü her bir detayın kendine ait yükseklik (z) bileşeni vardır ve yükseklik bilgisini içermeyen 2B sistemler çakışmalara yol açmaktadır. Çakışan bu sistemlerde hangi dairenin hangi katta olduğunu görsel olarak anlayabilmek mümkün gözükmemektedir. Bu sebeplerden dolayı, grafik olarak temsil edilmesi gereken detaylar 2B sistemlerde sadece sözel tanımlar ile ifade edilmektedir.

Çeşitli teknik sebeplerden dolayı, bütün kayıtların geokodlama işlemleri genellikle eksiksiz bir şekilde yapılamamaktadır. Nesnelerin kesin konumları sıklıkla kabul edilebilir

tutarlılık oranlarında belirlenememektedir. Bu durumun teorik sonucu georeferanslanmış mikroverinin konumsal veri ile ilişkilendirilmemesi sonucunu doğurmaktadır. Bununla birlikte bazı konumsal bilgiler noktasal boyuttaki coğrafi koordinatlardan daha fazla olmaktadır bu ise geokodlama işlemlerinde hata oluşmasının başlıca sebepleri arasındadır (Dickson vd., 2017).

Başarılı bir adres eşleştirme işlemi için anahtar görevlerden birisi; eşleşmeyen adres verileri ile yazılım ve analizci tarafından ilişkilerin doğru kurulmasıdır. Tamamen doğru bir yol ağı, hatasız konumsal veri bileşenlerinin olması durumunda hata miktarları ciddi ölçüde azalmakla birlikte sözkonusu işlemlerin büyük veritabanlarında yapılmasında hata oranları önemli ölçüde artmaktadır (Drummond, 1995).

2B yöntemler geokodlama, adres eşleştirme konularında yetersiz kalmaktadır ve bu alandaki sorunların çözülebilmesi için 3B yaklaşımlara ihtiyaç vardır. Adres bileşenleri ile ilgili 3B konumsal veri ve 3B posta adresi bilgilerinin oluşturulması gerekmektedir. Adres verilerinin 3B görselleştirilmesi sayesinde hatalar azalacak ve algı kabiliyeti artacaktır. (Lee, 2009). Adres bilgisinin doğru olması; geokodlama işlemlerinin sorunsuz gerçekleşmesini ve böylece geokodlama verisi ile yapılan hizmetlerin kalitesini artırmaktadır (McLafferty, vd., 2012). (Taylor vd., 2016) yaptıkları çalışmada çok seviyeli (multilevel) konumsal doğruluğu hassas adres eşleştirme çalışması gerçekleştirmiştir.

1.2. Problemin Tanımı

Gelişen teknolojilerle birlikte CBS' lerin yapısı da ciddi anlamda değişikliklere uğramaktadır. Bu konuya örnek olarak, (Sui ve Goodchild, 2011)' in yaptığı bir çalışmaya göre, geleceğin CBS' sinin hangi alanlara yöneleceğini tahmin etmek güçtür fakat emin olunan çalışma konuları, geleceğin CBS' sinin Web CBS, 3B CBS, Bulut Bilişim (BB) ve Dijital Dünya ile alakalı olacaktır. Gelecekte araştırmacılar farklı yönleri ile 3B nesneler kullanarak bilgi alma, semantik özellikleri görüntüleme ve 3B uygulama geliştirme konuları üzerinde çalışacaktır (Nguyen-Gia vd., 2017).

CBS tabanlı 3B modelleme, veri yapısındaki çeşitlilik, kompleks detay yapısı ve sunum farklılıklarından dolayı çözülmesi gereken önemli sorunları barındıran bir yapıdadır (Pu ve Zlatonova, 2005). Klasik 3B modellemenin bile zorlukları ortada iken, CBS tabanlı

3B modelleme ekstra zorlukları ve karmaşıklıkları içermektedir. Geniş alanlara yayılan mahalle/kent ölçeğindeki çalışmalarda, manuel modelleme yöntemleri yetersiz kalmaktadır. Bu yöntemler ile metrik hassasiyeti yüksek, kaliteli modeller üretilebilse de, harcanan zaman ve iş yükü ile üretilen model sayıları göz önünde bulundurulduğunda manuel yöntemler dezavantajlı duruma düşmektedir. Konumsal bilimlerdeki bu sorunların çözümünde gelişen teknolojiler irdelendiğinde parametrik bir 3B modelleme yaklaşımı ile sorunların ele alınması gerekmektedir.

Ülkemizde ve dünyada coğrafi konum bileşeni içermesi gereken haritacılık, planlama faaliyetlerinde veri eksikliklerinden kaynaklanan sorunlar yaşanmaktadır. Gelişen teknolojiler ile birlikte 3B veriler de ihtiyaç haline gelmeye başlamıştır. Bina, yol vb. kentsel donatıların 3B modellerinin bulunmamasından dolayı 3B kadastro, kentsel dönüşüm, imar hakkı transferi, 18. madde uygulaması, irtifak haklarının 3. boyutta temsil edilmesi gibi faaliyetlerde doğru karar verilip verilmediği zaman zaman tartışmalı hale gelmektedir. Kadastro 2014 vizyonu, yaptığı arazi nesnesi tanımında, taşınmazların 3B olarak ele alınması gerektiğini net bir şekilde ortaya koymuştur. Fakat bu vizyoner hedef henüz gerçekleşmemiştir. Bina ve ilgili bağımsız bölümlerinin altlık veri olarak sunulmadığı, 3B sistemlerin desteğinin alınmadığı, bir kentsel dönüşüm projesinde mevcut durumun tam olarak anlaşılması veya dönüşüm sonrası oluşacak durumun paydaşlara anlatılması zordur. İmar hakkı transferi gibi bir uygulamada 3B bina modellerinin (var olan veya plana göre yapılacak) olmayışı doğru karar verme sürecini etkileyebilecektir. Başka bir örnek uygulama ile anlatılacak olursa, son yıllarda ülkemizde uygulanmaya başlayan Mania sahalarının belirlenmesinden sonra usule aykırı bina veya katların tespiti, 3B bina modeller olmadan pek mümkün gözükmemektedir.

Büyük bölgeler için 3B kent modellerinin oluşturulması ve gösterimi zordur. Verilerin artması, veriler üzerinde düzenleme yapmayı ve gösteriminin hızlı olmasını engellemektedir. Günümüzde bu sorun, modellemenin amaca yönelik olarak farklı ayrıntı düzeylerinde yapılması gerekmektedir (Yücel ve Selçuk, 2009). CBS ve bilgisayar haritalamanın tarihi, 1960' lara kadar uzansa da henüz bu alanlarda 3B' ye geçiş sağlanamamıştır (Elwannas, 2011; Edvardsson, 2013). İki boyutlu haritalar/veriler bazı insanlar için yeterli olsa da büyük bir çoğunluk 3B bina verisine erişmek istemektedir (Kashlev, 2008).

İnternet teknolojisi oldukça gelişmiş, mobil cihazlar sıklıkla kullanılmaya başlamıştır. İnsanların her gün sıklıkla kullandıkları mobil cihazlar web aracılığı ile önemli bir konumsal veri paylaşım platformu haline gelmektedir (Wang, 2016). Kullanıcıların 3B modellere erişimi de önemli bir gereksinim haline gelmiştir.

Mimarlık, mühendislik ve inşaat sektöründe üretilen verilerin, % 80 i konum bilgisi içermektedir (Hahmann ve Burghardt, 2013). Bu sektörlerde 3B çalışma ihtiyaçları giderek artmaktadır. İç mekanlar hakkındaki bilgiler ve geometrileri mutlaka 3B modelleme çalışmalarına dahil edilmelidir (Deng, 2015).

Hollanda Delft Üniversitesi'nde Biljecki (2013) doktora tez öneri dosyasında CBS tabanlı 3B modelleme konusunda varolan detay seviyelerinin yetersiz olduğu, bu detay seviyeleri arasında geçişlerin kolaylaşması gerektiğini ifade etmiştir. Henüz mimari ve geomatik arasında sağlıklı bir ilişki kurulamamıştır, eğer bu ilişki CBS disiplini sayesinde temel birlikte çalışabilirlik standartları ve otomasyonlar ile kurulacak olursa kritik öneme sahip, işlevsel bir veri türü ortaya çıkacaktır (Donkers, 2013).

3B CBS'de, 2B bir sisteme göre çok daha fazla veri söz konusudur. Dolayısı ile veri üretiminin maliyeti de aynı oranda yüksektir. Otomatik obje tanıma ve 3B veri yapılandırma yöntemleri giderek gelişmekte olsa da, veri elde etmede manuel yöntemlerin hakimiyeti hala büyük ölçüde devam etmektedir (Pu ve Zlatanova, 2005; Abdul-Rahman ve Pilouk, 2007; Karaş, 2007). Muhtelif kaynaklardan elde edilen verilerin derlenip bir araya getirilmesiyle gerçekleştirilen model üretimi, otomatik veri elde etme teknikleri, verinin tutarlılığını sağlayan kural ve algoritmalar ve 3B topolojinin otomatik kurulmasına yönelik çalışmalar vb. literatürde sıkça tartışılan konular arasındadır (Karaş, 2007).

2B sistemler çoklu adres bilgisi içeren (apartman, lojman, AVM, kamu binası vb.) yapıların adres eşleştirme işlemlerinde yetersiz kalmaktadır. Özellikle bağımsız bölüm gibi bu tür karmaşık geometrik veriler 2B CAD/CBS sistemlerinde temsil edildiğinde üstüste gelen anlamsız bir veri yığını ortaya çıkmaktadır. Tahsis edilen adres bilgilerinin, iç kapı numaralarının doğruluğunun/tutarlılığının teyidi için mutlaka 3B sistemler kullanılmalıdır.

Türkiye'de gerçekleştirilen CBS tabanlı 3B projeler incelendiğinde, genellikle fotogrametrik ya da yersel yöntemler ile bina modelleme yöntemleri tercih edildiği gözlemlenmiştir. Söz konusu yöntemlerde eğik hava fotoğrafları ya da yersel lazer tarayıcı vb. sistemler kullanılmıştır. Bu yöntemler sayesinde yüksek çözünürlüklü ve hassas 3B bina modelleri elde edilebilmektedir. Fakat yüksek veri boyutlarından dolayı, CBS entegrasyonu

ve veritabanı yönetimi oldukça zorlaşmaktadır. Fotogrametrik yöntemler kaliteli model üretmeye yardımcı olmakla birlikte, modellemeye konu olan nesnelerdeki küçük değişimler için hızlı güncelleme imkânı kısıtlıdır. Tekrar uçuş yapma, veri düzenleme vb. işlemler hem maliyet hem de zaman-emek açısından süreci zorlaştırmaktadır. Lazer tarayıcılar ile üretilen 3B modelleme yaklaşımı ise restorasyon, tarihi eser yönetimi açısından oldukça doğru yöntemler olmakla birlikte kent ölçeği söz konusu olduğunda üretilen model sayısı/zaman grafiği düşünüldüğünde oldukça zahmetli ve masraflıdır. Bu noktada parametrik/kural tabanlı 3B modelleme yaklaşımlarına ihtiyaç vardır. Ayrıca tercih edilecek yaklaşım 2B CBS verisi üzerinden modelleyebilme avantajını mutlaka içermelidir. Özet olarak ifade edilen bu metodlar ve farkları göz önünde bulundurulduğunda CBS tabanlı 3B modellerin ve özellikle bina bileşeninin üretilmesinde mevcut yaklaşımların avantajları ile birlikte bazı problemlere sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca ülkemizde gerçekleştirilen büyük çaptaki CBS projelerinin bir bölümünde 3B bina ve bağımsız bölüm verisinin olmamasından kaynaklanan aksaklıklar yaşanmaktadır. Bu projelerin mevcut durumu ve 3B verilerin bu projelere sağlayabileceği destekler tezin ilerleyen bölümlerinde açıklanmıştır.

CAD ile CBS arasındaki entegrasyon oldukça zordur. Plancılar ve mimarlar tarafından üretilen 2B çizimlerin, 3B veri yapısına dönüşmesi, görselleştirmesi daha da zordur. Eğer bu dönüşüm ve görselleştirme gerçekleşecek olursa farklı meslek disiplinleri arasındaki iletişim ve anlaşılabilirlik kolaylaşacaktır (Samdadia, 2004). Bağımsız bölüm bazında bina modelleyebilmek için gerekli temel veri setlerinden birisi mimari kat planlarıdır. Ülkemizde mimari planlar, yerel yönetimlerce muhafaza edilmektedir. Araştırmalar sonucunda bu planların ya kâğıt ortamda arşivde ya da dijital ortamda taranmış bir şekilde, .pdf ya da .tiff olarak ham raster formatında saklandığı belirlenmiştir. Bu planların neredeyse hiçbiri coğrafi referans bilgisine sahip değildir ve CBS tabanlı çalışmalarda koordinat sistemi tanımlı zorunludur. Günümüze kadar farklı zaman dilimlerinde ve şehirlerde üretilen mimari planlarda tek tip standart olmayışı da planların otomatik sayısallaştırma ve vektörize edilmesinde otomasyon çalışmalarını sektöre uğratmaktadır. Bina bağımsız bölüm modellenmesinde, mimari planların CBS için veri üretimine hazır hale getirilerek, modelleme sürecine dâhil edilmesi de başlıca sorunlar arasındadır. Planların konu olabileceği fikri mülkiyet hakları, eser sahiplik durumları ve paylaşım izinleri de meselenin hukuki olarak irdelenmesi gereken sorunları arasındadır.

CBS tabanlı 3B modellerin gelişme sürecindeki zorluklarından birisi de teknoloji (yazılım-donanım) altyapısının yetersiz oluşudur. 3B sistemlerin çalışma yapısının kavranması, hangi platformu, yazılımı, programlama dilinin tercih edileceği gibi başlangıç seçimleri için bile karar verme süreçleri uzun olmaktadır. Bu ve benzeri sebeplerden dolayı 3B teknolojilerinde gelişim yavaş ilerlemektedir fakat son yıllarda gelişim ivmesinde hızlı bir artış olmaktadır. Basit bir örnek ile yazılımsal zorluklarından bahsedilecek olursa, CBS tabanlı 3B modeller üzerinde “etiketleme” çalışmaları konusunda bile çok sayıda bilim insanı araştırmalar yapmakta yeni teknikler geliştirmeye çalışmaktadır. Söz konusu, analiz, veri otomasyonu, modelleme, veritabanı yapısı gibi birçok önemli süreçte ciddi gelişim ihtiyaçları bulunmaktadır.

Meseleye bütüncül olarak bakıldığında; kentlerin planlama, yönetim ve kentsel hizmet süreçlerinde CBS tabanlı 3B modeller, 3B analizler; algı kolaylığı ve 2B de çözilemeyen CBS sorunların çözümünde doğru karar verebilme sürecine ciddi katkı sağlayacaktır. CBS tabanlı 3B veri önemli bir katma değer sağlayacaktır fakat verilerin elde edilme süreçleri, modellenmesi, birlikte çalışabilirlik bağlamında diğer sistemler ile entegrasyonu, analiz edilebilirliği ve internet üzerinden paylaşılması gibi kritik konularda önemli problemlerin olduğu ortadadır. Bu problemlerin çözümüne katkı sağlayacak çalışmalar, haritacılık, planlama ve mimarlık disiplinlerine önemli katkı sağlayacaktır.

1.3. Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışmasının temel amacı; binalarda bulunan bağımsız bölümlerin CBS bileşenlerini de içerecek şekilde 3B olarak modellenmesi için iş süreçlerini optimize eden bir sistem geliştirmektir. Oluşturulacak sistem, bağımsız bölümlerin yanı sıra, binanın tamamını da cephe görüntüleri ve sözel bilgileri ile temsil eden, bu iki temel bileşeni ilişkisel bir veritabanı yapısında barındırması ile, görsel algıyı kolaylaştıran CBS tabanlı 3B bilgi sistemi olması hedeflenmiştir. Bu çalışma ile yerel yönetimlerde ve merkezi hükümetlerde haritacılık, planlama ve mimarlık faaliyetlerine önemli katkılar sağlayacağı öngörülmektedir.

Üretilen sistem öncelikle genellenebilir ve yaygınlaştırılabilir bir yapıda olacaktır. Bu hedef doğrultusunda, parametrik yapıda olan 3B kural tabanlı modelleme dili ile yeni yaklaşımlar test edilecektir. Oluşturulacak 3B sistemde, verimliliği artırabilmek, diğer

sistemler ile uyumu sağlayabilmek için veritabanı mimarisinin ve hiyerarşisinin konuya özgü tasarımı yapılacaktır. Hedeflenen 3B veritabanı tasarımı, 2B CBS ile karşılıklı geçişleri ve gerçek dünyadaki modele konu nesnelerde gerçekleşen değişikliklerin sisteme uyarlanma süreçlerinde kolaylık sağlayacağı öngörülmektedir.

Tez çalışmasında literatür ve benzer uygulamalar dikkatle incelendiğinde, hedeflerin gerçekleşmesi için iki önemli otomasyon işleminin gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bunlardan birincisi mevcut durumda ‘.pdf’ ya da ‘.tiff’ formatında, koordinatsız ve ham raster olarak depolanan mimari kat planlarının, sisteme koordinatlı ve ihtiyaç duyulan plan bileşenlerini vektör formatta temin edilmesidir. Bu alanda mevcut otomasyon çalışmaları irdelenmiştir. Çalışmada yeni yaklaşımlar ile bu süreç otomatikleştirilmeye çalışılacaktır. Diğer bir otomasyon gerektiren husus ise modellerin CBS veritabanından gelen öznitelik bilgilerini de modellerle ilişkilendirme sürecinde kolaylıkların sağlanmasıdır. Kural tabanlı modelleme dilinin tercih edilmesinin sebeplerinden birisi de budur.

Çalışma sonunda elde edilen yeni modelleme yaklaşımı sayesinde 3B dijital kent modellerinin önemli bileşenleri arasında yer alan binaların ve bağımsız bölümlerinin daha hızlı ve işlevsel özelliklere sahip bir şekilde 3B modellenmesine katkı sunulacaktır. Üretilcek sistem ülkemizde ve dünyada iki boyutta çözilemeyen bazı CBS sorunlarının çözülmesine destek olacaktır. Bu sorunlardan biriside yanlış adres tahsisi sorunlarıdır ve sistem 3B özellikleri sayesinde adres verilerinde doğruluk kontrolü sağlayacaktır. Özellikle ülkemizde gerçekleştirilmekte olan MAKS, UAVT gibi projelerin 3B ile desteklenerek geliştirilmesine önemli katkılar sağlayacaktır. Mevcut durumda kritik öneme sahip MAKS projesinde sadece soyut yapı olarak tanımlanan ve sözel bilgi olarak temsil edilen bağımsız bölümlerin 3B geometrik modelleri ve ilgili adres bilgilerinin CBS ile entegrasyonu sayesinde adres tanımlama ve geokodlama sorunlarına önemli ölçüde katkı sağlanacaktır.

Üretilcek 3B modellerin, 3B coğrafi analizlerin yapılmasına olanak sağlaması gerekliliği de bir diğer önemli husus olarak ele alınmıştır. Sistem üzerinden bu analizler gerçekleştirilebilecektir. Bu analizler, kent yönetimi, planlama, emlak vergisi denetimi ve adres yönetim süreçlerinde işlevsel bir öneme sahip olabilecektir.

CBS tabanlı 3B modellerin masaüstü ve internet ortamında çalışması sağlanacaktır. Modeller internete bulut mimarisi ile açılacaktır. Modellerin internet üzerinde çalışabilirliği denenecek, performans testleri ile verimlilik testi edilecektir. Tez çalışmasında tercih edilen

3B modelleme yaklaşımları hassas ölçme teknolojileri ile test edilecek, performans-doğruluk çizelgeleri ortaya koyulacaktır.

1.4. Metodoloji

Bu tez çalışmasında tespit edilen problemler ve bu problemlerin çözümüne yönelik gerçekleştirilmesi planlanan izlenecek işlem adımları şu şekildedir:

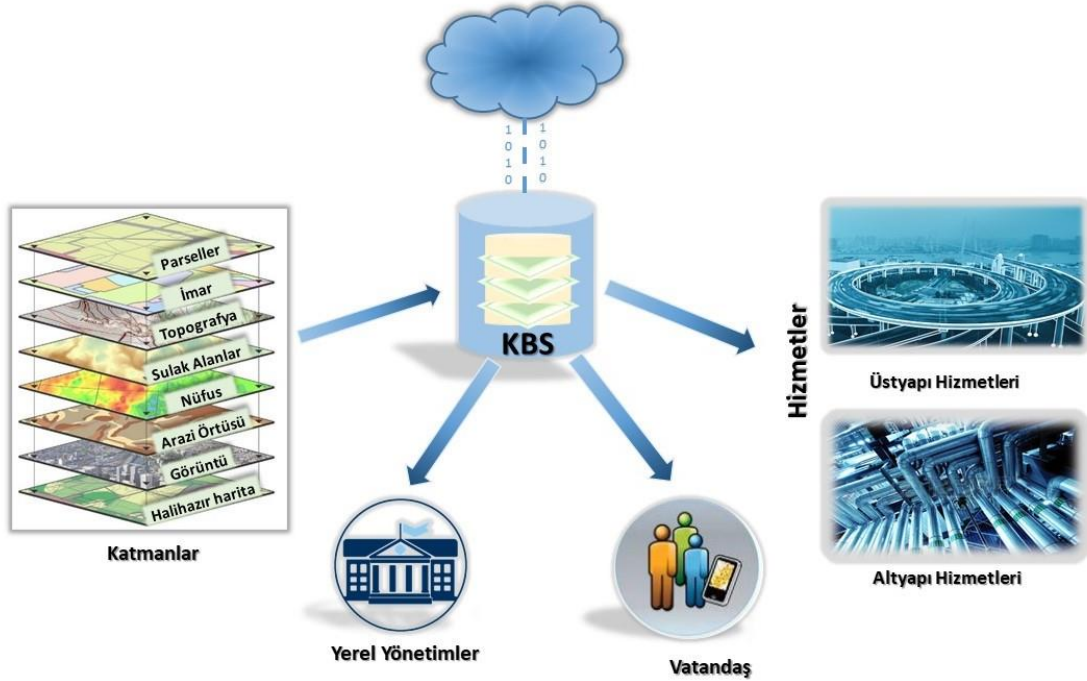
- 3B modelleme teknolojisi, yazılımları, veri üretim teknikleri, veri sunum teknikleri, CBS ile 3B kent modelleme ve bulut bilişim konuları hakkında kapsamlı akademik literatür çalışması yapılması ve projelerin incelenmesi,
- CBS tabanlı 3B modellerin üretilebilmesi için gereksinimlerin belirlenmesi üretilecek modellerin hedef kullanıcı gruplarının tespiti,
- 3B bina ve bağımsız bölüm modellerinin üretilebilmesi sürecinde kullanılan ham veri kaynaklarından (mimari plan) sağlıklı veri elde edilebilmesi için otomatik detay çıkartma tekniklerinin geliştirilmesi,
- Kent yönetimi, adres yönetimi ve emlak vergisi takibi konularına yönelik CBS tabanlı 3B modellerin konuya özgü veritabanı tasarımı yapılması,
- Tez kapsamındaki pilot çalışma bölgesinde uygulamanın gerçekleştirilmesi,
- 3B model üretirken kural tabanlı yani prosedürel kodlama yönteminin avantajlarından faydalanarak model üretim süreçlerinin hızlandırılması ve bu amaç ile prosedürel modelleme dilinde kaynak kodların CGA (Computer Generated Architecture) 3B programlama dilinde yazılması,
- Üretilen sonuç 3B bina ve bağımsız bölüm modellerinin konumsal hassasiyetlerinin/doğruluklarının lazer tarayıcılarla ölçüm yöntemi ile test edilmesi,
- 3 farklı uygulama alanına (Kent Yönetimi, Adres Yönetimi ve Emlak Vergisi Yönetimi) yönelik CBS tabanlı 3B modellerin kullanımında ortaya çıkacak avantajların 3B analizler ve sorgular ile gösterilmesi,
- Üretilen modellerin bulut bilişim teknolojisi ile vatandaşlara ve diğer kamu kurumlarına paylaşılması için internet üzerinden paylaşım mimarisi (haklar, izinler kısıtlamalar) tasarlanması ve bu kurguya göre modellerin internet üzerinden bulut teknolojisi ile paylaşılması.

1.5. Temel Kavramlar

1.5.1. Kent Bilgi Sistemleri

Verilerin toplanması, saklanması, güncellenmesi, analiz edilmesi ve sunulması işlemleri, uygun bilgisayar donanımı, gerekli yazılımlar ve bütün bunları planlayacak iyi eğitim almış insan grubunun bir araya getirilmesi ile mümkün olmaktadır. Veri ve bilgilerin etkili olarak kullanılmasını sağlayan bütün bu objelerin birleştirilmesi ve etkin olarak kullanılmasını sağlayan sistemler bilgi sistemleri olarak adlandırılmaktadır (Yomralıoğlu, 2005).

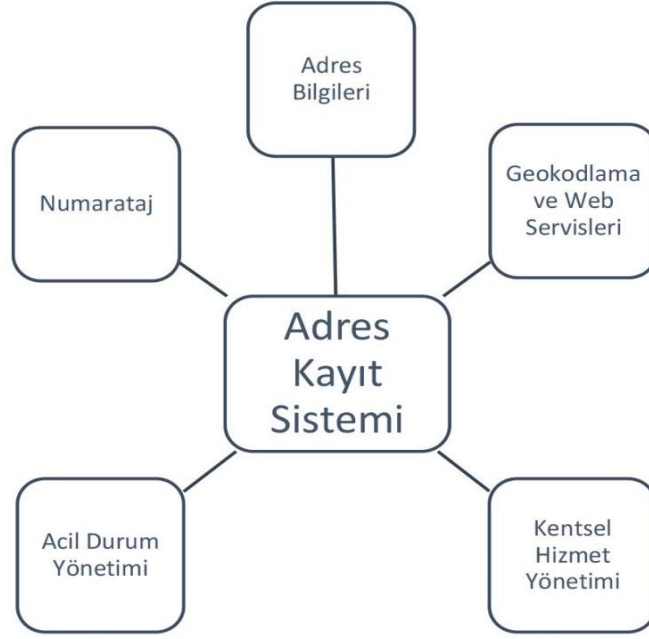
Bilgi sistemi, organizasyonların yönetsel fonksiyonlarını desteklemek amacı ile bilgiyi toplayan, depolayan, üreten ve dağıtan bir mekanizma olarak tanımlanmaktadır (Yomralıoğlu, 2005). Bilgi sistemlerinin kent yönetimi amacı ile oluşturulan içerisinde konumsal ve konumsal olmayan bilgileri barındıran formuna ise KBS denilmektedir. KBS'lerin yapısı ve kullanım alanları ile ilgili şema Şekil 1' de gösterilmiştir.



Şekil 1. Kent bilgi sistemleri

1.5.2. Adres Bilgi / Kayıt Sistemleri

Adres Bilgi Sistemi (AKS): Bilgi teknolojilerinin gelişim gösterdiği süreçte, kamu yönetimi tek sistemli yönetim biriminden çoklu yönetim şekline dönme eğilimi göstermektedir. Diğer bir deyişle, klasik veri işleme ve saklama metodu yerini daha karmaşık dijital sistemlere bırakmaktadır. Bu sistemlerden biri de, numarataj sistemlerinin altlık oluşturduğu, veritabanlarında konuma dayalı adres bilgilerinin tutulduğu, sürekli güncellenebilir bir yapıda olan adres bilgi sistemleridir. Bu sistemler, bütün kamu kurumlarında ve özel kuruluşlarda farklı ortamlarda ve farklı formatlarda tutulan adres verilerinin ortaya çıkardığı karışıklıkları ve buna bağlı olarak doğabilecek problemleri ortadan kaldırmaktadır. Bu bağlamda adres bilgi sistemleri; standart formattaki adres verisi ile yol ve bina gibi kente ait temel katmanların ilişkilendirildiği, bu katmanlara ait gerekli öznitelik bilgileri ile veritabanlarının oluşturulduğu, üzerinde gerekli sorgulama ve analizlerin yapılabildiği, kente ait bütün adres envanterinin tutulduğu ve daha sonra yapılacak bilgi sistemi uygulamalarına altlık olduğu sistemlerdir (Yıldırım, 2003). CBS destekli AKS' lerin uygulama alanı yaygındır. Bu sistemler sayesinde toplumun faydalandığı çeşitli hizmet türlerinde verimlilik sağlamaktadır (Yıldırım ve Ural, 2017). Bir AKS' nin temel bileşenleri Şekil 2' de gösterilmiştir.



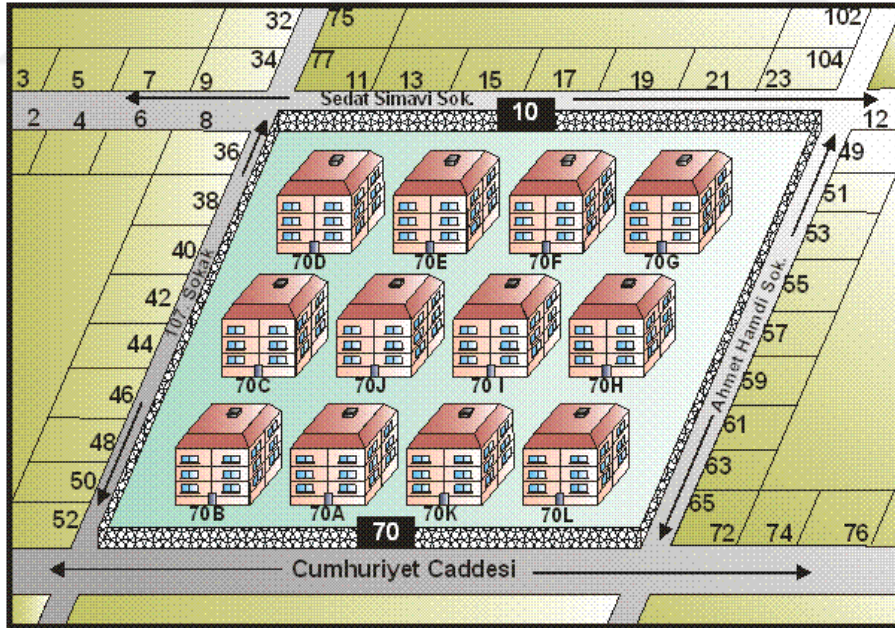
Şekil 2. Adres kayıt sistemi bileşenleri

1.5.2.1. Adres

Konumsal verinin çeşitli varyasyonları arasında yer alan adres verisi, coğrafi verinin önemli bileşenlerinden birisidir ve arazi parçacığının en temel tanımı olarak coğrafi bir detayın harita üzerinde gösterilmesi işlevini sağlamaktadır (Kellison, 2012; Yıldırım 2013). Adres spesifik konumların daha önceden belirlenmiş yönergelerle erişilebilir olmasını sağlamaktadır. Adres verisi olayları, kazaları analiz ederken de kritik öneme sahiptir (Davis ve Fonseca, 2007; Küçük Matçı ve Avdan 2018). Adres, belirli bir konuma ulaşmanın yanında çeşitli kamu kurumlarındaki bilgilerin birbirleriyle ilişkilendirilmesinde ve geleceğe yönelik stratejik planların oluşturulmasında önemli bir rol oynar. Yerleşim alanlarında karmaşık şekilde inşa edilmiş yol ağının ve bina yapılarının düzenli bir adres sistemine dayandırılması oldukça zordur (Kılıç, 2017).

1.5.2.2. Numarataj

10.04.1927 tarih ve 1003 sayılı “Binaların Numaralanması ve Sokaklara İsim Verilmesi Hakkında Kanun” ve 21/03/1963 tarih ve 11361 sayılı Resmi Gazete’ de yayımlanan “Numaralama Yönetmeliği” ne göre yapılan, yolların isimlendirilmesi ve binaların numaralandırılması işlemlerine numarataj denilmektedir. İlgili kanunun uygulama kitabında numarataj çalışmalarının amacı; ülkemizin sosyal ve ekonomik yapısını belirlemeye yönelik olarak yapılan tüm sayım ve araştırmalarda olduğu gibi, tüm kamu kurum ve kuruluşlarının çalışmaları ve yerel yönetimlerin yapacakları hizmetlerde, adreslerin ve adres sisteminin oluşturulması ve adres niteliklerinin güncel olarak takibi büyük önem taşımaktadır. Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sisteminin (ADNKS) değişkeni ise Ulusal Adres Veri Tabanıdır (UAVT). Numaralama çalışmasının temel amacı, binaların numaralandırılması, numaralandırılan binalara ait adreslerin UAVT’ ye işlenmesidir. Numarataj verme işlemi Şekil 3’ te gösterilmiştir.



1.5.2.3. Geokodlama (Adres eşleştirme)

Geokodlama, adres yer adı ve diğer coğrafi referansları koordinatlara çevirmek sureti ile sözel ifadeleri sayısal değerlere dönüştürme işlemleridir. Geokodlama, CBS ile etkin bir şekilde yapılabilmektedir ve aynı zamanda CBS ve KBS' lerin fonksiyonalitesini artırmaktadır. Bu işlemin tersine yani koordinatların sözel adres formatına dönüştürülmesine ise tersine geokodlama (Reverse Geocoding) denilmektedir.

Geokodlama bir konumun tanımının spesifik elementleri ile referans alınan veri modeli üzerinden XY koordinat parçalarının oluşturulmasıdır. Genel olarak, girdi adres verisini çözümleme (parçalara ayırma), standartlaştırma, indeksleme ve en iyi uyum sağlayan veriye göre eşleştirme gibi temel aşamalardan oluşur (Zandbergen, 2008).

Tarihsel gelişim süreci incelendiğinde Geokodlama, U.S. Census Bureau tarafından geliştirilen Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing (TIGER) veri modeli sayesinde ülke genelinde geokodlama çalışmalarını gerçekleştirebilmek için referans veri seti oluşturulmuştur (Klosterman ve Lew 1992; Dao, 2015). TIGER veri seti modeli, adres dağıtım sorunlarının coğrafi çözümlenmesi için hassas bir yaklaşım sunmaktadır (Drummond, 1995; Lee, 2009). Daha sonra internet tabanlı CBS uygulamalarında adres sorununun çözülmesi ve metinsel ifadelerin coğrafi koordinatlara dönüştürülebilmesi için İngiltere'deki Ordinance Survey tarafından adres nokta eşleştirme yöntemi geliştirilmiştir (Lee, 2009). Günümüzde birçok farklı özelliklere sahip geokodlama alternatifleri bulunmaktadır.

Geokodlanmış koordinatlar bazı çalışmalarda konumsal hassasiyeti doğrulayabilmek için güvenilir referans veriler olarak kullanılmaktadır. Geokodlanmış veriler diğer veriler ile kıyaslandığında düşük maliyetli ve hassas doğruluğa sahip olması gibi özellikleri ile ön plana çıkmaktadır (Stark, 2011; Ostermann ve Spinsanti, 2011). Adres geokodlama olayların yerlerinin tespiti ve dijital haritalar üzerinde çözümlenmesi için güçlü araçlar arasındadır. Adres eşleştirme, yerel yönetimlerde ekonomik katkılar sağlayarak yönetsel operasyonların hassas, güvenilir bir şekilde yapılmasına olanak sağlamaktadır (Zandbergen vd., 2012; Yıldırım vd., 2013).

Geokodlama, dünya üzerindeki bir konumun herhangi bir amaç için girilen konumsal bilgilerini geo-referanslanmış koordinatlar ile eşleştirilmesidir (Grubestic ve Murray, 2004).

Geokodlama işlemleri masaüstü yazılımla (Ör: Esri Adress Geocoder) veya web uygulamaları (Google Geocoding API, Yahoo Geocoding API) ile yapılabilir (Cui, 2013). Geokodlama operasyonunun genel işlem aşamaları Şekil 4’ te gösterilmiştir.

Aşama	Kavramsal Örnek																												
1. Orijinal adres verilerinin girilmesi	127 West Point Drive, Olympia, WA 98501																												
2. Adres verilerinin işlenmesi	127 West Point Drive Olympia WA 98501 127 West Point Drive Olympia WA 98501																												
3. Çoklu adres verisi sunumu	<table><tr><td>House number</td><td>127</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Direction</td><td>west</td><td>w.</td><td></td></tr><tr><td>Street Name</td><td>point</td><td>dr</td><td>dry</td></tr><tr><td>Street type</td><td>drive</td><td></td><td></td></tr><tr><td>City</td><td>Olympia</td><td></td><td></td></tr><tr><td>State</td><td>wa</td><td>washington</td><td>wash</td></tr><tr><td>ZIP</td><td>98501</td><td></td><td></td></tr></table>	House number	127			Direction	west	w.		Street Name	point	dr	dry	Street type	drive			City	Olympia			State	wa	washington	wash	ZIP	98501		
House number	127																												
Direction	west	w.																											
Street Name	point	dr	dry																										
Street type	drive																												
City	Olympia																												
State	wa	washington	wash																										
ZIP	98501																												
4. Adres locator eşleştirmesi	Bir ya da daha fazla kritere göre address locator eşleştirme																												
5. Adres eşleşme skoru	<table><tr><th>Street</th><th>Number</th><th>Direction</th><th>Match Score</th></tr><tr><td>Point</td><td>127</td><td>W</td><td>100</td></tr><tr><td>Point</td><td>129</td><td>W</td><td>85</td></tr><tr><td>West Point</td><td>121</td><td></td><td>80</td></tr><tr><td>West Point</td><td>137</td><td></td><td>80</td></tr><tr><td>Pointe</td><td>138</td><td>W</td><td>70</td></tr></table>	Street	Number	Direction	Match Score	Point	127	W	100	Point	129	W	85	West Point	121		80	West Point	137		80	Pointe	138	W	70				
Street	Number	Direction	Match Score																										
Point	127	W	100																										
Point	129	W	85																										
West Point	121		80																										
West Point	137		80																										
Pointe	138	W	70																										
6. Filtrelenen adayların listesi	<table><tr><th>Street</th><th>Number</th><th>Direction</th><th>Match Score</th></tr><tr><td>Point</td><td>127</td><td>W</td><td>100</td></tr><tr><td>Point</td><td>129</td><td>W</td><td>85</td></tr></table>	Street	Number	Direction	Match Score	Point	127	W	100	Point	129	W	85																
Street	Number	Direction	Match Score																										
Point	127	W	100																										
Point	129	W	85																										
7. En iyi adayın eşleştirilmesi	127 W Point Dr, Olympia, WA 98501																												
8. Eşleşen özniteliklerin belirtilmesi	122126128130 W Point Dr 121125127129																												

Şekil 4. Geokodlama işlem aşamalarını gösteren iş akış diyagramı (Dao, 2015; Esri, 2014)

Şehir veya ilçelerdeki tanımlanmış idari bölümlerin (mahalle, zip bölgesi) alt alanlara bölünmesi sureti ile matris oluşturularak adres eşleştirme işlemlerinin yapılması işlemine alan bazlı geokodlama yöntemi denilmektedir. Konumsal hassasiyet düşük seviyededir. Adres eşleştirmeye konu olan alanlar hiyerarşik yapıdaki gridlere bölünmekte ve adresler grid hiyerarşisi içerisindeki pozisyonlara göre tanımlanmaktadır. Genellikle Japonya, Kore gibi Uzakdoğu ülkelerinde kullanılmaktadır.

- **Sokak bazlı geokodlama**

Adres eşleştirme işlemlerinin sokak ve caddeler boyunca nasıl konumlandığına göre tanımlamaların yapıldığı sistemlerdir. ABD ve KANADA gibi ülkelerde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntemde konumsal hassasiyet orta seviyede olup, yerel yönetimlerce sıklıkla kullanılmaktadır.

- **Nokta eşleştirme**

Adres bileşenlerinin doğrudan koordinat değerleri ile birebir veya bire çok ilişkilerinin kurulması sureti ile oluşturulan sistemlerdir. Bu geokodlama yönteminde konumsal hassasiyet yüksektir. Dünya genelinde birçok ülkede (İngiltere, Almanya) kullanılmaktadır. Nokta eşleştirme yönteminde, binalar için apartman girişlerinin koordinatları, sözel tanımlara dönüştürülmekte ve çapraz ilişki kurulmaktadır. Ayrıca önemli nokta olarak tanımlanan, kafe, lokanta, park, anıt, çeşme gibi turistik öneme sahip adresler nokta eşleştirme yöntemi ile tanımlanabilmektedir. Nokta eşleştirme sayesinde doğrudan adres verisine konu olan noktanın konumu ile temsil edilen sözel veri ile ilişki kurulabilmesini sağlamaktadır.

1.5.2.4. Mekânsal Adres Kayıt Sistemi (MAKS)

Mekânsal Adres Kayıt Sistemi, ülke genelinde farklı yetkili idareler tarafından üretilen mekânsal adres verisinin merkezi bir sistemde bütünleştirilmesini hedeflemektedir. Bu hedefi gerçekleştirirken çözülmesi gereken ilk sorun; resmi olarak yayımlanan ve tüm yetkili idareler tarafından kullanılan bir mekânsal adres veri modelinin mevcut olmaması sebebiyle, her yetkili idarenin kendi tasarım yaklaşımı ve ihtiyaçları doğrultusunda farklı veri modelleri kullanıyor olmasıdır. Bu sorunun çözümü için projenin ilk hedefi ülke genelinde uygulanabilecek, ulusal ve uluslararası standartlara uygun bir veri modeli oluşturmaktır (MAKS Tanımlayıcı Dokümanı, 2012).

MAKS adres veri modeli;

- İlgili mevzuat,
- Proje gereksinimleri,
- Yetkili idarelerde kullanılan mevcut veri modelleri,

- Uluslararası standart ve tanımlayıcı dokümanlar,
 - Proje kapsamında gerçekleştirilen analiz ve tasarım çalışmaları,
- dikkate alınarak hazırlanmıştır (MAKS Tanımlayıcı Dokümanı, 2012).

Proje kapsamındaki temel amaç Türkiye’ye özgü ve ülke ihtiyaçlarına cevap verebilecek mekân / konum bazlı bir adres kayıt sistemi oluşturmaktır. Bu projede sözel adres verileri hassas konum bilgileri ile ilişkilendirilecek ve kullanıma açılacaktır. Bazı illerde tamamlanmış olan proje İçişleri Bakanlığı tarafından yönetilmektedir ve son yıllarda proje çalışmalarında önemli bir ivme kazanılmış, tüm illerde faaliyete geçme amacına yaklaşmıştır. Proje ulusal amaçları taşımakla birlikte uluslararası standartları da destekler nitelikte hazırlanmıştır.

1.5.3. Emlak Envanter Sistemi

Emlakların kayıt altına alınması, yönetilmesi, vergilendirilmesi için kurulan bilgi sistemlerine Emlak Envanter Sistemi denilmektedir. Bu sistemler, acil durumların yanı sıra vergilendirme / denetim ve emlakların genel ekonomiye kazandırılması hususunda önemli işleve sahiptir. Bu sistemler sayesinde emlaklar ve bunların kullanımından kaynaklanan kayıt dışı ekonomik faaliyetler önemli ölçüde azalmaktadır. Emlak vergisi, ülkemizde “13919 sayılı Emlak Vergisi Kanunu” ile tanımlanmış olan ilgili kanunda uygulamaya ilişkin tanımlamaların ve kriterlerin belirtildiği bir vergi türüdür. İlgili kanunda hangi binalardan vergi alınacağı hangi binaların vergi muafiyetinde bulunacağı detaylı olarak tanımlanmıştır. Kanunda mükelleflerin tanımlanması, tahsil edecek kurumların tanımlanması daimi ya da geçici muafiyete haiz bina kriterleri ifade edilmiştir. Yakın geçmişte emlak vergi tahsili yöntemi genel olarak beyan esasına göre yapılmıştır bu uygulama tarzı da ciddi sorunlara yol açmıştır. Tez çalışmasının ilerleyen bölümlerinde emlak vergisinin beyanı veya yerel yönetimlerce tahakkuku noktasında yaşanan standart bozukluklarından detaylı olarak bahsedilmiştir.

1.5.4. Yapı ve Bina

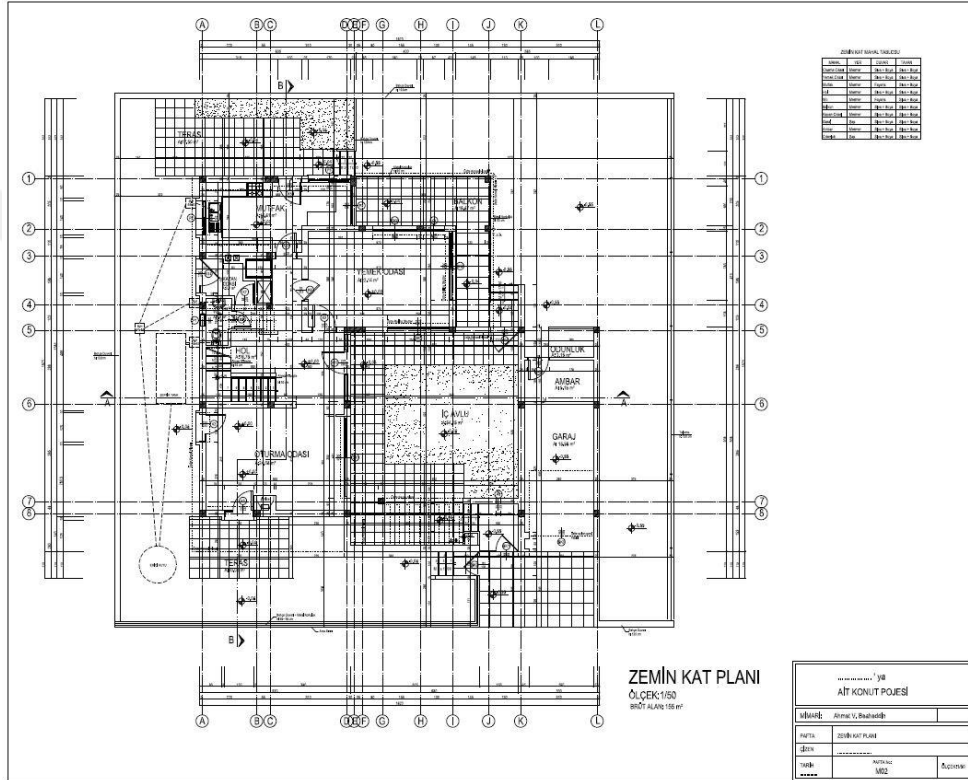
Yapı kavramı, sözlük tanımı olarak barınmak ya da başka amaçlarla kullanılmak için yapılmış her türlü mimarlık yapıtı olarak belirtilmiştir. Bina, yol, tünel, köprü vb. eserler yapı örnekleridir. 27075 sayılı Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde bina kavramı, Kendi başına kullanılabilen, üstü örtülü olan insanların içine girebilecekleri ve insanların oturma, çalışma, eğlenme veya dinlenmelerine veya ibadet etmelerine yarayan ve hayvanların ve eşyaların korunmasına uygun yapı olarak tanımlanmıştır. 3194 sayılı imar kanununda ise bina, kendi başına kullanılabilen, üstü örtülü ve insanların içine girebilecekleri ve insanların oturma, çalışma, eğlenme veya dinlenmelerine veya ibadet etmelerine yarayan, hayvanların ve eşyaların korunmasına yarayan yapıdır. Bina yapıldığı madde ne olursa olsun, karada ya da su üzerindeki sabit inşaatların hepsini kapsar. Binalar kent yönetiminin çekirdek yapı elemanları arasındadır. Yapı ile bina kavramları arasındaki temel fark, yapının daha genel bir anlama karşılık gelmesidir, yani her bina bir yapıdır fakat her yapı bir bina olmayabilir.

1.5.5. Mimari Kat Planı

Mimarların tasarladıkları yapıya ilişkin planlarını detaylı olarak kat bazında ifade ettikleri sunum şekline mimari kat planı denilmektedir. Mimari planlar; duvar, kolon, döşeme gibi bileşenlerin oluşturduğu mahaller ile mahallerin içerisinde yer alan kapı, pencere, mobilya ve aksesuarların yer aldığı öğelerle tanımlanmaktadır. Mimari kat planları, yapının büyüklüğüne bağlı olarak uygulama projelerine yönelik genellikle 1/50 ölçekli olarak çizilir. Birbirinden farklı zengin detaylara, iç ve dış tasarım çeşitliliklerine sahip mimari planlar yaşadığımız kentleri görsel ve işlevsel açıdan zenginleştirmektedir. Dünya genelinde bu planlar incelendiğinde sunum standardı, ortak sembollerle ifade edilse de çizim tekniklerindeki farklılıklar bulunmamaktadır. Bunun dışında dijital olarak çizilmemiş mimari projeler olması ya da hala dijital olarak çoğu kamu kurumlarında bir arşivleme sisteminin yeterli olmaması nedeniyle çok zengin çeşitliliğe sahip bu planları otomatik sayısallaştırma amacıyla standartlaştırmak ta oldukça zordur. Günümüzde mimari kat planı standartlaştırma ve otomatik sayısallaştırma işlemleri için önemli bilimsel çalışmalar hala

sürmektedir bu konudaki örnek olarak Rodrigues vd. (2017) ve Ahmed vd. (2011) tarafından yapılan çalışmalar gösterilebilir.

Şekil 5’ te bir binanın zemin katına ait mimari plan örnek olarak gösterilmiştir. Bu tarz çizimler üzerinden detay çıkarmada ve otomatik sayısallaştırma algoritmalarının gerçekleştirilmesi, şekilden anlaşılabileceği gibi oldukça zordur.



Şekil 5. Mimari kat planı (Url-1, 2018)

1.5.6. Kat Mülkiyeti

Kat Mülkiyeti: 634 sayılı Kat Mülkiyeti Kanununda; kapsamı, uygulama şartları, özel durumları ve yasal çerçevesi tanımlanmış olan yapıların hukuki statüsüne netlik kazandıran bir kavramdır. İlgili kanunun ilk maddesinde genel çerçeve “Tamamlanmış bir yapının kat, daire, iş bürosu, dükkan, mağaza, mahzen, depo gibi bölümlerinden ayrı ayrı ve başlı başına kullanılmaya elverişli olanları üzerinde, o gayrimenkulün maliki veya ortak malikleri tarafından, bu Kanun hükümlerine göre, bağımsız mülkiyet hakları kurulabilir.” olarak

tanımlanmıştır. Ayrıca 2. Maddede ise kat mülkiyetine ilişkin kavramlar tanımlanmıştır. Bu tanımlarda “Kat mülkiyetine konu olan gayrimenkulün bütününe (Anagayrimenkul); yalnız esas yapı kısmına (Anayapı) anagayrimenkulün ayrı ayrı ve başlı başına kullanılmaya elverişli olup, bu Kanun hükümlerine göre bağımsız mülkiyete konu olan bölümlerine (Bağımsız bölüm); bir bağımsız bölümün dışında olup, doğrudan doğruya o bölüme tahsis edilmiş olan yerlere (Eklenti); bağımsız bölümler üzerinde kurulan mülkiyet hakkına (Kat mülkiyeti) ve bu hakka sahip olanlara (Kat maliki)” olarak ifade edilmiştir. Yasada inşaat aşaması tamamlanmış kullanım şartları oluşmuş yapıların mülkiyet ayrımını belirleyen hususlara göre tanımlanması yapılmıştır. Tez çalışması bağımsız bölümlerin 3B modellenmesini merkeze aldığından bu çalışma açısından Kat Mülkiyeti kavramı özel bir önem arz etmektedir.

1.5.6.1. Bağımsız Bölüm Kavramı

Bağımsız bölüm ile ilgili yasal olarak bağlayıcı olan genel tanım; 634 sayılı Kat Mülkiyeti Kanunu “Tamamlanmış bir yapının kat, daire, iş bürosu, dükkân, mağaza, mahzen, depo gibi bölümlerinden ayrı ayrı ve başlı başına kullanılmaya elverişli olanları üzerinde, o gayrimenkulün maliki veya ortak malikleri tarafından, bu Kanun hükümlerine göre, bağımsız mülkiyet hakları kurulabilir” ifadesi ile belirtilmiştir. Kanunda bağımsız bölümün bağlı olduğu bina ana yapı, bağımsız bölümün dışında olup, doğrudan doğruya o bölüme tahsis edilmiş olan yerler Eklenti olarak tarif edilmiştir. Tez çalışmasında yasal kısıtlamalar göz önünde bulundurulmuş olmakla birlikte 3B modelleme yaklaşımı tamamen yasal altyapı üzerinden gerçekleşmemiştir. Bunun sebebi ise bağımsız bölüm kavramının yasal altyapısında eksiklikler oluşu, salt yasal zemin üzerinden gidilecek olursa bazı kullanım farklılıklarının, ayrışma noktalarının göz ardı edileceğidir. Bu soruna, örnek olarak otel veya hastane binalarının 3B modellenmesi gösterilebilir. Söz konusu farklılıklar tezin ilerleyen bölümlerinde detaylı olarak ifade edilmiştir.

1.5.6.2. Yapı Ruhsatı

Yapı ruhsatı; mücavir alan sınırları içerisinde ilgili belediyelerden dışında ise valiliklerden bina inşaatına başlamadan alınması gereken belgedir. Yapı ruhsatı alınmadan inşaatına başlanan binalar kanunen kaçak yapı olarak tanımlanmaktadır. Yapı ruhsatı uygulama işlemleri 3194 sayılı İmar Kanunu esaslarına göre yürütülmektedir. Ülkemizde farklı zamanlarda yapı ruhsatı alınmadan inşaa edilmiş binalara ilişkin imar afları ve barışları da söz konusu olmuştur. Son olarak 2018 yılında yapı ruhsatı bulunmayan binaların yapı kullanım izni alabilmesi için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından İmar Barışı uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bir binanın inşaatına başlamadan önce yapı ruhsatını alabilmek için aşağıdaki belgelerin temin edilmesi gerekmektedir.

- Dilekçe
- Taahhütname
- Tapu Senedi
- Vekaletname ve muvaffakatnameler (Gerektiğinde)
- Mimari proje
- Statik proje
- Elektrik, mekanik tesisat projeleri
- Çevre ve peyzaj projeleri
- Yol ve alt yapı katılım payı ödendi belgeleri

1.5.7. 3B Modelleme Yöntemleri

3B modellemede yöntemsel olarak birçok farklı seçenek bulunmaktadır. Bu bölümde kavram karmaşası yaratmamak için 3 ana yöntem üzerinde durulmuş ve anlatılmaya çalışılmıştır.

1.5.7.1. Manuel 3B Modelleme

Manuel modelleme, cisimlerin var olan 2B ölçümler ya da yaklaşık ölçü değerleri ile CAD ya da 2B modelleme programları ile 3B modellerinin oluşturulmasıdır. Bu yaklaşım küçük çaplı 3B modelleme işlemleri için mantıklı bir tercihtir çünkü hızlı bir şekilde model üretebilmek mümkündür. Fakat modellenecek cisimlerin çoğalması, kent ölçeği gibi büyük çalışma alanlarında model üretme durumlarında zaman içerisinde verimlilik azalmaktadır.

1.5.7.2. 3B Ölçme Cihazları ile Modelleme

Bu yaklaşımda hassas 3B ölçüm yapabilen cihazlar kullanılmaktadır. Primitif modeller, hassas x, y, z bilgilerinin ilgili yazılımlara aktarılması ve görselleştirilmesi ile üretilmektedir. Genellikle ilk olarak nokta bulutu verisi üretilmekte daha sonra bu veriler ihtiyaçlar doğrultusunda diğer veri türlerine dönüştürülebilmektedir. Lazer tarayıcıları, LIDAR teknolojisi bu yaklaşımın başlıca örnekleri arasındadır. Restorasyon, bina deformasyon ölçmeleri ve hacimsel kent modeli çalışmalarında yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

1.5.7.3. Prosedürel 3B Modelleme

Cisimlerin geometrilerinin, parametreler üzerinden prosedürlerle tanımlanması prensibine dayanan prosedürel modelleme yönteminin tanımlanması ve kullanımında göze çarpan ilk çalışmalar (Parish ve Müller, 2001)' in gerçekleştirmiş olduğu faaliyetleridir. Prosedural Inc. 2008 yılına doğru prosedürel modelleme ile çalışan City Engine yazılımını oluşturmuşlardır. Daha sonra bu kuruluş ESRI tarafından tüm hakları ile satın alınmıştır. City Engine CGA shape grammer, mimari 3B içerikler üretmeye yarayan özgün bir programlama dilidir. CGA terimi Computer Generated Architecture kısaltmasıdır. Gramer odaklı modellemenin amacı, çok fazla detay oluşturarak bir tasarımı belirginleştirecek, inceleyecek kurallar tanımlamaktır. Bu kurallar, sınırlayıcı kutuda OBB (kapsamda/scope) bir geometri içeren şekiller üzerinde çalışır.

1.5.7.4. Render Alma İşlemi

Herhangi bir 3B modelleme yazılımında çalışırken 3B geometrinin ve yüzey görsellerinin tanımlanması bilgisayarın işlem yükünü fazla zorlamamaktadır. Günümüz koşullarında ortalamanın üzerinde bir bilgisayar bu işlemleri kolaylıkla yapabilmektedir. Fakat gerçekçi (realistik) 3B görünümünün alınması yani ışıklandırma, gölgeleme, 3B nesnelerin birbiri ile ilişkilerinin ve konumlarının ortaya çıkaracağı sonuç görünümünü almak grafik işlemcilerle yoğun işlem yükü oluşturmaktadır. Elde edilmek istenen 3B gerçekçi görüntü, resim ya da videonun oluşturulabilmesi için 3B modelleme yazılımları render alma işlemi desteği ile bu noktadaki ihtiyaca cevap vermekte ve sonuç çıktıların oluşturulabilmesini sağlamaktadır. Şekil 6’ da render alma işlemleri gerçekleştirilmiş bir 3B modelin sonuç çıktıları gösterilmektedir.



Şekil 6. Render alma işlemleri sonucunda oluşan sonuç çıktı (Url-2, 2018)

1.5.8. 3B Kent Modelleri

Gerçek hayatta insanlar çevrelerini üç boyutlu görürler ve insan algıları 3B olarak daha iyi çalışmaktadır. İki boyutlu çizimler algıda yanılgılara ve yanlış anlaşılmalara sebep olabilir. Ama üç boyutlu anlatım gerçek hayattaki algılara daha yakın olduğu için algılama yönünden daha kuvvetli bir anlatımdır. Geleneksel tasarım süreci, görsel düşünceye dayalı, tasarım düşüncesinin temsil ortamında çizim, maket gibi tekniklerle geliştirildiği ve biçimlendiği bir süreç olarak tanımlanmıştır (Turan, 2011).

3B kent modeli, temel kent objelerinin, yapıların özellikle de binaların 3 boyutlu geometrisini sunmaya yarayan modellerdir (Biljecki, vd., 2015). 3B kent modelleri, genellikle gelecek ile ilgili olarak, şehir verileri üzerinde keşif, analiz, sentez gibi kestirimleri yapmak için kullanılmaktadır. 3B kent modellerinin en önemli özelliklerinden biri de farklı mekânsal bilgileri aynı ortamda bütünleştirerek, karmaşık kent modellerini oluşturup farklı amaçlar için kullanımını sağlamaktır. 3B kent modellerinin çok sayıda etkin kullanıcı grubu ve etkili kullanım alanı vardır (Yücel ve Selçuk, 2009). 3B şehir modeline ilişkin bir örnek Şekil 7’ de gösterilmiştir.



Şekil 7. Prosedürel modelleme ile üretilmiş 3B kent modeli (Url-3, 2018)

3B kent modellerini üretebilmek için en temel bileşen 3B konumsal veridir. 3B konumsal veri setlerinin üretiminde farklı yöntemler, yazılımlar ve mimariler mevcuttur, bu

yöntemlere ilişkin detaylı bilgiler tezin ilerleyen bölümlerinde verilmiştir. 3B kent modellerinin kullanım alanı oldukça geniştir, (Batty vd., 2000) ve (Bljecki vd., 2015) yaptıkları sınıflandırma çalışmalarında 3B kent modellerinin kullanım alanlarını 12 temel sınıfa ayırmışlardır. Bu sınıflar; acil durum servisleri, kent planlama, telekomünikasyon, mimari, altyapı hizmetleri, e-ticaret, çevre yönetimi, ekonomik gelişim, mülkiyet yönetimi, turizm-eğlence, eğitim ve kent bilgi sistemleri / portalları olarak tanımlanmıştır.

3B gösterimler bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerden sonra popüler hale gelmiştir. 3B kent modelleri değişik alanlarda kullanılmakta ve gün geçtikçe buna duyulan ihtiyaç artmaktadır. Teknolojinin katkısı ile büyük bölgelere ait gerçeğe en yakın 3B kent modellerinin oluşturulmasına olanak sağlayan yazılımlar üretilmiştir. İnşaat, turizm, eğlence, halka açık alanlar gibi konuları kapsayan uygulamalarda yüksek derecede fotografik görseelliğe gereksinim duyulmaktadır. Bu gereksinim sebebiyle dünyada da 3B kent modelleri farklı uygulama alanlarında kendisine yer bulmaktadır (Büyüksalih vd, 2012).



Şekil 8. Fotogrametrik yöntemler ile detay çıkarımı yapılmış solid 3B kent modeli (Tack vd., 2012)

3B kent modelleri üretim teknikleri, veri sunum yöntemleri ve projede hedeflenen ana amaçlara göre oldukça çeşitlilik göstermektedir. Statik veya dinamik yöntemlerle üretilen 3B kent modellerinin kendine özgü avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Son yıllarda CBS tabanlı 3B modellerin üretilmesi ve yaygınlaştırılması için de önemli bilimsel çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Kullanılmakta olan KBS / CBS' ler ile üretilen dinamik 3B kent modellerinin entegre edilmesi, kentsel ve kırsal hizmetlerin yönetilmesinde, kadaströ, altyapı, planlama, turizm, savunma, acil durum yönetimi gibi geniş bir yelpazeye yayılan kullanım alanına sahip olacaktır. Şekil 8' de fotogrametrik yöntemle detay çıkarımı yapılmış bir 3B kent modeli görülmektedir.

1.5.9. Raster Veriler Üzerinde Görüntü İşleme

Dijital görüntü işleme teknikleri hedeflenen amaçlara, elde edilmek istenen detaylara ve işlenen görüntünün türlerine göre yaygın bir çeşitliliğe sahiptir. Uzaktan algılama ve fotogrametri alanlarında bu konuda her geçen gün farklı yeni yöntemler ortaya çıkmaktadır. Tez çalışmasında, raster görüntü işleme teknikleri, mimari planlardan detay çıkarımı amacı ile gerçekleştirilmiştir. Genel olarak uydu görüntüsü veya hava fotoğraflarının kullanılması ile Erdas, E-Cognition gibi programlar aracılığı ile gerçekleştirilen yaygın görüntü işlemlerinin tez çalışmasındaki hedefleri gerçekleştiremeyeceği kanısında varılmıştır. Bu kararın sebebi tez çalışmasının ilerleyen bölümlerinde detaylı olarak anlatılmıştır. Taranmış mimari planlar üzerinde görüntü işleme yapabilmek için genellikle Siyah-Beyaz görüntüler üzerinde olumlu sonuçlar veren algoritmaları ve sembol yakalama yöntemlerini kullanmak gerekmektedir, çünkü hâlihazırda depolanan mimari planların çoğunluğu siyah beyaz paftalardır. Çalışmada ağırlıklı olarak morfolojik görüntü işleme operasyonlarından faydalanılmış bunun için de ArcScan modülü tercih edilmiştir.

1.5.10. Unified Modelling Language (UML)

Unified Modelling Language (UML) yazılımcıların anlaşabilmesi için oluşturulmuş bir standarttır. Adında dil ifadesi geçse de bir programlama dili değildir. UML kavramsal nesne yönelimli yazılım tasarımında ve de diğer birçok uygulamada standart halini almıştır.

Bu dil bir veri modelinin yapısal şemasını kavramsal düzeyde modellemek için kullanılabilir. Sınıf diyagramları, nesne diyagramları, aktivite diyagramları gibi birçok UML diyagramı bulunmaktadır. Bir sistemin statik yapısını tanımlamak için sınıf ve nesne diyagramları kullanılmaktadır. Her iki diyagram da sistemin elemanlarını ve yapısal ilişkilerini gösterir. Sınıf diyagramı sistemdeki sınıfları öznelikleri, işlemleri, ilişkileri ve kısıtlamalarıyla birlikte içermektedir. Bu sınıf diyagramı nesnelerin yapısını ve kısıtlamalarını içermektedir. Nesne diyagramı nesnenin herhangi bir andaki temsili olup sınıf diyagramı yapısına göre oluşturulur. (Warmer ve Kleppe, 1998; Booch vd., 2000; Fowler, 2004; Döner, 2010). UML'in başlıca hedefleri; Obje-yönelimli konseptleri kullanarak sistemleri modelleyebilmek, uygulanabilir eserlerin kavramsal modelleri ile ilgili net bağlar kurmak, kritik ve kompleks işlemlerde sorunları ölçeklendirmek ve hem insanlar hem de makineler tarafından anlaşılabilir bir standart oluşturmaktır (Chonoles, 2018). UML programlama dili farklı türlerdeki mesleklerin veritabanı tasarımı ve yazılım üretme amacı olduğu gibi haritacılık, özellikle de CBS alanında yazılım geliştirme faaliyetlerinde de kullanılmaktadır. UML' de tasarlanan veritabanları sayesinde yazılım konusunda uzman fakat CBS bilgisi eksik olan yazılım geliştiricileri de tasarlanan sistemi anlayabileceklerdir.

1.5.11. Birlikte Çalışabilirlik ve Standartlaşma

Coğrafi veri ve 3B modeller ilgili standartlar yıllara yayılan süreçleri içerisinde farklı amaçlara yönelik hedefler doğrultusunda gelişmektedir. Bu amaçlar modelleme, görselleştirme, veri yönetimi ve veri değişimi konularında olmuştur. Standartlar, büyük ticari firmalar ya da bağımsız standartlaştırma organizasyonları tarafından ortaya atılmaktadır. CAD ve CBS alanında oluşan endüstriyel standartlardan bazıları “de facto” olarak gerçekleşmekte (.dxf, .shp) bazı standartlar ise açık kaynak kodlu (.kml) olarak firmalar tarafından üretilmektedir. Bağımsız standartlaştırma organizasyonlar tarafından 3B şehir modelleri konusunda geliştirilen en önemli standart ise Open Geospatial Consortium (OGC) tarafından oluşturulan City GML' dir. Farklı kaynaklarca üretilen bu standartlar teknolojinin gelişmesi, ihtiyaçların çoğalması veya hizmet çeşitliliklerinin artması gibi sebeplere bağlı olarak değişmektedir. Özellikle 3B şehir modelleme ve 3B CBS alanında oluşturulan standartlar henüz statik bir yapıda değildir, evrimsel sürecini dinamik yapıda devam ettirmektedir.

CBS endüstri birliği olarak kabul edilen Open Geospatial Consortium (OGC), coğrafi bilgi teknolojilerinin birlikte çalışabilirliğini sağlamak ve iyileştirmek için çalışan üye kuruluş ve şirketlerden oluşmaktadır. OGC'nin vizyonu, coğrafi bilgi kullanan ya da ihtiyaç duyan herkesin yararlanabildiği bir ağ, uygulama veya platformun oluşmasını sağlamaktır. Misyonu ise ilgili arayüz ve teknik standartların tüm kullanıcılara açık hale getirilmesidir. Coğrafi İşaretleme Dili olan GML; OGC tarafından geliştirilen, XML şema tanımına göre coğrafi varlıkların geometri ve öznitelik bilgilerinin modellenmesi, depolanması ve iletilmesini sağlayan bir dildir. GML, ayrıca ISO 191XX serisini standartları temel almaktadır (Aydınoğlu, 2009). OGC kuruluşu kendi web sayfasında güncel olarak, standartları, uygulama şemalarını ve kodlama kurallarını yayınlamaktadır. Böylece coğrafi bilgi üretiminde ve paylaşımında standart bir altyapı sunamaya çalışmaktadır.

1.5.12. 3B CBS Analizleri

3B kent modelleri ya da CBS ile artık günümüzde sunumun yanı sıra, görselleştirme, 3B analiz ve sorgulamalar yapılabilmektedir. 3B modeller çevremizdeki varlıklar hakkında geçmiş ve bugün arasındaki bağları anlayarak, analiz yapabilme sorgulayabilme imkânı sunmaktadır (Manfredini & Remondino, 2012). 3B coğrafi analiz ve sorguların yapısı, kullanılan sistemin fonksiyonallığına ve detayların zenginliğine, hassasiyetine bağlı olarak değişmektedir. Gelişen yeni teknolojilerle birlikte 3B analiz ve sorguların çeşitliliği artmaktadır.

1.5.12.1. 2.5 B Yüzey Üzerinde Yapılan 3B Analizler

2.5B yüzey üzerinde uzun zamandır 3B analizler yapılabilmektedir ve bu analizler genellikle raster tabanlı veri setleri üzerinden gerçekleştirilmektedir. Aşağıda genel olarak bilinen ve CBS analistleri tarafından sıklıkla uygulanan türleri açıklanmıştır.

Eğim analizi: Arazi yüzeylerinin yataydan olan sapmaları eğim (slope) olarak bilinir. Eğim durulun noktadan olan düşey mesafenin yatay mesafeye oranının tanjant açısıyla ölçülmesidir (Yomralıoğlu, 2005). Eğim analizleri, özellikle karayolu, demiryolu gibi yol

ağı planlamalarında, kent planlama, yer seçimi ve yer tahsisi analizlerinde, sel-heyelan-çığ gibi doğal afetlerin önceden tespitinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bakı analizi: Arazi yüzeyindeki bir noktadaki bakı (aspect) o noktadan geçen teğet düzlemin baktığı yön olup, derece (kuzeyden itibaren saat açısı yönünde tanımlanan) açı olarak ifade edilir (Yomralıoğlu, 2005). Bakı analizini kullananlar bazen bir noktanın ya da bölgenin hangi yöne baktığını planlama amaçları ile bazen güneşlenme sürelerinin hesaplanmasında (solar analizler) bazen de askeri/güvenlik uygulamaları için kullanılmaktadır.

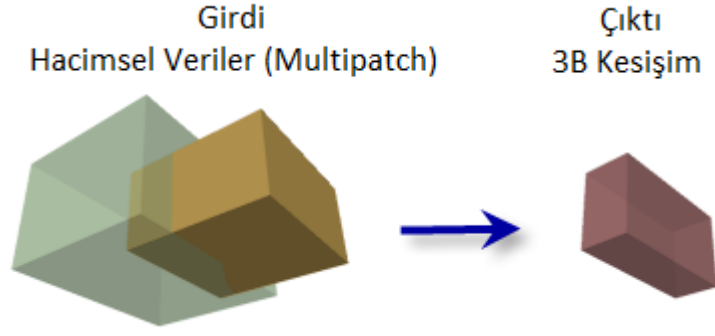
Görünürlük analizi: Arazi üzerinde gözlemci nokta üzerinden bakıldığında gözlemci noktanın görüş alanı içerisinde olan ve olmayan alanların tespit edilmesine yarar. CBS’de önceden beri kullanılagelen görünürlük analizleri yeni nesil 3B CBS’lerde Skyline Görünürlük ve Skyline Bariyer analizler ile zenginleştirilmiştir.

Hacimsel (Volumetric) analizler: İki farklı arazi yüzeyinin modeli arasında kıyaslama ya da tek bir yüzeyin farklı kotları arasındaki hacimsel farklılıkları tespit etme amaç ile yapılmaktadır. İnşaat işlerinde (kübaj hesabı, yarma-dolgu), CBS tabanlı jeolojik çalışmalarda ve maden rezerv analizlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Son zamanlarda hacimsel analizlere kentsel veriler üzerinden (bina, yapı vb.) gerçekleştirilebilen hacimsel analiz türleri de eklenmiştir.

1.5.12.2. 3B Yüzey Üzerinde Yapılan 3B Analizler

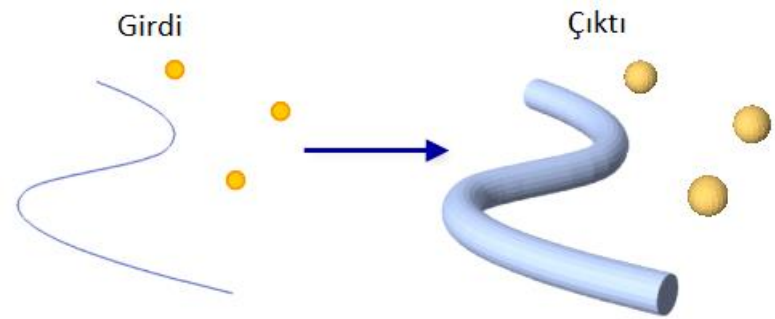
2.5B yüzey üzerinde yapılan 3B analizlerin neredeyse tamamı 3B yüzeyi temsil eden veri setleri veya modeller üzerinden de uygulanabilmektedir. Bu analizlere ek olarak 3B arazi yüzeyi üzerinde gerçekleştirilebilen ve gelişme sürecini devam ettirmekte olan 3B CBS analizleri aşağıda belirtilmiştir.

3B kesişim (Intersect): İki farklı hacimsel nesnenin 3 boyutlu uzaydaki paylaştıkları ortak alanların tespiti için kullanılmaktadır. Esri mimarisinde multipatch veri formatı ile bu işlem gerçekleştirilmektedir. Haritacılık faaliyetlerinde özellikle 3B irtifak hakkı tespitinde kullanılabilmesi mümkündür. Şekil 9’da bu analizin öncesi ve sonrası durumu gösterilmiştir.



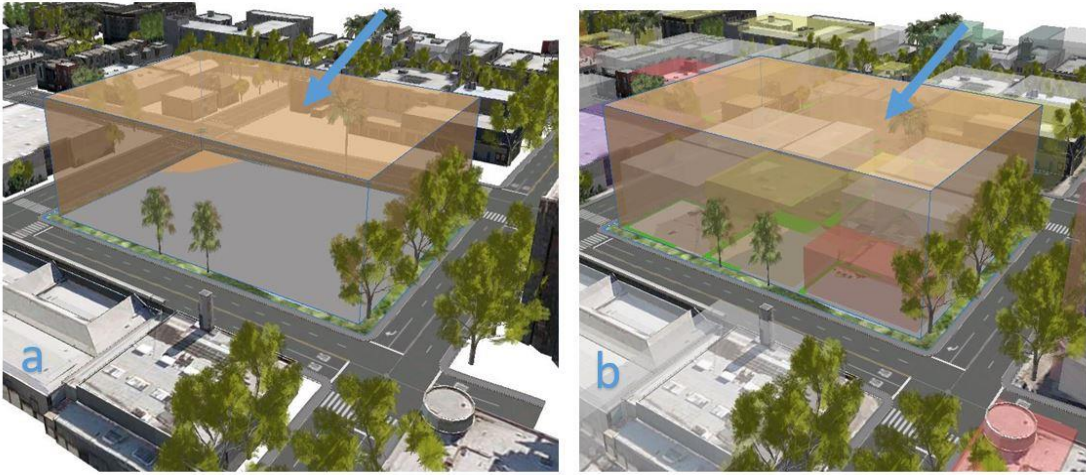
Şekil 9. 3B kesişim analizi (Url-4, 2017)

3B buffer (Yakınlık): Genellikle noktasal ve çizgisel detayların kendilerine istenen mesafelere göre 3B uzaydaki hacimsel bölgenin temsil edilmesidir. Analizin girdi ürünü 2B veri olup sonuç ürün 3B küre, kübik cisim ya da silindirik cisimdir. Çizgisel veri temsili ile sunulan elektrik hattı, su hattı, kanalizasyon hattı gibi nesnelerin tehlike analizlerinde veya planlama süreçlerinde etkin bir şekilde kullanılabilir. Şekil 10’ da 3B buffer analizi gösterilmiştir.



Şekil 10. 3B buffer analizi (Url-5, 2017)

3B içerik (Inside 3D) analizi: 3B modelleri oluşturulmuş nesnelerin birbirini kısmen veya tamamen içerip içermemesi yani, geometrilerinin birbirini kapsayıp kapsamama durumunun analiz edilmesi işlemine Inside 3D analizi denilmektedir. Özellikle bina, bağımsız bölüme ve ek yapı geometrilerinin 3B analizlerinde kullanılabilir. Şekil 11’ de bu analiz gösterilmiştir.



Şekil 11. 3B içerik analizi (a) analiz öncesi durum ve (b) sonrası durum

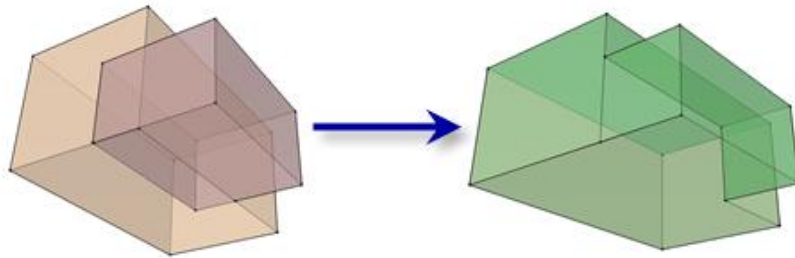
3B görünürlük ufuk çizgisi analizi (3D Skyline): Bu 3B analizin klasik görünürlük analizinden farkı analiz sonuçlarının gözlemlenen noktadan, görülebilecek bölgeleri doğrusal ışınlar ile ifade etmesidir, 3B görünürlük ufuk çizgisi analizi silüet analizlerinde de kullanılabilmektedir. Analizin sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için gözlemci nokta ve gözlemlenen alandaki detayların da 3B modellenmiş olması gerekmektedir.

3B güneşlenme analizi (Solar analiz): Solar analizlerin 2B ve 3B sistemler ile yapılan farklı yöntemleri bulunmaktadır. 2B sistemlerde genellikle Çok Kriterli Karar Destek Sistemleri (ÇKKV) ile yapılmaktadır. 3B sistemlerde ise çalışmalarda genel kabul gören solar analiz metodu binaların yüksekliklerinin 3B modelleri üzerinden yapılan analizlerdir (Li vd., 2015). Şekil 12’ de binaların solar analiz sonuçları gösterilmiştir. Bu analiz sonucunda, binaların çatı ve duvarlarında günlük, ayık veya yıllık periyotlarda ne kadar güneş ışığı alacağı tespit edilebilmektedir.



Şekil 12. 3B Solar analizlerin bina bazında yapılışı (Url-6, 2018)

3B birleştirme: 3B birleştirme analizi ile iki farklı 3B modeli üretilmiş iki farklı nesnenin hem geometrik hem de öznitelik verileri olarak bir araya getirilmesi, tek bir model nesnesi olarak yeniden tasarlanmasıdır. Genellikle iki farklı katı cisim (solid) cisimlerin birleştirilmesinde kullanılmaktadır.



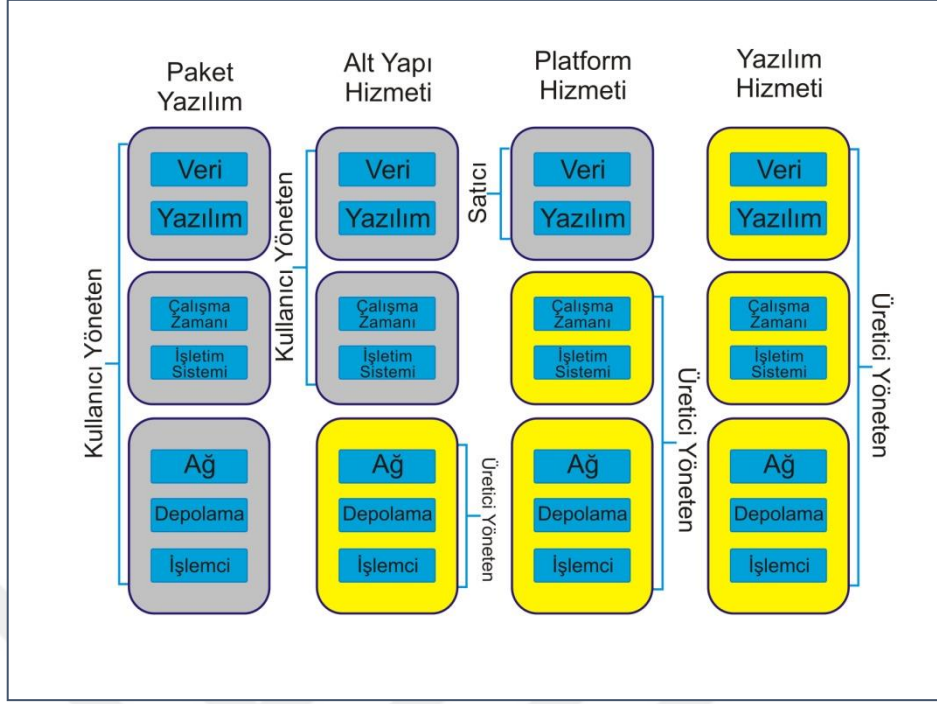
Şekil 13. 3B birleştirme analizi

3B fark: 3B modeli üretilmiş iki farklı nesnenin geometrik farklarını tespit etmeye yarayan analiz türüdür. Genellikle iki farklı katı cisim (solid) cisimlerin farklılıklarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu analizin uygulanabilmesi için 3B model nesnelerinin dış sınırlarının tamamen belirlenmiş olması gerekmektedir, açık sınırı belirli olmayan 3B analiz denemelerinde sonuçlar hatalı olmaktadır.

3B yakınlık: Bu analiz modeli sayesinde 3B modelleri üretilmiş nesnelerin birbiri ile arasındaki mesafelerin 3B analizleri yapılabilmektedir. Analizin sonuç ürünleri geometrik ve ilişkileri belirten tablosal verilerdir, bu tablolarda x, y, z yönündeki farklar yatay ve düşey açı farkları ve en yakın 3B modelin id (kod) bilgilerini belirten parametreler bulunmaktadır.

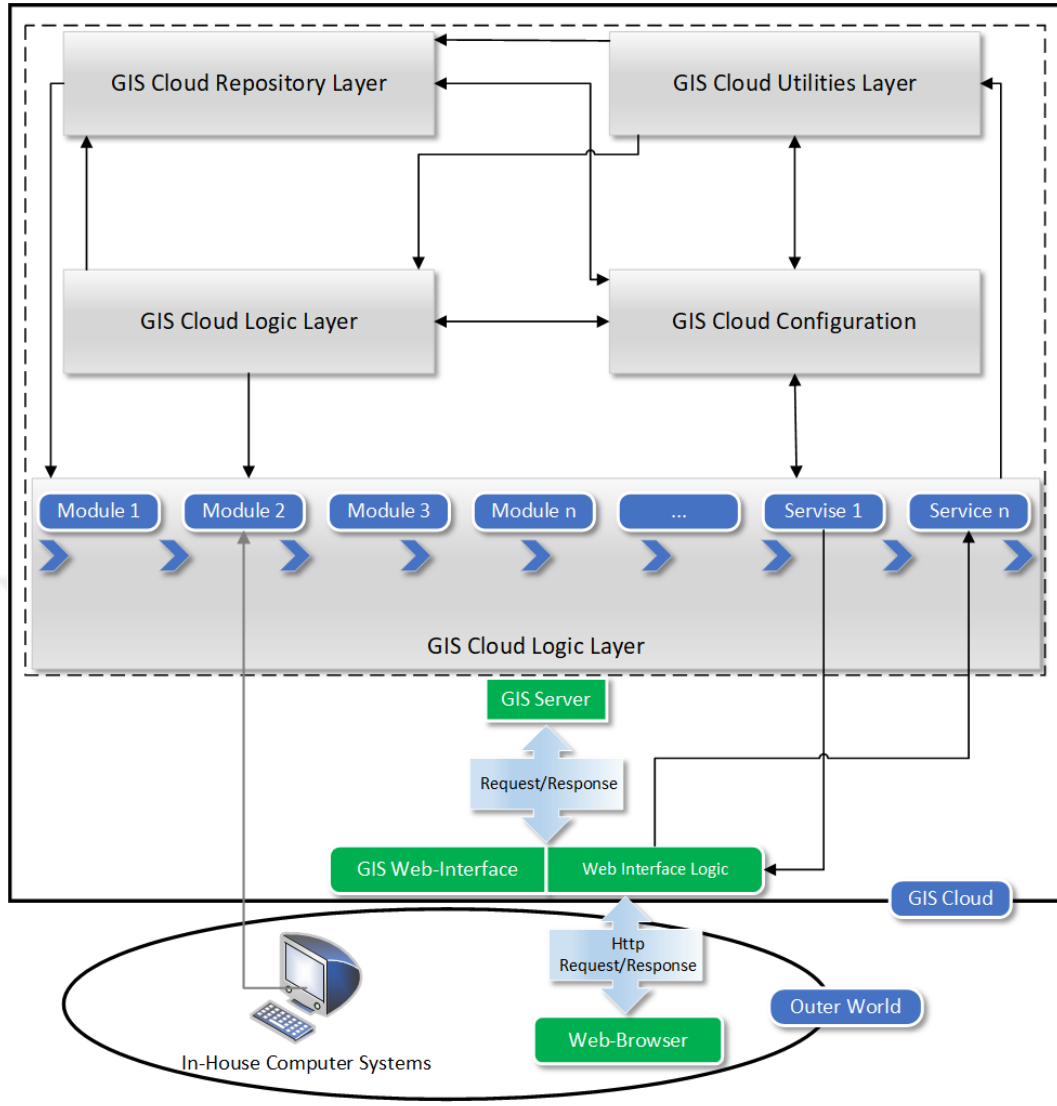
1.5.13. Bulut Bilişim ve Bulut CBS Teknolojileri

Son yıllarda internet altyapısında veri depolama ve veri paylaşımı için Bulut Bilişim (BB) teknolojileri olarak isimlendirilen yeni bir teknoloji geliştirilmiştir. BB, donanım, yazılım ve işletim sistemi gibi bilgisayar kaynaklarının, sabit bilgisayarlarda diğer cihazlardan bağımsız olarak kullanılması yerine, kaynakların yüksek kapasitelerdeki merkezi bilgisayarlardan kullanıcıların ihtiyaçları ile orantılı olarak dağıtılmasıdır. Bu teknolojiye kullanıcılar, BB teknolojisi ile sunulan hizmetlere, web servislerine erişebilmek için özel yazılımlar veya işletim sistemi kurmak zorunda kalmazlar. Veriler merkezi sunucularda barındırıldığı için kişisel bilgisayarlarının donanımsal açıdan yüksek kapasitelerde olması bir zorunluluk değildir. Veri erişimi, görüntülemesi ve değişikliği genellikle web tarayıcıları veya kurulumu kolay bilgisayar hafızasında fazla yer tutmayan programlar aracılığı ile yapıldığından, BB teknolojisinin kullanımı mekâna olan bağımlılığı azaltmaktadır. BB, ağ, sunucu, depolama, uygulama ve servisler gibi düzenlenebilen bilgisayar kaynaklarına ait paylaşım havuzuna, talebe uygun ağ erişimi sağlayan bir teknolojidir (Mell ve Grance, 2010). BB oldukça esnek bir yapıya sahiptir ve diğer teknolojik uygulamalar ile birlikte entegrasyonu sonucunda işlevsel ürünler ortaya koymaktadır (Stergiou vd., 2018).



Şekil 14. BB hizmet modelleri

BB' nin ana felsefesi; altyapı, işletim sistemi ve yazılım sunmak için görselleştirilmiş bir bilgi işlem havuzu kurarak hizmetlerin ağ üzerinden dağıtılmasıdır (Che vd., 2011). CBS ile yapılan veri görüntüleme-değiştirme-yayımlama ve coğrafi analiz gibi işlemlerin, BB teknolojisi kullanılarak yapılmasına Konumsal Bulut Bilişim (Bulut CBS) denilmektedir. Bulut CBS, geleneksel CBS uygulamalarını geliştirerek kullanıcılara kapsamlı bir hizmet sunmak için etkili bir araçtır. BB hizmet modelleri Şekil 14' te gösterilmiştir. Ayrıca BB sistem mimarisi ise Şekil 15' te sunulmuştur. CBS uygulamalarında BB' ye olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Bulut CBS özellikle optimizasyonun ve maliyet azaltılmasının önemli olduğu birçok işte, yetkin araçlar sağlamaktadır. Bulut CBS, organizasyonların coğrafi verilerin kolayca erişip, yayımlayabilmesi için web servisleri ve uygulamalar sunmaktadır (Bhat vd., 2011). 3B modellerin internet üzerinden paylaşılmasında ve yönetilmesinde klasik sunucu ya da bulut mimarisi tercih edilebilecek iki farklı seçimdir. Bulut teknolojisi, sistemin otomatik güncellenmesi, sanallaştırma desteği ile büyük boyutlardaki 3B CBS modellerin internete açılmasını mümkün hale getirmektedir.



Şekil 15. Bulut CBS Sistem Mimarisi (Bhat vd., 2011)

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

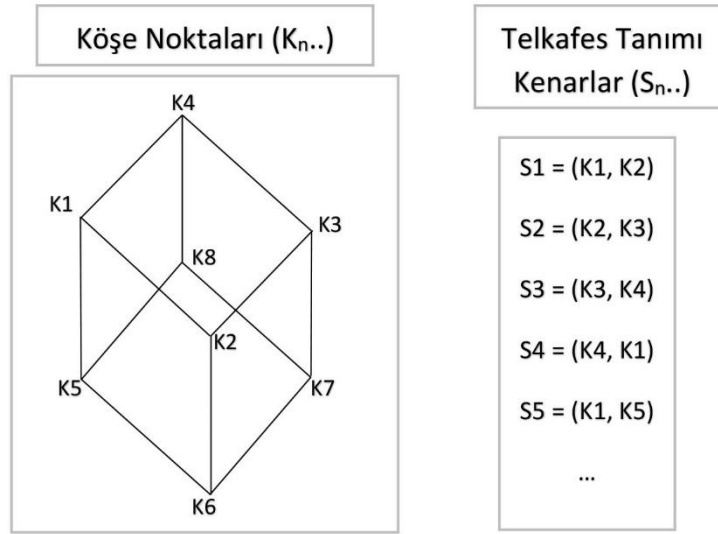
2.1. Mevcut Durum Analizi

2.1.1. 3B Modellemede Veri Sunum Türleri ve Karşılaştırılması

3B modelleme yaklaşımlarını sınıflandırabilmek ve temel farklılıkları ortaya çıkarabilmek için en temel ayrım noktaları, kullanılan 3B veri türü ya da 3B sunum şekline bağlı olarak değişmektedir. Söz konusu veri türlerini ve sunum şekillerini kullanan çok sayıda yazılım, veri formatı (uzantı) ve platform bulunmaktadır. 3B modellemede temel ayrım noktası olan bu parametrelerden 3B verilerin sunum türlerindeki değişikliklere göre sınıflandırma yapılmış ve bu yöntemler üzerinden farklılıklar anlatılmaya çalışılmıştır. Bu araştırmanın sebebi, 3B modelleme çalışmalarında veri sunum yöntemi tercihinin amaca göre modelleme süreçlerinin başlangıcından itibaren belirlenmesi gerektiğidir. 3B verilerin bilgisayarda depolama yöntemleri ve veri üretme araçlarının seçimi de bazen bu yöntem seçimine göre değişmektedir.

2.1.1.1. Wireframe (Telkafes) Yöntemi

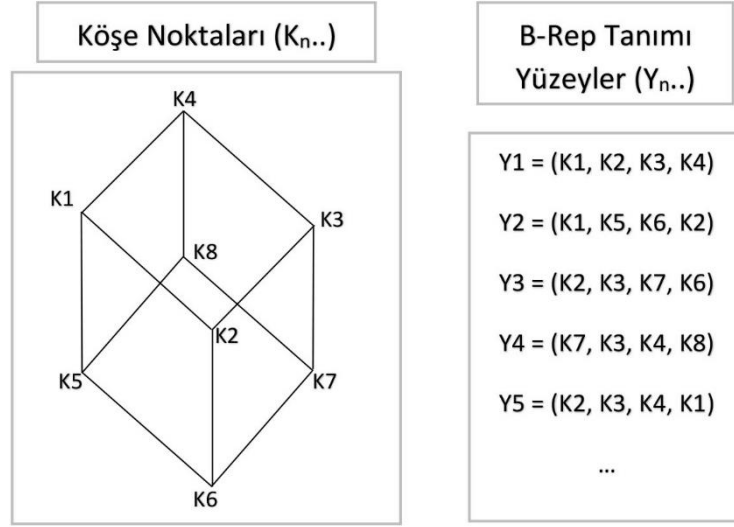
Nesnelerin çizgiler yardımı ile 3B olarak temsil edilmesidir. Türkçe karşılığı tel çerçeve ya da iskelet olarak ta ifade edilebilir. Cisimlerin grafik 3B modellenmesine ilişkin ilk yaklaşımlar oluşturulurken, modelleme aşamaları telkafes modelleme ve doku giydirme olarak ikiye ayrılmış ve bu şekilde doğal görünüme yakın bir model elde edilmeye çalışılmıştır (Niem ve Wingbermuhe, 1997). Telkafes yönteminde 3B geometriyi sunabilmek için veri yapısında çizgilerin başlangıç ve bitiş noktaları tanımlanır. Aşağıdaki şekilde (Şekil 16) Telkafes yöntemine ait görünüm ve detayların nasıl temsil edildiği gösterilmiştir.



Şekil 16. Telkafes (Wireframe) 3B veri sunumunda detayların temsili (Url-7, 2017)

2.1.1.2. B-Rep (Sınır Gösterimi) Yöntemi

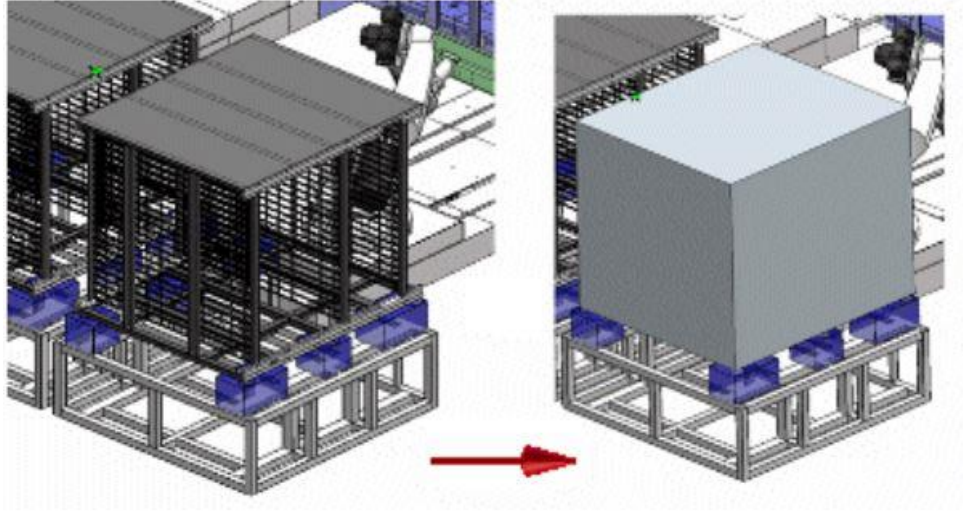
B-Rep veri yapısı, 3B nesnelerin matematiksel olarak tanımlanmasında önceden tanımlanmış olan, nokta, çizgi, yüzey ve hacimlerin kombinasyonundan oluşan bir sunum şeklidir, yüzey genellikle poligonlarla temsil edilir (Abdul-Rahman ve Pilouk, 2007). 3B modelleme çalışmalarda en sık kullanılan veri türlerinden birisidir (Şekil 17). Boundary Representation kelimelerinin kısaltmasıdır.



Şekil 17. B-Rep 3B veri sunumunda detayların temsili (Url-7, 2017)

2.1.1.3. Solid (Katı Cisim) Yöntemi

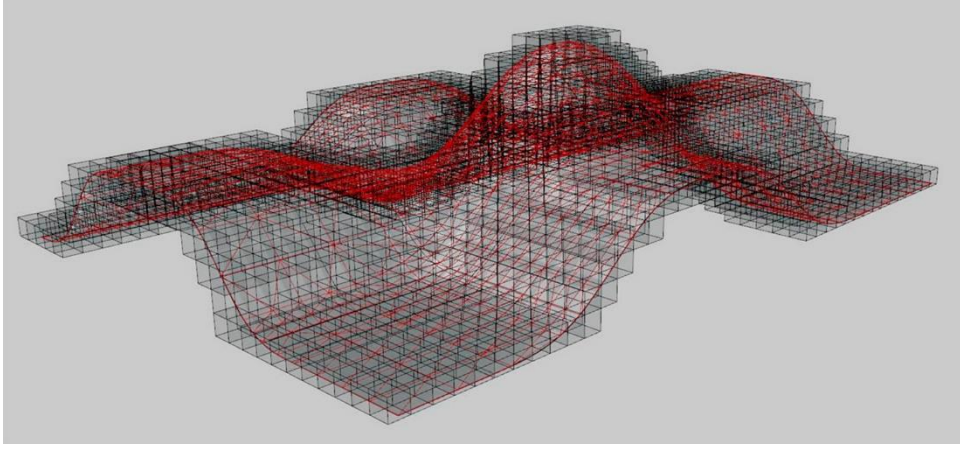
Solid kelime olarak katı cisim anlamına gelmektedir. Bu veri yapısında 3 boyutlu Öklit geometrisi kullanılarak nesneler tanımlanır. Solid modelleme fiziksel objelerin geometri ve hacimlerini tanımlayabilmek için hassas yöntemlerden birisidir (Şekil 18). Solid modelleme özellikle CAD alanında ve mekanik tasarımlarda rutin olarak kullanılmaktadır. Yüzey modelleme ile kıyaslandığında uzman bilgisayar kullanıcısına ihtiyaç duyulmadan 3B model üretimini mümkün kılmaktadır. Üretilen solid modeller istenilen hedefler doğrultusunda kesilebilir, formu değiştirilebilir ve yönetilebilir. Bazı çalışmalarda arkeologlar tarafından da kullanılmaktadır (Rose, 2015).



Şekil 18. Bir yapının katı cisim modeli (Url-8, 2017)

2.1.1.4. Voxel Yöntemi

İngilizce volume pyxel (hacimsel piksel) kelimelerinin kısaltması olan Voxel, klasik Grid yapısında piksel olarak bildiğimiz nesnelerin 3B uzayda hacimsel piksellerle tanımlanmasına yarayan veri yapısıdır. Tıp alanında farklı uygulama alanları vardır ve kullanılmaktadır. Son zamanlarda, CBS tabanlı 3B modelleme alanında kullanımına yönelik çalışmalarda da test çalışmaları yapılmaktadır. Mozaik veri yapısında sunum şekillerinden birisi de Voxel türüdür. Bir voxel 3B pikselin hacim elemanıdır. 3B bir obje, 3B kübik veya küresel dizilimde içerisinde de veri değerlerini barındıracak şekilde depolanır. Özellikle toprak, jeoloji gibi sürekli fenomene sahip yüzey elemanlarının temsilde kullanımı uygundur. Dezavantajlarından birisi yüksek çözünürlüklü voxel veri yapısında işlem yapılan bilgisayarda yüksek kapasite zorunludur diğer bir dezavantajı ise yüzey elemanları özellikle doğal yüzeydeki elemanlar her zaman düzenli bir dağılıma sahip olmayacaktır, dağınıklıklar modelleme süreçlerini zorlaştırmaktadır (Stoter ve Zlatonova, 2009). Yapılan araştırmalarda doğrudan voxel veri üretimine pek rastlanmamış olup genellikle diğer 3B veri yapıları temel alınarak voxel veri yapısına dönüşüm yapılmaktadır ve bu işlem “voxelization” olarak tanımlanmaktadır Örnek olarak Şekil 19’ da Voxel yapısındaki bir yüzey temsili sunulmuştur.



Şekil 19. Voxelize edilerek temsil edilmiş bir yüzey (Nourian vd., 2016)

2.1.1.5. Nokta Bulutu Yöntemi

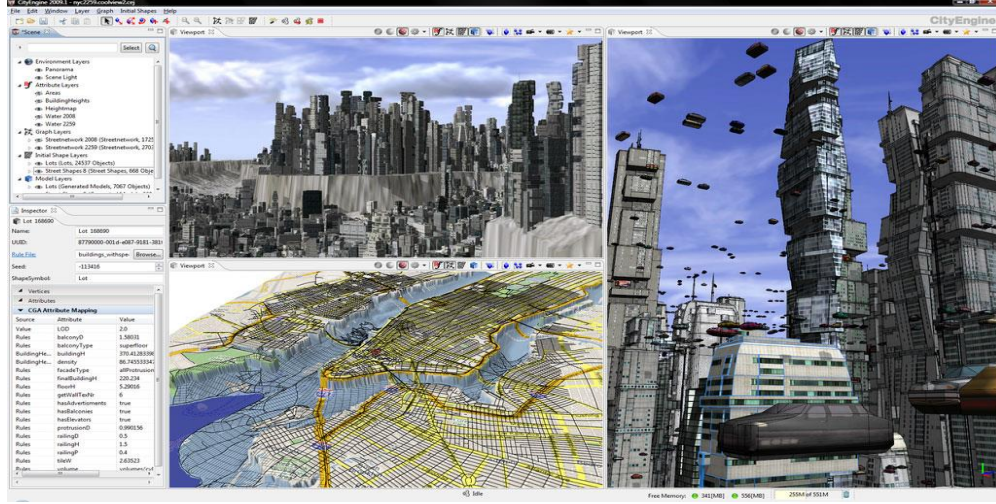
Cisimler ile (Ör: Bina) ölçüm yapan cihaz arasındaki mesafenin tespit edilmesi esasına dayanır. Yersel veya havadan ölçme yöntemleri ile nesneleri 3B modelleyebilmek için oluşturulan cisimlerin yüzeylerinin x, y, z koordinat bilgisi içeren ardışık nokta bulutları ile temsil edilmesidir. Özellikle lazer tarayıcılar ve LIDAR cihazları ile nokta bulutları hassas bir şekilde üretilmekte ve çalışılmaktadır. Yöntem çok hassas olmakla birlikte bazen doğrudan kullanımı zor olmaktadır, bu amaçla bazen TIN veya Voxel veri türlerine dönüşüm için çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Nokta bulutu verisi ile 3B görselleştirme Şekil 20’ de gösterilmiştir.



Şekil 20. Renklendirilmiş 3 boyutlu nokta bulutu verisi (Cömert vd., 2012)

2.1.1.6. Prosedürel (Parametrik) Yöntem

Cisimlerin geometrilerinin parametreler üzerinden prosedürlerle tanımlanmasıdır. Bu yöntemde geometriler algoritmalar ile tanımlanır. Bu sistemde model geometrisi oluşturma ve cephe giydirme kural algoritmaları ile gerçekleştirilebilir (Parish ve Müeller, 2001). Bu yöntemin en önemli avantajı modellerin hiyerarşik bir yapıda üretilmesi ve modellerin notasyonlarının model üretimi esnasında tanımlanmasıdır. Prosedürel varyasyonların yeniden kullanımı için semantik bilgi önemlidir bu şekilde büyük şehirlerin bile mimari şemaları çıkartılabilmekte şehrin tamamı modellenenbilmektedir (Müeller vd., 2006). Prosedürel modelleme ile 3B kent modeli üretme kavramı ilk olarak 2001’ de (Parish ve Müeller, 2001), 2003 te (Wonka vd., 2003) tarafından ortaya atılmıştır. Bu yöntemler üretilen detaylı bir dijital şehir modeli Şekil 21’ de sunulmuştur.



Şekil 21. Prosedürel modelleme ile üretilmiş bir 3B kent modeli (City Engine)

2.1.1.7. Karşılaştırma ve Değerlendirme

Tez çalışmasının mevcut durumun irdelenmesi bölümünde günümüze kadar kullanılan veri sunum yöntemleri detaylı olarak incelenmiş ve yukarda özet bilgiler verilmiştir. Çalışmalar sonucunda incelenen 6 farklı 3B veri sunum yöntemi farklı amaçlara ve projelere hizmet etmektedir. Literatür aramalar ve mevcut uygulamalar incelendiğinde en sık kullanılan 3B veri sunum yöntemi B-Rep yani Sınır Gösterimi metodudur ve oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bina modelleme amaçları ile de kullanılabilir. Sınır gösterimi tekniği ile yapılan bir çalışmada arzu edilirse telkafes sunumuna geçiş çok kolay olmaktadır. Voxel veri yapısı ise yeni bir yaklaşımdır ve bir nevi CBS deki Raster veri mantığının 3B karşılığı olarak ifade edilebilir. Voxel veri yapısında çalışmanın bazı avantajları ile birlikte komplike yapısından dolayı uygulamada zorluklar yaşatabileceği görülmüştür. Solid 3B veri sunumu ise yine en çok kullanılan 3B veri sunum yöntemlerinden birisidir. Hem CAD hem CBS uygulamaları için kullanımı uygundur. Prosedürel modelleme irdelendiğinde ise CBS tabanlı 3B modelleme için en uygun yöntemlerden birisi olduğu kanaatine varılmıştır. Bu kanaate varılmasının sebebi ise Prosedürel modelleme süreçlerinin oldukça dinamik olması, hızlı değişikliklere izin vermesi ve daha da önemlisi 2B geometri ve öznitelik verisi üzerinden kodlar aracılığı ile 3B model üretmeyi mümkün kılmasıdır. Bu özellik prosedürel modellemede CBS tabanlı olabilmesini sağlamaktadır. Prosedürel modelleme yönteminin bir diğer avantajı ise 3B modellerdeki poligon sayısını azaltarak sistemin yüksek sayıda 3B

modeli içermesini ve internet üzerinden sunumunu pratik hale getirmesidir. Bütün karşılaştırma ve değerlendirmeler sonucunda 3B kent modellerinin CBS tabanlı yapılması durumunda mevcut prosedürel veri sunum modelinin özellikle de binalar ve ilgili bağımsız bölümlerinin temsilinde oldukça verimli olabileceği kanaatine varılmıştır.

2.1.2. 3B Kent Modelleme ile CBS Alanında Kullanılan 3B Veri Modelleri ve Karşılaştırılması

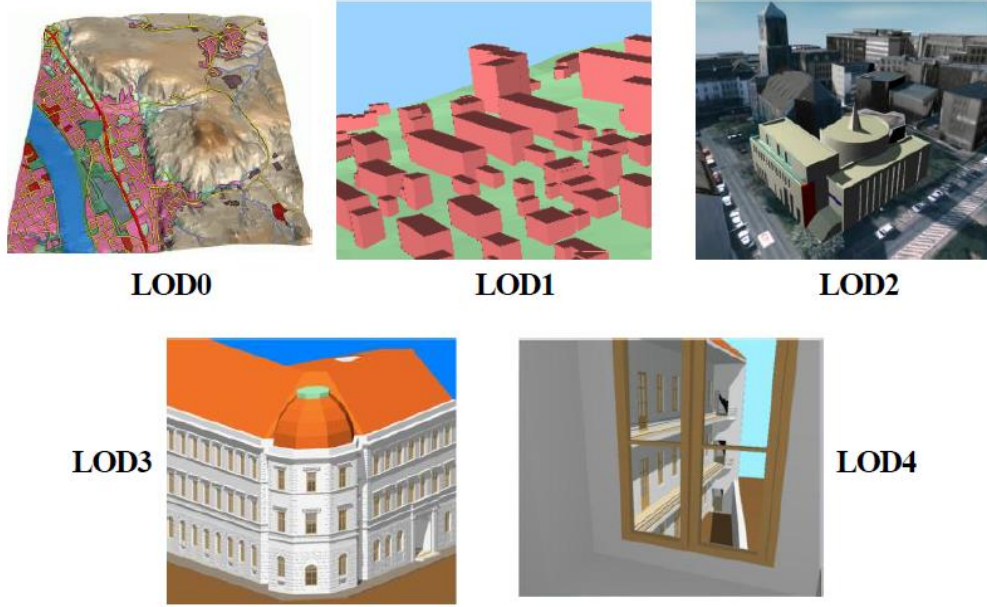
2.1.2.1. City GML

City GML, OGC tarafından sanal şehir modellerini üretebilmek ve yayınlamak için kullanılan XML tabanlı açık veri modelidir. City GML temel olarak Almanya’da Special Interest Group 3D (SIG 3D) üyeleri tarafından geliştirilmiştir. Şu anda gelişimi ve yaşatılması misyonunu OGC üstlenmiştir. City GML, standart GML 3 altyapısının üzerine inşa edilmiştir (Kolbe vd., 2008) Şehirlerde bulunan yol, bina akarsu, köprü ve şehir mobilyalarını 3B modelleyebilmek ve bunların birbiri ile olan ilişkisini tanımlayabilmek için açık standartlar oluşturmaktadır. Şehir objelerinin geometrilerini, özniteliğini ve semantiğini tanımlayan City GML modüller bir yapıdadır ve OGC’ nin ana sayfasından erişilen bu modüller şunlardır:

- Görünüm: Doku ve materyaller
- Köprü: Köprüyle ilişkili materyaller, diğer parçalara bölünebilme ihtimali
- Bina: Binaların dış ve iç tasarımları, binaların kapı, pencere gibi bağımsız bileşenleri
- Şehir Mobilyası: trafik ışıkları, duraklar, işaretler...
- Şehir Obje Grubu: Diğer türlerin obje grupları
- Jenerik: Bariz bir şekilde kapalı olmayan diğer alanlar
- Arazi Kullanımı: Kent, tarım arazisi gibi arazi kullanım türlerini yansıtan alanlar
- Rölyef: Arazinin şekli
- Ulaşım: Karayolları, demiryolları
- Tünel: Tüneller ve diğer parçalara bölünebilme ihtimali
- Vegetasyon: Vegetasyon alanları ya da bağımsız ağaçlar

- Su Kaynakları: Göller, kanallar ve akarsular

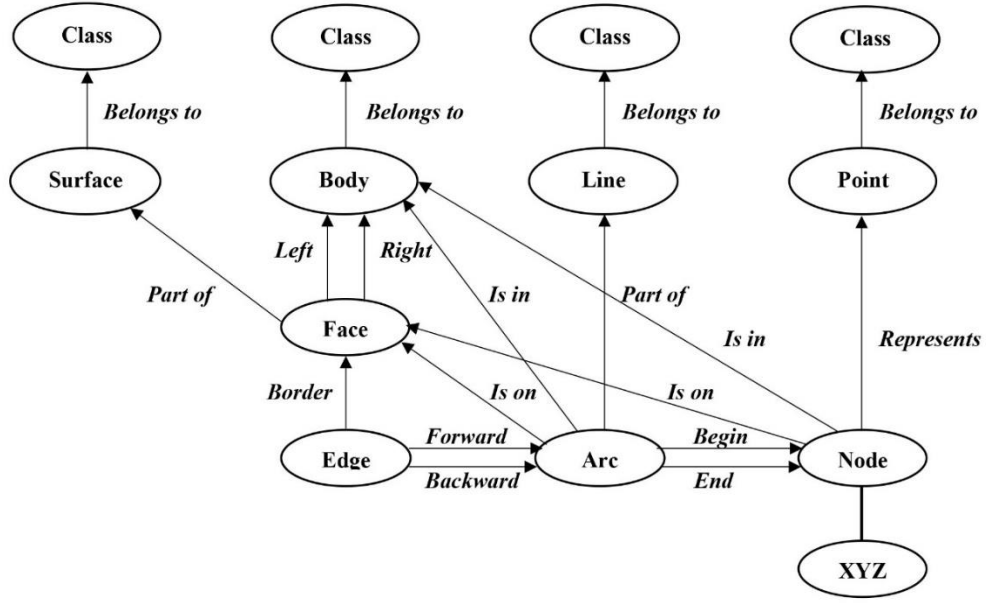
Bu veri modelinin üretilmesindeki temel amaç XML tabanlı ve açık standarda sahip bir 3B kent modeli geliştirmektir. CityGML, GML3.0. geometrik modelini kullanarak veri üretir, ISO 19107 standartlarına dayanmaktadır ve BREP (Sınır Gösterimi) metodu ile 3B objeleri sunar. Konumsal ve semantik özellikleri bulunan bir modeldir (Nguyen-Gia vd., 2017). CityGML’deki detay seviyeleri Şekil 22’de gösterilmiştir.



Şekil 22.City GML’de detay seviyeleri (Level of Detail)

2.1.2.2. 3D FDS (Formal Data Structure)

Objelerin konumsal özelliklerini geometrik ve topolojik entegrasyonları ile birlikte tanımlayan ilk veri modellerinden birisidir ve kavramsal modeli Molenaar (1990) tarafından tanımlanmıştır (Zlatonova vd., 2004a). Oldukça kompleks veri yapısına sahip bir modeldir (Şekil 23).



Şekil 23. 3B Formad Data Structure (3D FDS) modeli (Molenaar, 1990; Zlatonova vd., 2004b)

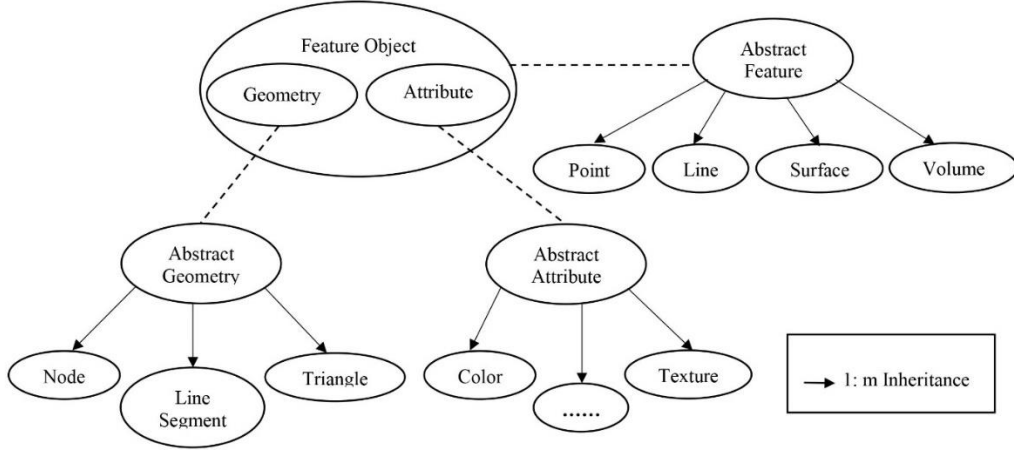
2.1.2.3. 3D TIN (Tetrahedral Network, TEN)

Bilinen Triangular Irrgular Networks (TIN) yapılarının genişletilmiş halidir. Tetrahedral bir TEN, 4 köşe noktası, 6 kenar ve 4 yüzeyden oluşur (Abdul-Rahman ve Pilouk, 2007). Kavramsal modeli Pilouk tarafından 1996 yılında yapılmıştır. Özellikle arazi yüzeylerinin modellenmesinde TIN veri yapısına göre avantajlarının olduğu belirlenmiştir. Görselleştirme aşamasındaki hızı, topolojik ilişki kurma kolaylıkları ve diğer 3B veri türlerine dönüşebilme özellikleri TEN' lerin önemli özellikleri arasındadır. TEN veri modelinde büyük boyutlu veriler ile çalışma zorunluluğu ise dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır.

2.1.2.4. Obje Yönelimli 3B Model (OO Model)

1990 yılında Dela la Losa ve Cervelle tarafından tanıtılmıştır (Shi vd., 2003; Nguyen-Gia, 2017). 3B kent modellerinde kullanılabilmektedir. Obje yönelimli tekniğin avantajı, farklı ihtiyaçlar için yazılım modüllerini büyük çaplı değişiklik yapmadan kullanımına izin

vermesidir (Martin ve Odel, 1993; Shi vd., 2003). Obje yönelimli yaklaşım objeleri obje türüne, obje ilişkisine, operasyon yöntemlerine ve sınır setlerine göre özetleyebilmektedir. Bu veri modelinde objeler, sınıflandırma, özet gösterim, birleştirme, kalıtım, kapsama, ilişki ve çok biçimlilik gibi karakterler bakımından tanımlanabilmektedir (Şekil 24). Bir obje hem veriyi hem de metodu içermektedir (Shi vd., 2003).



Şekil 24. Obje yönelimli 3B veri modeli özet gösterimi (Shi vd., 2003)

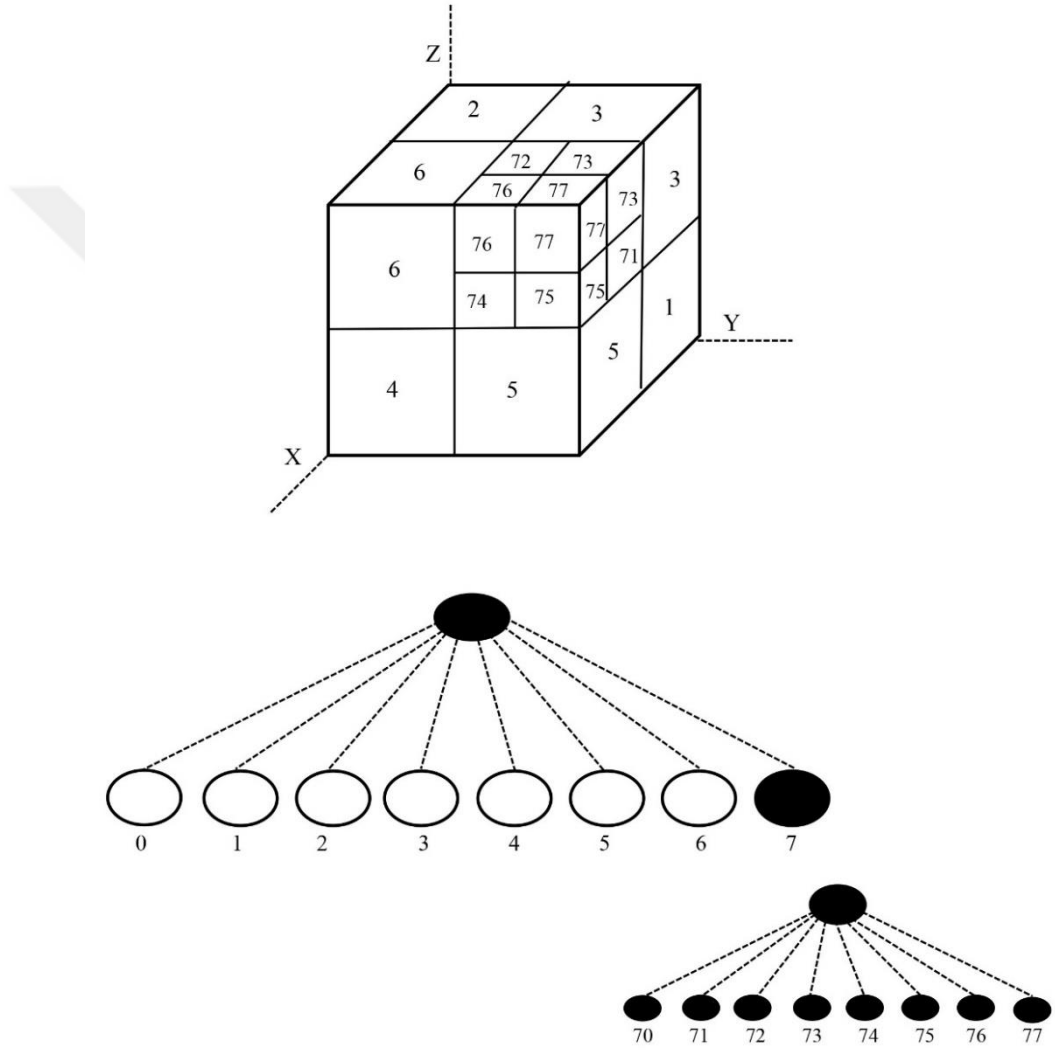
2.1.2.5. 3B Dizilim Modeli (3D Array)

Bu veri modeli oldukça basittir, her bir element 3. Boyutta 0 veya 1 den oluşan değerlerden birisi olarak tanımlanır. 0 ve 1 değerleri arkaplanı ve ön planı temsil eder (Nguyen-Gia vd., 2017). Bu yöntem sunum için Voxel 3B sunum modelini kullanır.

2.1.2.6. Octree Veri Modeli

Octree terimi, obje uzayının kübik bölgelerinin tanımlanmasında hiyerarşik veri yapısının kullanılmasına dayanır, yöntem görüntü işleme ve bilgisayar grafikleri alanında kullanılmıştır (Abdul-Rahman ve Pilouk, 2007). Octree kodlama işlemi, küplerin hiyerarşik dizinlerini belirlenerek konumsal parametrelerini modeller. İlk olarak, obje küboid bir obje uzayında çevrilmiştir daha sonra obje uzayı tekrarlı bir şekilde 8 eşit kübe bölünür bunlar

oktant ya da objeler olarak adlandırılır. Objenin gösterimi tamamlanana kadar alt parçalara (küplere) ayırma işlemi devam eder. Her oktantın oluşturulma esnasında alt bölümlere ayırma seviyeleri 0 ile 7 arasındaki bir rakamla etiketlenir böylece göreceli 3B obje uzayındaki konumları tanımlanmış olur (Dunstan ve Mill, 1989). Octree 3B veri modeli Şekil 25’ te gösterilmiştir.



Şekil 25. Octree veri modeli (Abdul-Rahman ve Pilouk, 2017)

2.1.2.7. Karşılaştırma ve Değerlendirme

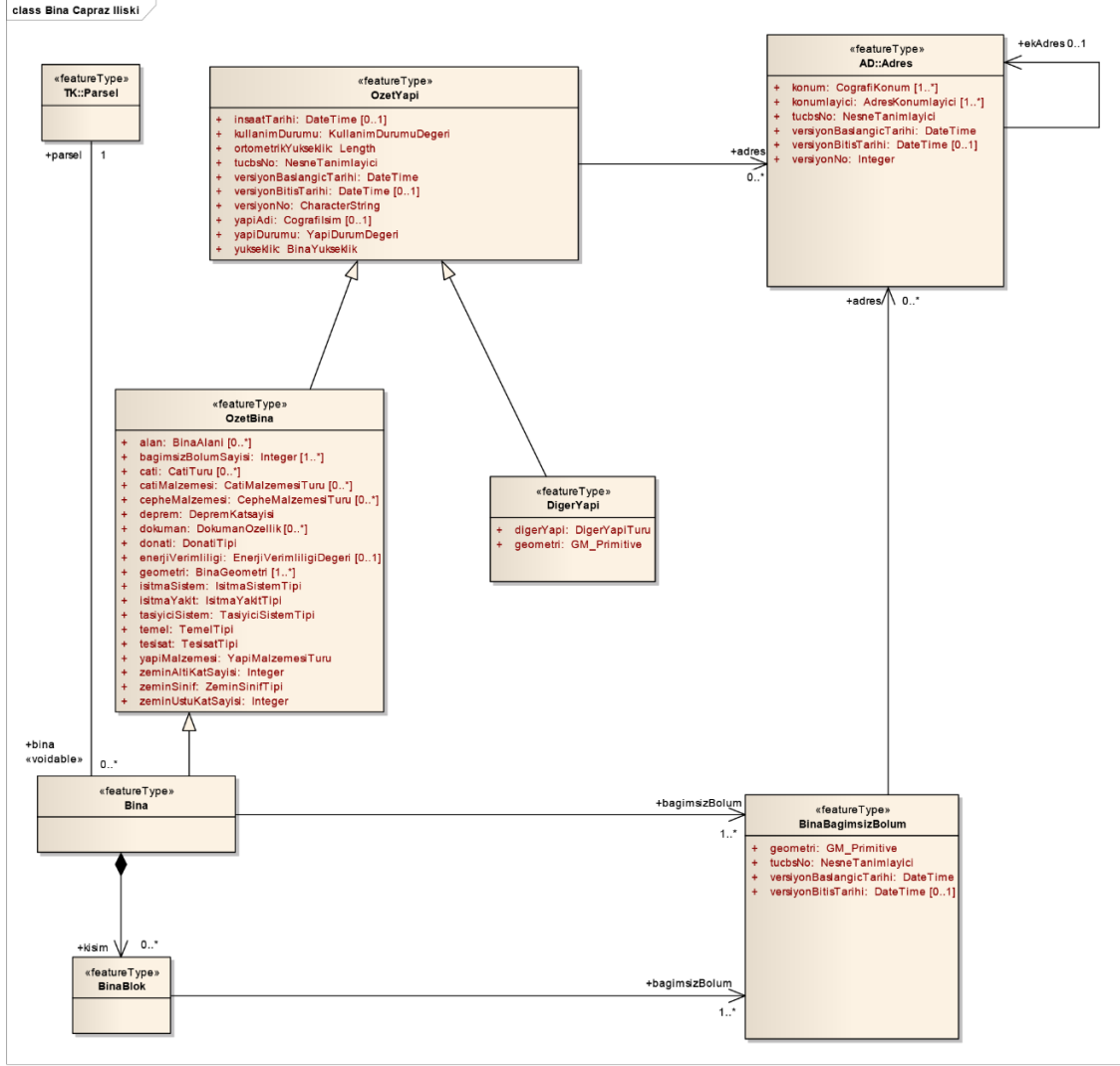
3B modelleme literatüründe ön plana çıkan ve yukarıda detaylı olarak anlatılan 3B veri formatlarının avantaj ve dezavantaj olarak kıyaslanması genellikle yapılan uygulamalara göre değişmektedir. Öncelikle City GML formatı şehir modellerinin 3B sunumunda dünya genelinde en çok itibar gören veri formatıdır. Gerek açık kaynaklı sistemlerle çalışarak birlikte çalışabilirlik ilkesini desteklemesi, gerek bu format ile üretilen modellerin çokluğu ve paylaşıyor olması, bu formatı değerli kılmaktadır. Farklı detay sevipleri (LoD) ile çalışıyor olması da farklı hassasiyetteki ve amaçlardaki uygulamalarda da kullanılabilir. Bütün bu avantajların yanı sıra City GML veri formatında gözlemlenen iki önemli eksiklik doğrudan CBS verisini barındıramaması ve detay seviyelerinin katı bir hiyerarşiyi de beraberinde getirmesidir. LoD' lar arasında ara formlar ile esnek bir modelleme yaklaşımı olması bu formatı daha işlevsel hale getirebilecektir. Örnek olarak; binalardaki bağımsız bölümlerin City GML de doğrudan karşılığı bulunmamaktadır. Bağımsız bölümden daha hassas detay seviyesi LoD 4' te daha kaba detay seviyesi ise LoD 3' te bulunmaktadır. Ara formlara ihtiyaç bu ve benzeri modelleme çalışmalarında belirginleşmektedir. 3D TIN yöntemi, yüzey modelleme çalışmalarında olumlu sonuçlar vermektedir. CBS de yaygın olarak bilinen TIN yöntemine ek olarak topolojik bileşenleri barındırması bu veri modelini fonksiyonel hale getirmektedir. Octree veri modeli kompleks bir veri modeli olmakla birlikte 3B modellenen nesnelerinin alt parçalarının birbiri ile olan hiyerarşisini ve ilişkisini temsil edebilme kabiliyetinden dolayı fonksiyonel bir yapıdadır. Bu avantajın yanı sıra uygulama noktasında profesyonel yaklaşımlar ve uygulayıcıların zorunlu olması gereksinimi yaygınlaşma faaliyetlerinin önünde engel olarak durmaktadır. Son zamanlarda 3B modelleme alanında Octree veri modeli üzerinde yapılan güncel bilimsel çalışmalar bulunmaktadır. 3D FDS veri modeli avantajlar ve dezavantajlar bakımından Octree veri modeline benzer özelliklere sahiptir. Kompleks yapıda bir modeldir ve buna karşın zengin fonksiyonalitelere sahiptir. CBS uyumu söz konusu olduğunda Multipatch veri formatı en etkin sonucu vermektedir. Parametrik tanımlamalar üzerinden CBS verilerinin doğrudan Multipatch 'e yani 3B veri formatına dönüştürülebilmesi mümkündür. Prosedürel yöntemle üretilen veriler Multipatch ya da Layer olarak depolanabilmektedir. Sonuç olarak, veri üretim, veri sunum ve veri temsil yöntemi olma özelliklerini karşılaması ve CBS tabanlı yaklaşımlara uygun olması nedeni ile tez çalışmasında prosedürel modelleme yaklaşımının kullanılmasına karar verilmiştir.

2.1.3. Türkiye’de Yapılan Çalışmalar

Bu bölümde Türkiye’ de gerçekleştirilen CBS ve 3B modelleme konularında tamamlanan ve devam eden büyük ölçekteki projeler incelenmiştir. Projelerin önemli bir kısmı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yürütülmüştür.

İlk olarak incelenen proje “3B Topoğrafya ve Kent Veri Modelinin Araştırılması ve Geliştirilmesi” projesidir. Projenin amacı; kentsel analiz, planlama, tasarım ve karar destek süreçlerinin iyileşmesine katkı sağlamak amacıyla 3B Kent Veri Modelinin ve örnek analiz araçlarının geliştirilmesidir (Bayar, 2015). Projede veri modeli olarak City GML esas alınmıştır. Projede öncelikle Türkiye özelindeki kent mobilyaları için standart kütüphaneler oluşturulmuş, enerji verimliliği ve bazı 3B coğrafi analizleri mümkün kılacak arayüzler tasarlanmıştır. Elâzığ ilinde gerçekleştirilen pilot bölge çalışması ile de proje tamamlanmıştır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yürütülen ve Türkiye’de konumsal veri ve CBS standardizasyonu bağlamında kritik öneme sahip olan proje ise “Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi ” (TUCBS) projesidir. TUCBS, Ulusal düzeyde teknolojik gelişmelere ve INSPIRE Direktifine uygun Coğrafi Bilgi Sistemi altyapısı kurulmasını, kamu kurum ve kuruluşlarının sorumlusu oldukları coğrafi bilgileri ortak altyapı üzerinden kullanıcılara sunmaları amacıyla bir web portalı oluşturulmasını, coğrafi verilerin tüm kullanıcı kurumların ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde içerik standartlarının oluşturulmasını ve coğrafi veri değişim standartlarının belirlenmesini amaçlayan bir e-devlet projesidir. Projede coğrafi verilerin üretilme standartları konusundaki kavramsal modeller oluşturulmuş ve Inspire direktifleri ile uyumlu veri temaları belirlenmiştir. Oldukça kapsamlı bir içeriğe sahip olan TUCBS projesinin Bina ile ilgili olan veri temaları detaylı olarak incelenmiş ve çalışmanın veritabanı tasarımı bölümünde gözönünde bulundurulmuştur. TUCBS Projesi kapsamında yapılan Kurumsal Veri Gereksinim Analizleri sonucunda, kurumlarla yapılan görüşmeler sonucunda oluşturulan Bina Veri Temasının, 11 bakanlığın; 32 genel müdürlüğünün 35 farklı daire başkanlığı tarafından; 76 farklı işte kullanıldığı belirlenmiştir. Mükerrer katmanların birleştirilmesi sonucu 75 farklı bina katmanının bu işleri yaparken kullanıldığı görülmüştür. Ayrıca, verilen beyanlara göre, bu işler yapılırken 42 farklı mevzuatın kullanıldığı tespit edilmiştir. Tanımlanan 75 farklı işten 67’si mevcut durumda yapılan işler olarak beyanlara yansımıştır (TUCBS, 2012). TUCBS’ de Bina Veri Temasının bileşenleri arasındaki ilişkiler Şekil 26’ da gösterilmiştir.



Şekil 26. TUCBS Bina veri temaları arası ilişkiler (TUCBS, 2012)

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yürütülen diğer bir çalışma ise “Kent Bilgi Sistemleri Standartlaştırma” projesidir. Bu projede ülke genelinde yerel idareleri kapsayacak biçimde KBS uygulamalarının veri standart ilke ve esaslarına uygun olarak gerçekleşmesini sağlamak amacıyla ülke düzeyinde KBS mekansal veri standartlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Proje sürecinde detaylı gereksinim analizleri yapılmış, ulusal / uluslararası hukuki durum incelenmiş, meselenin teknik yönünde ise standartlaştırma ile ilgili uluslararası standartlar irdelenerek KBS veri değişim formatı geliştirilmiştir. Proje içerik itibari ile KBS’lere teknik ve hukuki destek altyapısı sağlayarak yerel yönetimlerin KBS faaliyetlerini standardize etmeyi hedefleyen bir yaklaşım içeresindedir.

Tez konusu ile ilişkili olarak incelenen bir diğer proje ise Mekansal Adres Kayıt Sistemi (MAKS) projesidir. İçişleri bakanlığı tarafından gerçekleştirilen MAKS projesinde ülkemizdeki Adres sorunlarının standart tanımlarının yapılması ve bu şekilde Adres Kayıt problemlerinin çözülmesi hedeflenmiştir. MAKS projesinde Bina ve ilgili Bağımsız Bölümlerine ait Adres bilgilerinin nasıl olması gerektiği bölümü detaylı bir şekilde incelenmiştir. Tezin veritabanı tasarımında MAKS Adres Veri Modelinin kritik olan bileşenleri gözönünde bulundurulmuştur. MAKS halihazırda devam eden bir projedir, henüz tam anlamıyla hayata geçmemiştir ve birçok ilde özellikle Tez Çalışmasının yapıldığı pilot bölgede faaliyete geçmemiştir. Fakat tez çalışmasında kurulan iş akış modeli ve sistem mimarisi gelecekte MAKS projesinin hayata girmesi durumunda sistem üzerinden web servisleri aracılığı ile MAKS verisi çekmeyi mümkün kılacaktır. MAKS projesinde adresin bulunduğu yerin idari ve mahalli durumuna göre üç farklı yapıda düzenlenmiştir (Şekil 27).



Şekil 27. MAKS projesinde adresin bulunduğu yerin mahalli ve idari yapısına göre düzeni

MAKS projesinde, bağımsız bölüm adres veri modelinin en alt seviyesindeki bileşendir. Bağımsız bölümler ikamet amaçlı veya işyeri olarak kullanılabilen yapının iç birimleridir.

Bağımsız bölümler sözel veri (dataType) olarak temsil edilmektedir. Bir bağımsız bölüm mutlaka bir yapıya ve bir numarataja bağlıdır.

Ülkemizde ve dünyada gerçekleştirilen çalışmaların detaylı olarak incelenmiş, bu süreçte neden ülkemizde gerçekleştirilen ulusal CBS projelerinde 3B bina ve bağımsız bölüm verisine ihtiyaç vardır sorusuna cevap aranmaya çalışılmıştır. Bu araştırmalardan çıkan sonuçlar ihtiyaç analizi kısmında belirtilmiştir.

2.1.4. Dünyada Yapılan Çalışmalar

- Amerika Bileşik Devletleri

Amerika’ da CBS ve 3B CBS konusunda standart üreten kurum Federal Geographic Data Committee (FGDC)’ dir. Organizasyonun temel hedefi coğrafi veri üretiminde, depolanmasında ve paylaşımında standardizasyon çalışmaları gerçekleştirmek sureti ile “konumsal birlikte çalışabilirlik” ilkesini sürdürebilmektir. Halihazırda 20 den fazla farklı uygulama alanında coğrafi standardı üretmiş olan organizasyonun 10 a yakın bir rakamdaki farklı uygulama alanına yönelik standartlaştırma çalışmaları devam etmektedir. Organizasyonun tarafından sürdürülmekte olan standartlaştırma projeleri incelendiğinde “Federal Buildings and Facilities Geospatial Data Content Standard” isimli çalışmada bina verisi üretimi ve kullanımı konusuna odaklanmış olan ve yakın gelecekte tamamlanacağı belirtilen standartlaştırma projesi devam etmektedir. Ayrıca Amerika’da “Tesis Bilgisi Konumsal Veri Modeli” isimli çalışmada Bina verisinin iç mekân tasarımlarını da nasıl sisteme dâhil edebiliriz sorusuna cevap aranmaktadır.

Amerika’ da gerçekleştirilen projelerde ülkedeki yazılım ve yetişmiş insan altyapısı çok üst düzeylerde olduğundan kabul gören uygulamalar kısa bir şekilde yaygınlaştırılıp ülke ve hatta dünya geneline yayılabilmektedir. Ülkede birçok farklı bölgede 3B modelleme çalışmaları gerçekleştirilmektedir ve Google firması ülkedeki binaların çoğunluğunu eğik hava fotogrametrisinden elde edilen görüntüler ile modelleyip kullanıma sunmuştur. CBS tabanlı 3B modelleme konusunda önemli bir proje ise Washington Üniversitesi, PenBay solutions ve Esri firmaları tarafından yürütülmektedir. “Facilities Information Spatial Data Model (FISDM)” isimli bu proje bina iç mekan bileşenlerini CBS tabanlı olarak sınıflandırıp, depolamayı ve daha sonra 3B’ye geçişini mümkün kılmayı hedeflemektedir. Projede sadece

bina ayakizi değil, kat planlarını, binadaki diğer varlıkları, kısacası binanın içerisinde ve etrafındaki nesneleri geo-referanslandırılmış bir şekilde CBS altyapısı ile temsil edilmesi planlanmıştır. Şekil 28’ de FISDM kat planı verisinin CBS tabanlı olarak modellenmesinin nasıl olacağının özet şeması verilmiştir.

Floors		
Floor_Area_All		
All of the floorplan boundary polygons based on aggregated floor polygons from CAD		
BUILDINGID	String	Building ID
FLOOR	String	Floor
FLOORID	String	Floor ID
FLOOR_AREA	Double	Floor Area
SCHELEV	SmallInteger	Schematic Elevation
ALTITUDE	SmallInteger	Altitude
SOURCEDWG	String	Source Drawing
IN_DATE	Date	Date loaded in database
LAST_USER	String	Last User name
GlobalID	GlobalID	GlobalID
Floor_Point		
A point inside the boundary of each floor, geometry should be the Building_Point XY		
BUILDINGID	String	Building ID
FLOOR	String	Floor
FLOORID	String	Floor ID
CALCROT	Double	Calculated Rotation (from world file for building)
WEBMERCROT	Double	Web Mercator Rotation
MODPORTRAIT	Double	Angle Modifier for Potrait viewing
MODLANDSCAPE	Double	Angle Modifier for Landscape viewing
FLOOR_NAME	String	Floor Name
SCALE_85X11	Double	Scale for 8.5 X 11 printing
SCALE_11X17	Double	Scale for 11 X 17 printing
FLOOR_LEVEL	Integer	Floor Level
NAME_LONG	String	Name Long
NAME_SHORT	String	Name Short
NAME	String	Name
HASINTERIORSAPCES	String	Has Interior Spaces
HASFLOORPLANLINES	String	Has FloorplanLines
HASFLOORAREAS	String	Has Floor
FACILITY_CODE	String	Facility Code
FACLEVEL	String	FacLevel
IN_DATE	Date	Date loaded in database
LAST_USER	String	Last User name
GlobalID	GlobalID	GlobalID
Floor_All		
All of the floorplan boundary polygons based on floorplan lines from CAD - convex hull.		
BUILDINGID	String	Building ID
FLOOR	String	Floor
FLOORID	String	Floor ID
SCHELEV	SmallInteger	Schematic Elevation
ALTITUDE	SmallInteger	Altitude
IN_DATE	Date	Date loaded in database
LAST_USER	String	Last User name
SOURCEDWG	String	Source Drawing
GlobalID	GlobalID	GlobalID

Şekil 28. FISDM kat planı verisinin özet şeması

- Almanya

Almanya, City GML fikrini ortaya çıktığı ülke olması, ülkede 3B modelleme ve CBS konularında önemli çalışmalar yapılmış olması gibi sebeplerden dolayı 3B şehir modelleri konusunda görece olarak gayet iyi bir durumdadır. Ülkedeki 3B şehir modelleri konusunda izlenen yöntemler genellikle City GML standardı üzerinde yoğunlaşmaktadır. Çoğu eyalet 3B kent modellerini LoD0 ve LoD1 düzeyinde üretmektedir. Ayrıca son yıllarda Open Street Map (OSM) verilerinin otomatik modellenmesi yaklaşımı ile ülkedeki binaların büyük bir bölümü LoD 0 ve LoD 1 seviyelerinde modellenmektedir, yapılan literatür araştırmalarında (Over vd., 2010) gelecekte OSM verilerine gerekli etiketleme verilerinin entegre edilmesi sureti ile LoD 2 düzeyinde 3B bina modellerinin üretilmesi planlandığı ifade edilmiştir. Diğer Avrupa Birliği ülkeleri gibi Almanya da standartlar konusunda OGC ve INSPIRE direktiflerini benimsemişlerdir

- Hollanda

Hollanda' da 3B şehir modelleri konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde Delft Üniversitesi tarafından gerçekleştirilen projeler ön plana çıkmaktadır. Özellikle 3D Geoinformation grubunda Profesör Sisi Zlatonova ve Profesör Jantien Stoter ülke ve kıta genelinde 3B çalışmalarında öncü bir çalışma grubu olarak faaliyet göstermektedir. Bu grup tarafından gerçekleştirilen standartlaştırma, 3B-4B modelleme çalışmalarına tezin bazı bölümlerinde yer verilmiştir. Ayrıca ülkede Ulusal 3B konumsal veri ve modeller konusunda önemli standartlaştırma faaliyetleri bu grup tarafından yürütülmektedir. Ayrıca 3D Pilot NL projesi fazlara ayrılmış ve önemli fazlar tamamlanmıştır.

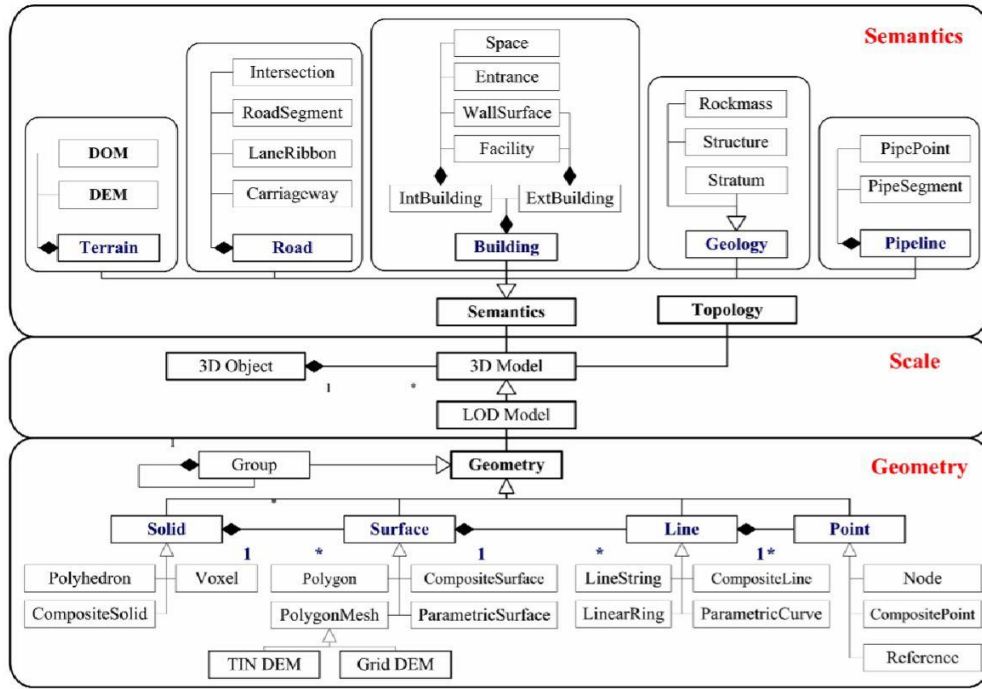
- İsrail

Özellikle belli bölgelerdeki arazinin yoğun şekilde kullanılmasından kaynaklanan baskı İsrail'in 3B kadastro ile ilgili çalışma başlatmasına neden olmuştur. İsrail'de bu konuda yapılan çalışmalar henüz araştırma aşamasındadır Modi kentinde başlatılan büyük çaplı bir proje mevcut durumu değerlendirmek ve 3B tescil için olanakların araştırılması amacıyla kullanılmıştır. Bu proje kapsamında, bir bölümü yerin altında bulunan binalar, yollar, tren istasyonu gibi yapıların inşasına başlanmıştır. Projede yer alan bir yeraltı parkının 3B olarak modellenerek tescili için örnek bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Detaylı bir CAD modeli hazırlanarak yüzey parseli ile kesiştirilmiş ve bunun sonucunda 3B bölümlleme gerçekleştirilmiştir (Forrai ve Kirschner, 2003; Döner, 2010). İlerleyen zamanlarda Sivandesign isimli bir firma İsrail'de binaları ve altyapı bileşenleri 3B olarak modelleyerek

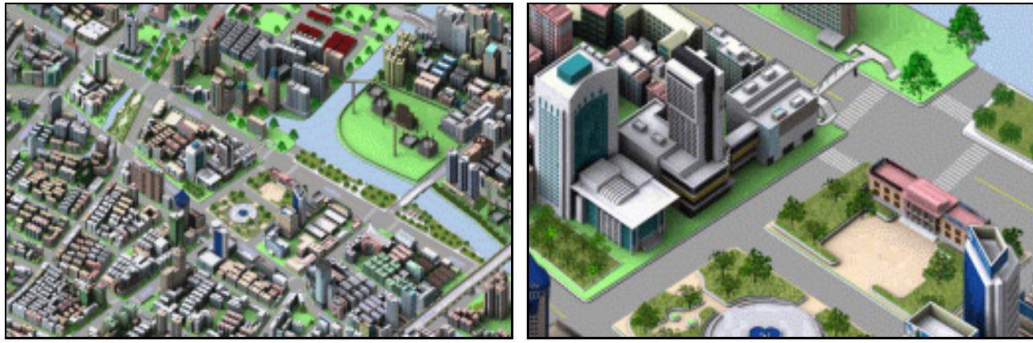
internet ortamından paylaşıma açmayı planlamıştır. Ülkedeki çalışmalar incelendiğinde; 3B destekli kadastro, planlama ve şehircilik uygulamalarında gelecekte hayata geçirmek istedikleri görülmektedir (Benhamu ve Doytsheer, 2003).

- Çin

Son 10 yılda birçok alanda kayda değer gelişmeler kaydeden Çin, 3B modelleme ve CBS konularında da önemli çalışmalar yürütmektedir. Teknoloji alanına imitasyon projelerle giren ülkenin, şu anda kendi özgün projelerini gerçekleştirmeye başladığı teknoloji uzmanlarınca belirtilen Çin'in bu alanda da özgün çalışmaları olduğu literatür araştırmaları sırasında gözlemlenmiştir. (Yuan vd, 2011) ve Chongqing Survey Institute (CSI) (Coumans, 2017) ve Zhang vd., (2011) çalışmalarında özgün projeler gerçekleştirilmektedir. (Wang, 2016) tarafından konformal konik geometriye sahip 3B şehir modeli veri yapısı üretilmiştir. Chongqing Survey Institute tarafından gerçekleştirilen proje incelendiğinde, proje yönetiminin geniş bir vizyona sahip olarak sistem mimarisi kurdukları kanısına varılmıştır. Çünkü proje birimi, 3B modelleme yaklaşımlarının sadece görsel tasarım değil önemli veri kümelerini içeren bilgi sisteminin 3B ye dönüşmüş formları olacağını ifade etmiştir. Yakın gelecek vizyonlarında iç mekan modellerini de veritabanı içerisine dahil etmeyi, sistemin fonksiyonallitesini zenginleştirerek Akıllı Şehir konseptine doğrudan destek sağlamayı düşündüğünü ifade etmiştir. Zhang vd. ise "GeoScope" isimli 3B CBS platformu geliştirerek yüksek veri boyutlarına sahip 3B modellerin, entegrasyonunu, depolanmasını ve analiz edilebilirliğini mümkün kılmayı bu sayede birçok farklı 3B kent modelini bir arada çalıştırabilmeyi hedeflemektedir. Proje aynı zamanda Virtual China (Görsel Çin) olarak ifade edilmektedir. 2011 yılına kadar 8994 km² olan Wuhan şehri 3B olarak modellenmiştir (Zhang, 2011). Ayrıca Hangzhou, Pekin, Şangay, Jiangsu ve Shaanxi gibi ülkenin farklı bölgelerinde CBS ve 3B kent modelleme çalışmaları artarak devam etmektedir. Şekil 29'da GeoScope projesinin Bütüncül Konumsal Veri Modeli gösterilmiştir. Şekil 30' da GeoScope projesinde üretilen 3B kent modellerinin farklı görünimleri gösterilmiştir.



Şekil 29. GeoScope projesi Bütüncül Konumsal Veri Modeli (Zhang vd., 2014)



Şekil 30. GeoScope projesinde üretilen 3B kent modeli görünümü (Url-9, 2018)

- **Singapur**

Singapur hükümeti 2014 yılında ülkedeki binaların tamamını 3B modelleyebilmek için çalışma başlatmıştır. Bu çalışma Singapur Arazi Yönetimi Kurumu tarafından gerçekleştirilmektedir. Çalışmada yöntem olarak, eğik hava fotoğrafları, lazer tarayıcı ve mobil cihazlar kullanılmaktadır. Ayrıca diğer kaynaklardan gelecek veri setlerini de düzenleyerek sisteme entegre etmeyi planlamaktadırlar. Hükümet ve ilgili kurum

açıklamalarına göre şu anda 3B modelleme çalışmaları kapsamında üretilen veri 50 Terabayt miktarını aşmış durumdadır. Kurum ve hükümet, gelecek vizyonunda Akıllı kent uygulamaları ile 3B modelleme çalışmalarını entegre etmeyi hedeflemektedir.

2.2. CBS Tabanlı Bina ve Bağımsız Bölüm Bileşeni İçeren 3B Kent Modeli Geliştirilmesi

2.2.1. Model Gereksinimi ve İhtiyaç Analizi

CBS tabanlı 3B model üretiminde mevcut durumda var olan eksiklikler ve gelecek nesil 3B CBS' lerin yapısında, fonksiyonaliyetinde beklenen özellikler önceki bölümlerinde gerek akademik literatür çalışmaları, gerek kurumların vizyon projeleri ve gelecek planları ile detaylı olarak anlatılmaya çalışılmıştır. Bu durum değerlendirildiğine beklentilerin yüksek, var olan yöntemlerin kısıtlı olması, gelecek nesil 3B CBS' lerin üretilmesinde, sürdürülmesinde ve paylaşılmasında yeni yaklaşımlara, yeni sistemlere duyulan ihtiyaç açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Tez sürecinde ayrıca ilgili bakanlıklarla ve bazı yerel yönetimlerle CBS profesyonelleri ile birebir görüşmeler yapılmış, bağımsız bölüm bileşenini içeren CBS tabanlı 3B modellerden beklentileri saptanmaya çalışılmıştır. Çalışma konusunda dünya genelindeki gelişmeler, ülkemizdeki mevcut durum ve beklentiler birlikte ele alınmış ve bu beklentilerin önemli bir kısmını sağlayabilecek, ihtiyaçlara cevap verebilecek bir sistem geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu sistemdeki veritabanı öğeleri, detay çıkarma teknikleri, 3B modelleme ve internet üzerinden paylaşma süreçleri ve stratejileri detaylı olarak tezin bu bölümünde anlatılmaya çalışılmıştır.

Ülkemizde gerçekleştirilen TUCBS, TAKBIS, MAKS, ADNKS, MEGSİS, MAKS gibi kritik öneme sahip projelerde bina ve ilgili bağımsız bölüm 3B modellerinin üretilmesi önemli işlevsel katkılar sunacaktır. Bu gereksinim açık bir şekilde tespit edilse de 3B modellere nasıl entegre edileceği, yazılım-yöntem-veri sunumu vb. kritik noktalarda hangi seçeneğin doğru tercih olduğu sorunsal karmaşık bir yapıya sahiptir.

TUCBS projesi ve proje ile ilişkili olan Inspire direktifleri incelendiğinde temel veri temalarından birisi “Bina Veri Teması”dır. Ülkemizde coğrafi veri altyapısı kurmayı amaçlayan bu projede üretilen binalara ilişkin CBS verilerinin, ilgili bina 3B modellerine

entegre edilmesi, oluşan CBS tabanlı 3B modellerin web servisleri ile paylaşılması projeye yüksek katma değer sağlayabilecektir.

MAKS projesi, esas olarak adres verilerinin kayıt altına alınmasını hedeflemektedir. Adres bileşeninin en temel bileşeni de bağımsız bölümlerdir. MAKS projesi detaylı incelendiğinde, bina bağımsız bölümleri soyut yapı olarak yani sözel verilerle temsil edildiği görülmektedir. Bu temsil yönteminin seçilmesi ise 2B sistemlerin kullanılmasıdır. Bir binada x, y düzleminde aynı olan fakat üstüste gelen yani yükseklik (z) farklılıkları ile ifade edilebilecek bağımsız bölümlerin 3B sistemler ile temsil edilmesi daha doğru olacaktır. 3B modeller, araziye gitmeden adres verilerindeki sistematik veya rastlantısal hataların tespitini ve düzeltilmesini mümkün kılacaktır.

ADNKS projesi ise nüfus verilerinin adres ile ilişkilendirilmesini hedeflemektedir. İnsanların bağımsız bölümlerin içinde yaşadığı, neredeyse her vatandaşın ikamet adresi bir bağımsız bölüme tekabül etmektedir. Nüfus verilerinin öncelikle 2B CBS ile daha sonra CBS tabanlı 3B modellere entegre edilmesi, nüfus işlemlerinde yönetim ve hizmet faaliyetlerine destek sağlayacaktır. Bir örnek ile açıklanacak olursa, nüfus dairesine giden bir vatandaş adres beyanı verdiğinde çalışan memur sadece önündeki tabloda bulunan sokak, cadde, bina nosu / adı, bağımsız bölüm numarası gibi seçeneklere bakarak karar vermektedir. Bazı durumlarda, yanlış beyan veya memur hatası meydana gelmektedir. Bağımsız bölüm bileşenlerini içeren modellerin desteği hatalı veri girişini engelleyebilecektir. Kritik öneme sahip nüfus verileri kontrollü bir şekilde sisteme girilebilecektir.

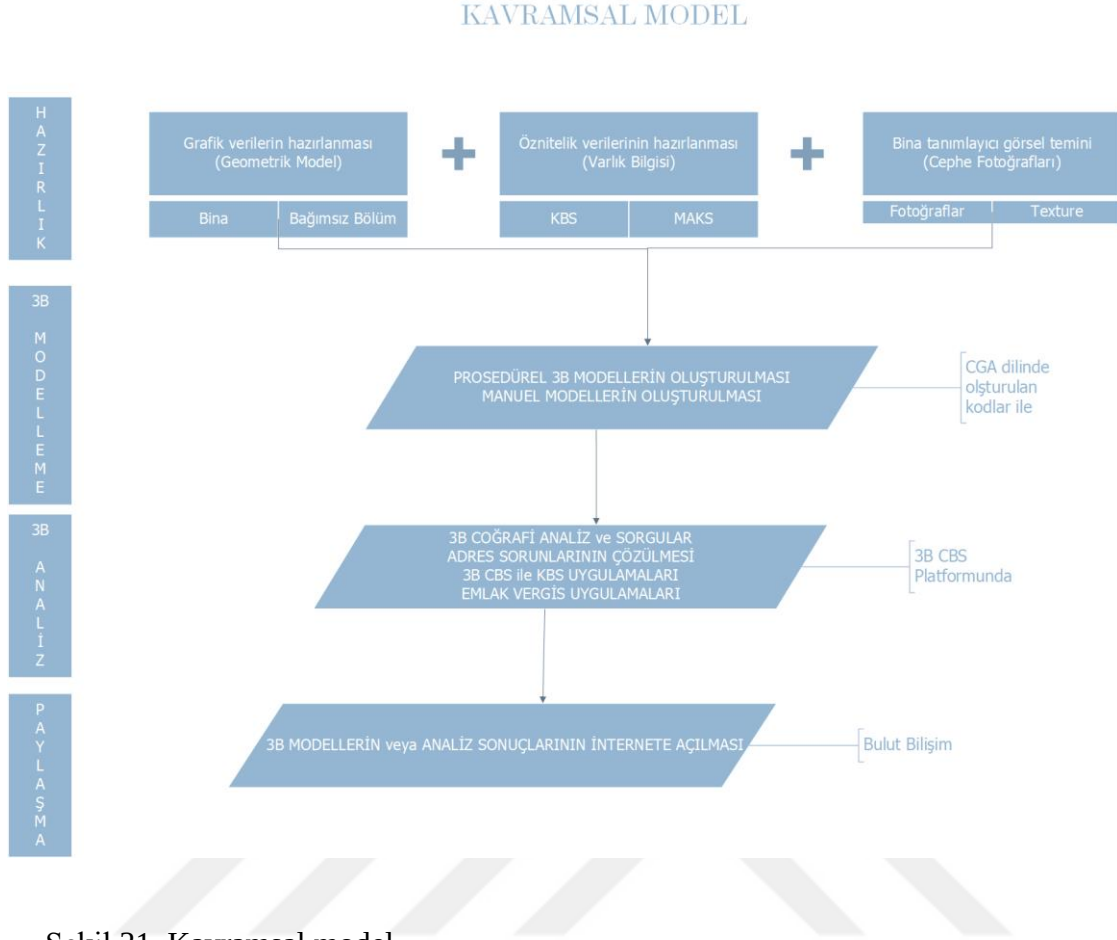
TAKBİS ve MEGSİS projeleri incelendiğinde ise 2014 kadaströ vizyonuna uyum ve nesne tabanlı bir mülkiyet yönetimi açısından bina ve bağımsız bölümlerinin 3B modellenmesi gerekmektedir. Proje yürütücüsü kurum olan, Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü' nün (TKGM) gerçekleştirmeye çalıştığı gayrimenkul değerlendirme çalışmalarında 3B modeller doğru karar verebilme ve rayiçlerin hesaplanmasında hata kontrolü gibi konularda destek sağlayacaktır. Kurum 2018 yılında, bu alanda çalışmalara başladığını belirtmiş olmakla birlikte, halihazırda böyle bir sistem bulunmamaktadır. Önemli finansal boyutlara ulaşan gayrimenkul sektöründe, rayiç bedelleri gösteren 3B bina bağımsız bölüm modelleri bir ihtiyaç haline gelmektedir.

Ulusal CBS projelerinin yanı sıra günlük iş hayatında gerçekleştirilmekte olan haritacılık faaliyetlerinde de 3B modellere ihtiyaç duyulmaktadır. İhtiyaç duyulan bu uygulama alanları incelendiğinde, kentsel dönüşümdeki haritacılık faaliyetleri, imar hakkı

transferi, KBS' ler ile etkin kent yönetimi, emlak vergisi yönetimi, adres verisinin organizasyonu gibi alanlarda destek sağlayacağı tespit edilmiştir. Sözü edilen bütün ihtiyaçların tek bir sistem ile çözülebilmesi mümkün değildir. Fakat maksimum düzeyde fayda sağlayacak, farklı sistemlere entegre edilebilecek, dinamik yapıda olarak hızlı güncelleme sağlayabilecek, teknolojik gelişmeleri göz önünde bulunduran ve 3B model üretimi sürecinde emek / zaman bileşenlerini azaltan yaklaşımlara ihtiyaç olduğu gözlemlenmiştir.

2.2.2. Kavramsal Modelin Oluşturulması

Tez çalışmasında model geliştirme çalışmasının ilk basamaklarından birisi olarak, kavramların birbiri ile ilişkisini gösteren kavramsal model oluşturulmuştur. Bu modelde 3B modelleme konu olan ve olmayan sistemde yer alması gereken veri türlerinin üst sınıfları, sistemin işlem-analiz aşamaları ve metodoloji ana hatları ile temsil edilmiş ve Şekil 31' de gösterilmiştir. Bu kavramsal modelde Hazırlık, 3B Modelleme, 3B Analiz ve 3B modellerin internet üzerinden paylaşılması süreçleri özetlenmiş; hangi platformda hangi veri sunum ve barındırma işlemlerinin yapılacağı gösterilmiş ve ayrıca 3B modellemeye konu olan nesnelerin sistemde hangi temel altlık veri setleri ile entegre edileceği belirtilmiştir.

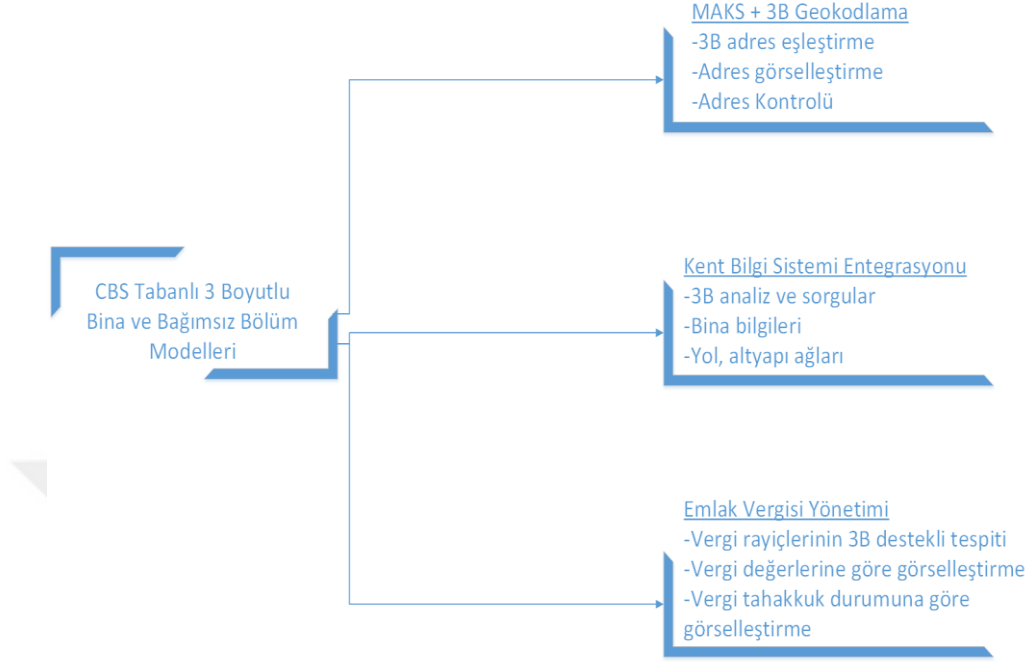


Şekil 31. Kavramsal model

2.2.3. CBS Tabanlı 3B Modellerin Genel Hedef Kullanım Şeması

Bu bölümde üretilecek CBS tabanlı 3B modellerin kullanım alanları ve sistemin fonksiyon çeşitleri genel başlıklar ile şematize edilmiştir. Sistemin ne işe yarayabileceği, fonksiyonel çeşitliliği gösterilmeye çalışılmıştır. Bu şema Şekil 32’ de gösterilmiştir.

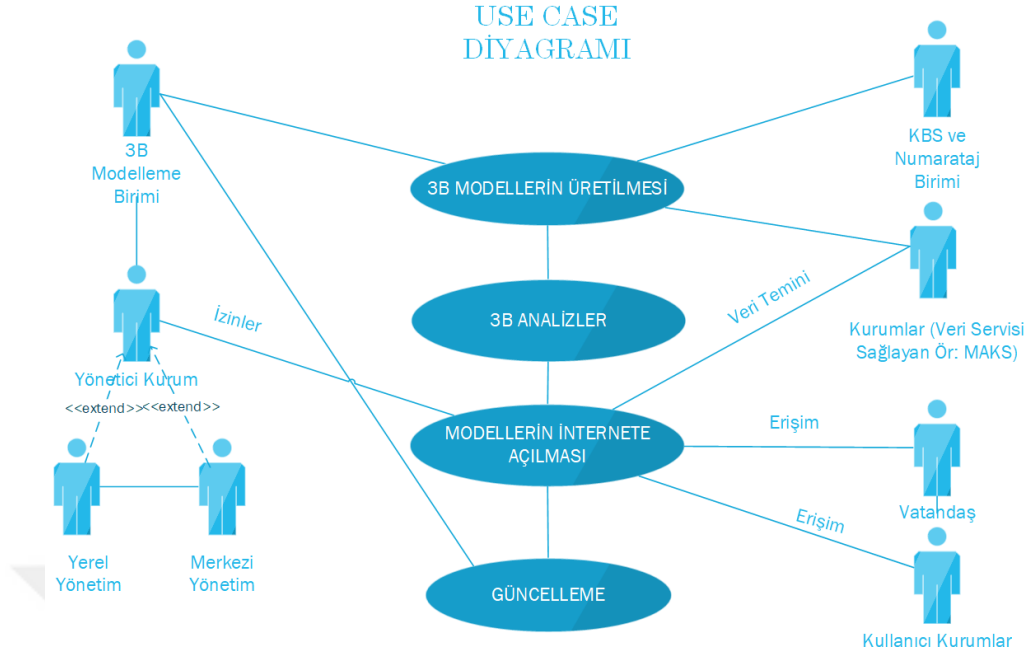
CBS Tabanlı 3B Modellerin Genel Hedef Kullanım Şeması



Şekil 32. CBS tabanlı 3B modellerin hedef kullanım şeması

2.2.4. Use-case Diyagramının Oluşturulması

Üretilcek CBS tabanlı 3B modellerin sistem kurgusunda aktörlerin kim olacağı ve bu aktörlerin rolleri, yetkileri, sorumlulukları oldukça önemlidir. Use-case (kullanım durumu) diyagramları ise bilgi sistemlerinin kurgulanmasında ve yaşatılmasında yaygın olarak kullanılan bir yetki-sorumluluk-aitlik şemasıdır. Şekil 33’ de önerilen Use-case diyagramında 3B modelleme birimi, yönetici kurum (yerel yönetim, belediye), servis sağlayıcı kurumlar, diğer kurumlar ve vatandaş birer aktör konumundadır. Ayrıca şemalar ve oklar UML dilindeki Use-case prensiplerine göre sistemi kullanım durumunu göstermektedir.



Şekil 33. Sistem Use-case diyagramı

2.2.5. Bağımsız Bölümlerin 3B Modellenmesi İçin Gereken Temel Veri Setlerinin Belirlenmesi

2.2.5.1. Geometrik Model İçin Gereken Minimum Veriler

Bir binaya ait bağımsız bölüm bileşeninin 3B katı modelinin üretilmesi için gereken asgari düzeydeki veriler aşağıda belirtilmiştir. Bu veriler sadece geometrik model için gereken özet veri türleri olup, tezin ilerleyen aşamalarında fonksiyonallığı zenginleştirecek KBS, MAKS ve Emlak Kayıt bilgilerinin sisteme hangi konumsal / sözel veri bileşenleri ile entegre edileceği detaylı olarak gösterilmiştir.

Binaların bağımsız bölüm bazında geometrilerinin modellenmesi için elde edilmesi gereken temel veriler şunlardır;

- Bağımsız bölüme ait ayakizi (zemindeki izdüşümünün geometrisi)
- Bağımsız bölümün taban kotu
- Bağımsız bölümün yüksekliği (Taban-Tavan arası mesafe)

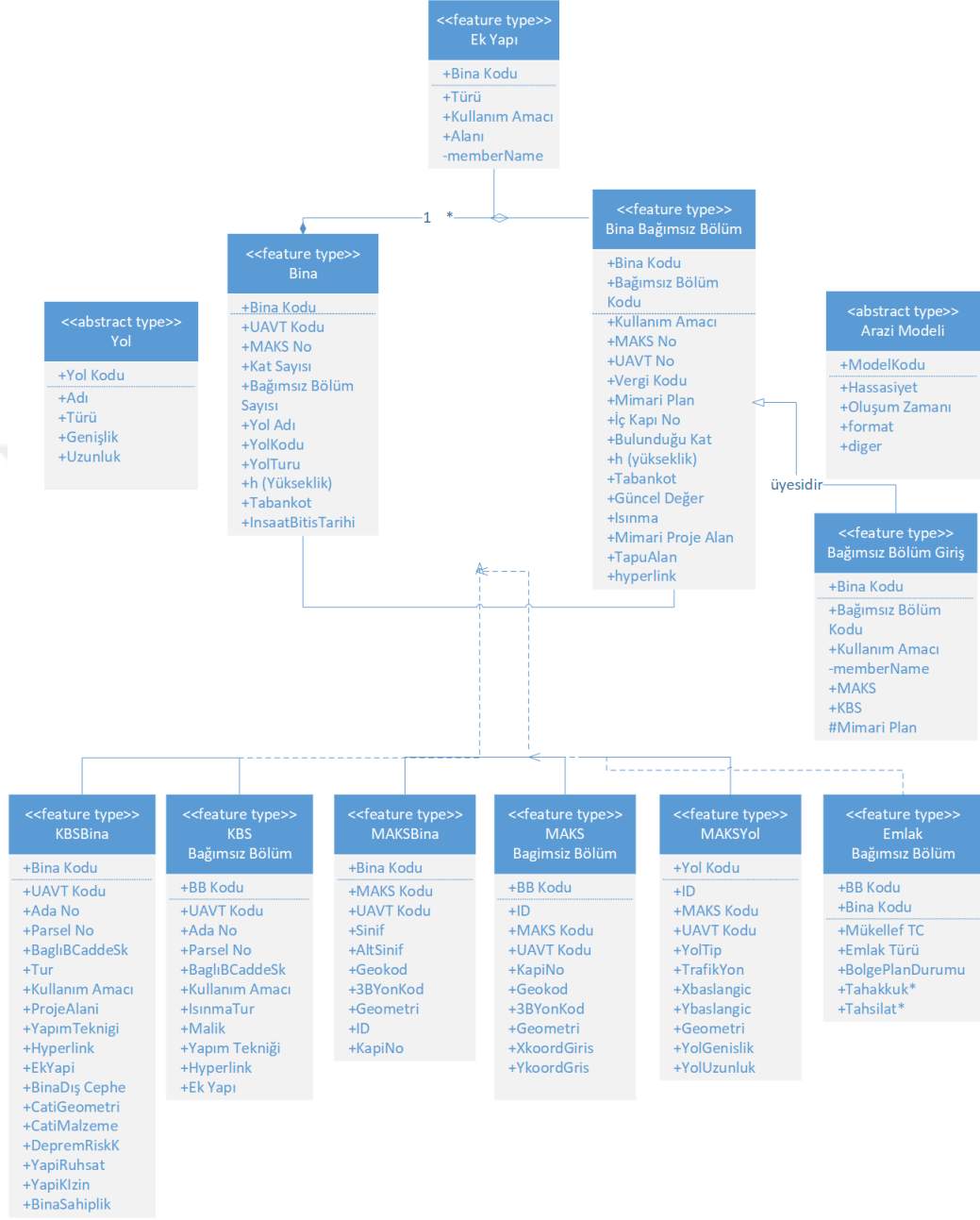
- Bina ayak izi, bina kotu ve bina yüksekliği

Bu veriler arasında elde edilmesi en zor ve emek yoğun işlem olan veri türü bağımsız bölüm ayak izidir. Bu verinin temini için ise kullanılabilir en temel veri kaynağı ham veri halinde olan mimari planların işlenmesi ve CBS formatına dönüştürülmesidir. Binaların dış bölümleri ile ilgili genel geometrik bilgilerin (bina ayak izi, kotu ve yüksekliği) elde edilmesinde ise farklı veri kaynakları söz konusudur. Bu veriler; halihazır haritalar, ortofotolar, eğik hava fotoğrafları, LIDAR yöntemi ve KBS veri setleri gibi kaynaklardan elde edilebilmektedir. Bina ayakizi verilerinin temininde genelde güçlük yaşanmamakla birlikte bu binalara ait sözel verilerin temininde bazen zorluklar yaşanabilmektedir.

2.2.5.2. Bina CBS Veritabanı Tasarımı ve UML Sınıf Diyagramı

Bina ve bağımsız bölüm modellerine entegre edilebilecek öznitelik veri çeşitleri oldukça kapsamlıdır. Bu çeşitliliğin sebebi ise 3B modellerin çalışma alanlarının oldukça geniş bir alana yayılması ve farklı bilimsel çalışmalarda ya da hizmet sektörlerinde gereken öznitelik verilerinde farklılaşmasıdır. Tez çalışmasında dünyada var olan standartlar (City GML, BISDM vb.) ile konu hakkında ülkemizde devam eden/tamamlanan projeler (TUCBS, MAKS vb.) ve diğer KBS projelerinde kullanılan öznitelik (sözel) veri bileşenleri kapsamlı olarak incelenmiş tez hedefleri doğrultusunda kullanılabilir veri türleri tespit edilmiştir. Veritabanının UML sınıf diyagramı aşağıdaki şekilde (Şekil 34) gösterilmiştir.

Bina ve Bağımsız Bölüm Bileşeni İçeren 3B Kent Modeli Veritabanı UML Diyagramı



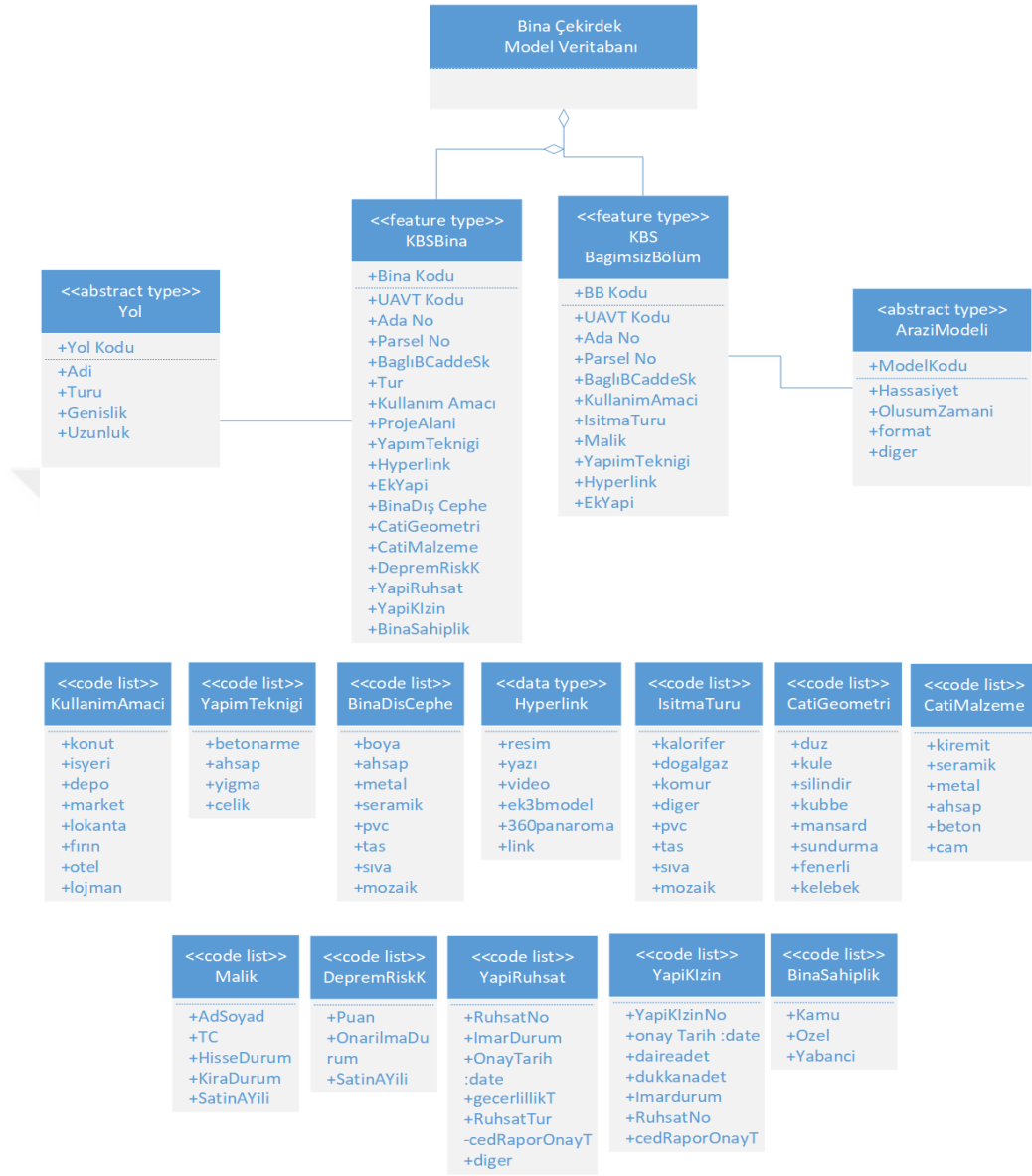
Şekil 34. Veritabanı UML sınıf diyagramı

2.2.5.2.1. Kent Yönetimi ve E-belediyeçilik Amaçlarına Yönelik VT Tasarımı

Yerel ve merkezi yönetimlerce kullanılmakta olan 2 boyutlu olarak temsil edilen KBS'lerde bulunan veri setlerinin 3B modellere entegre edilmesi gerekmektedir. Yerel

yönetimlerdeki KBS' lerin yapısı incelendiğinde kullanımda olan standart bir yapı bulunmamakla birlikte, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na bağlı CBS Genel Müdürlüğü kurumu tarafından gerçekleştirilen “Türkiye Kent Bilgi Sistemleri Standartlarının Belirlenmesi Projesi” kapsamında “KBS Veri Temaları Tanımlayıcı Dokümanı” oluşturulmuştur. Bu dokümanda yer alan tanımlamalar ve kriterler göz önünde bulundurularak ve dokümandaki bağımsız bölüm konusundaki eksiklikleri de giderecek şekilde veritabanı tasarımı UML dili ile yapılmıştır (Şekil 35). Mevcut KBS' lerde soyut yapı olarak ifade edilen ve sadece sözel veriler ile temsil edilen Bina Bağımsız Bölümleri ve ilgili bileşenleri feature type yani detay katmanı olarak tanımlanmıştır. Bu veritabanı tasarımında temel amaçlar bağımsız bölüm bileşeninin entegre edilmesi ve KBS' lerin kurulması, güncellenmesi süreçlerinde temin edilmesi zor olan veya kullanılmasına çok fazla ihtiyaç duyulmayan sözel verilerin devre dışı bırakıldığı bir 3B KBS gerçekleştirmek olmuştur.

KBS Detay Sınıf Diyagramı



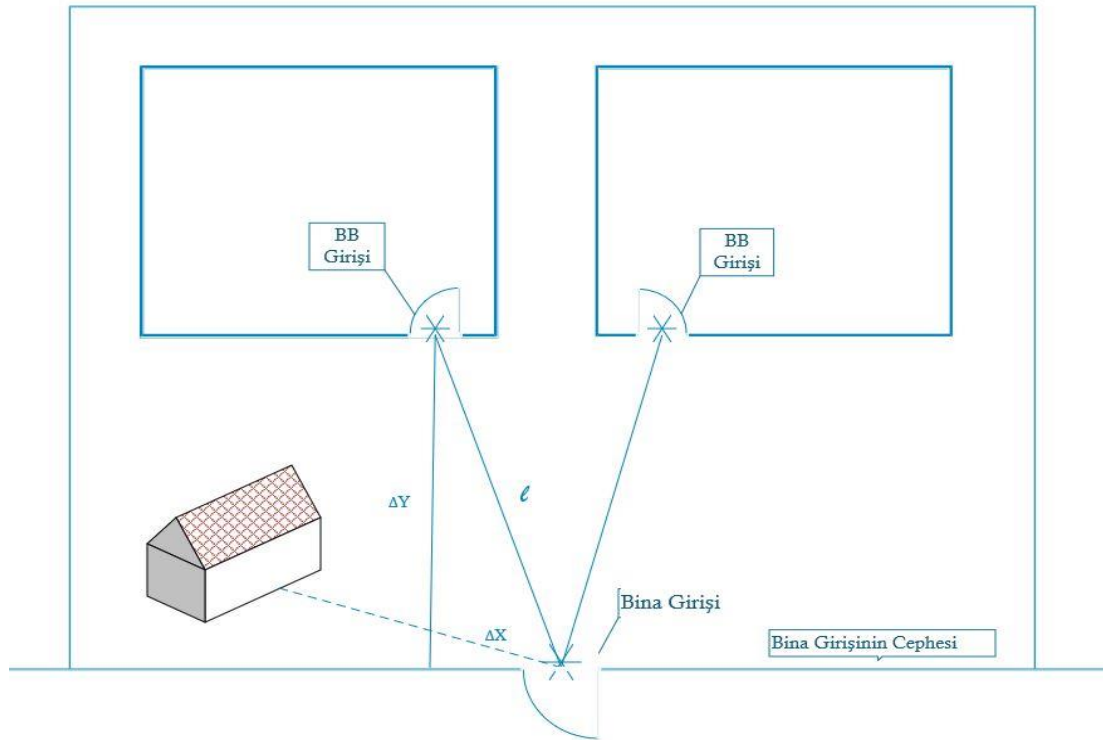
Şekil 35. Kent yönetimi ve e-belediyeçilik amaçlarına yönelik veritabanı tasarımı UML gösterimi

2.2.5.2.2. 3B Adres Kayıt Sistemine Yönelik Tasarım (3B MAKS)

MAKS projesi uygulama kılavuzunda ve numarataj yönetmeliğinde adres verilerinin nasıl kayıt altına alınacağı detaylı bir şekilde anlatılmaktadır. Fakat halihazırdaki bütün sistemler 2 boyutlu olarak tasarlanmıştır ve 3B sistemlere entegrasyonu için optimizasyonlar gerekmektedir. Bu amaç ile varolan MAKS projesinin 3B sistemlere entegrasyonunu sağlayacak tasarım yapılmış ve aşağıda izah edilmiştir. Adres kayıt sistemlerinin verimli bir şekilde kullanılabilmesi için geokodlama yöntemi tercihi kritik öneme sahiptir. Literatür bölümünde atıfta bulunulan adres sistemlerine yönelik yenilikçi çalışmaların avantajları/dezavantajları titizlikle incelenmiş, tez kapsamında üretilecek modellere ve sisteme en uyumlu çalışacak yaklaşımın “Nokta Eşleştirme” ile geokodlama yönetimi olduğu yargısına varılmıştır. Bu yargıya varılmasında temel sebeplerden birisi yöntemin metrik olarak, çizgi ve alan bazlı yöntemlere nazaran hassas adres eşleştirme kabiliyetine sahip oluşudur (Dao, 2015). İkinci bir sebep ise yöntemin 3B sistemlere entegrasyonunu sözkonusu olduğunda sokak/çizgi tabanlı yöntemlere göre daha uygulanabilir olduğu ve alan tabanlı sistemlere göre daha pratik olabileceği ve aynı zamanda alan tabanlı adres eşleştirme yöntemlerinin genellikle Uzakdoğu ülkelerinde tercih edilmiştir. Tez çalışmasında üzerinde çalışılan ve dijital ortamda CBS formatına dönüştürülebilen mimari kat planlarından pratik bir şekilde elde edilebilecek bina girişlerinin 3B (X, Y, Z) koordinatları bu yaklaşımı tercih etmenin tutarlılığını ortaya koymaktadır. Mevcut durumda kullanılan CAD, CBS, Geokodlama yazılımlarının yapısı incelendiğinde, Pitney Bows, Google, Mapbox Arcgis Single House Locator gibi geokodlama servislerinin nokta bazlı geokodlama yöntemini desteklediği fakat arzu edilen 3B MAKS beklentilerini karşılayabilecek bir özelliğe olmadığı kanısına varılmıştır. Bu sistemin eşleştirme yaklaşımında geliştirme yapılması durumunda hedeflenen sistem kabiliyetlerinin gerçekleştirilebileceği kanısına varılmıştır. 3B bir adres sistemi kurulabilmesi için CBS tabanlı yeni yaklaşımlara ihtiyaç vardır. Bu alandaki eksikliği yeni, işlevsel bir yaklaşım ile tamamlayabilmek için aşağıda detaylı olarak anlatılan ve formülize edilen model geliştirilmiştir. Bu yöntem geliştirilirken Haritacılık, CBS ve Geometri bilgileri aktif bir şekilde kullanılmıştır ayrıca tezin Gerçekleştirme bölümünde pilot uygulama bölgesinde örnek veriler ile test edilmiştir.

Bu bölümde ana hedef, binaların ana girişleri ile bağımsız bölümleri arasındaki rölatif ilişkilerin belirlenmesi, uzunluk-açı değeri gibi metriklerin otomatik bir şekilde ölçülerek her

bağımsız bölüme verilecek tekil (unique) kodların da içermesi sureti ile tekil kodların aynı zamanda zayıf navigasyon bilgisi içermesidir. Sayısallaştırma ve detay çıkartma süreçlerinden sonra elde edilen veri, bina ve bağımsız bölüm girişlerinin koordinatlarını içermektedir. Fakat bu koordinatlarda elde edilmesi istenen rölatif mesafeleri elde etmek mümkün değildir. Çünkü her binanın dönüklüğü, cephesinin kuzey ile yaptığı açı farklıdır. Literatür çalışmaları incelendiğinde bu sorunun çözülebilmesi için bina içi ağ kurma ya da iç mekan modelleme prensiplerinden faydalanılmaktadır. Söz konusu yöntemler işlevsellik, navigasyon kabiliyetleri ve hizmet çeşitliliği gibi faktörler bakımından zengin olmakla birlikte model üretim süreçleri uzun zamana yayılmakta ve fazladan zaman emek külfetleri getirdiğinden ihtiyaç duyulan alanlarda kullanılması tutarlı gözükmemektedir. Bu sorunun çözümü için binanın giriş kapısının bulunduğu cephe referans alınarak metrik birimleri CBS ve haritacılıktaki bazı formülasyonlar sayesinde otomatik bir şekilde otomatik olarak ölçmeye yarayan bir yaklaşım geliştirilmiş ve aşağıda detaylı olarak anlatılmıştır.



Şekil 36. Bina ve bağımsız bölüm girişleri arasındaki geometrik ilişkinin gösterimi

Şekil 36' te bir binada, bina girişi ve bağımsız bölüm girişleri arasındaki metrik ilişkiler gösterilmiştir. 4 adet bilinmeyen bulunmaktadır;

- ΔX
- ΔY
- l
- z

l değişkeni yani iki nokta arasındaki mesafe CBS programı yardımı ile koordinat farklarının hesabından doğrudan ölçülebilmekte ve öznitelik tablosuna yazdırılabilmektedir. z değeri ise bağımsız bölümün bulunduğu kat sayısından hesaplanabilmektedir. Hesaplanması zor olan ve ilk bakışta normal X , Y değerleri farkından elde edilebileceği kanısına varılarak hata yapılan ΔX ve ΔY değerleridir. Bina kapı girişinin bulunduğu cepheye göre rölatif mesafelerin hesaplanması için sıralı bir işlem aşaması takip edilmektedir ve bu işlemler şunlardır:

- Bina giriş kapısının bulunduğu cephenin çizgi vektör katman olarak kayıt edilmesi
- Bağımsız bölüm girişlerinden bu çizgi katmana “en yakın detaya olan izdüşümü” yani bağlı bulunduğu binanın cephesinde izdüşüm sağladığı noktanın tespit edilmesi
- Tespit edilen noktanın bina giriş kapısına olan mesafesinin (ΔX) koordinatlar yardımı ile hesaplanması
- Hesaplanması gereken son değer olan ΔY nin de Pisagor teoremi ya da Bağımsız bölüm cephe izdüşümü noktası-Bağımsız bölüm giriş noktası ile koordinatlar üzerinden hesaplanmasıdır.

Açıklanan bu işlemler, gereken veri setleri hazırlandıktan sonra CBS yazılımı ve Python programlama dili ile yazılan hesaplama araçları ile tamamen otomatik bir biçimde gerçekleştirilmiştir.

Hesaplanan değerlerin tekil Bağımsız Bölüm ID lerine dönüşebilmesi için ise aşağıda anlatılan yaklaşım geliştirilmiştir. Daha sonra hesaplanan değerler ve oluşturulan ID' ler 3B modelin coğrafi veritabanını eklenerek ilişkilendirilmiştir.

Bağımsız bölümlere navigasyon bilgisi içeren tekil kodların verilmesi ve bu kodlar yardımı ile geokodlama yapılması sağlanmıştır. Öncelikle bina girişleri nokta eşleştirme

yöntemi ile geokodlanacaktır ve bu yöntem CBS yazılımları veya CBS tabanlı web servisleri ile kolayca yapılabilen bir uygulamadır. Bağımsız bölümlere tekil kod verilmesi ve akabinde geokodlama uygulamalarının gerçekleştirilebilmesi için daha önceki aşamalarda elde edilebilen metrik değerlerin kullanılması ile 3B MAKS sistemine entegrasyon sağlanacaktır.

$$[\text{Sol/Sağ}][\Delta X], \quad [\text{İleri/Geri}][\Delta Y], \quad [\text{Yukarı/Aşağı}][\Delta Z]$$

Yukarıdaki bileşimden oluşan 9 haneli (6 rakam-3metin) alfa numerik karakter dizininin tek parça halinde tek bir öznitelik sütununda ifade edilmesi esasına dayanmaktadır. Bu işlem için yön değerlerinde Sağ-“L”, Sol-“S”, İleri-“İ”, Geri-“G”, Yukarı-“Y”, Aşağı-“A” ile temsil edilecektir.

Basit bir örnek olarak, hesaplamalar sonucunda bina giriş kapısına göre 10 metre solda, 5 metre ileri ve 12 metre yukarıda olan bir bağımsız bölüm girişi aşağıdaki kod ile temsil edilecektir.

Ör: [S10I05Y12]

Görüldüğü gibi kapsamlı geometrik ve matematiksel hesaplar sonucunda oluşan tekil kod oldukça basittir ve aynı zamanda içerisinde navigasyon bilgisi içermektedir. Tekil kodlar hem bilgi sistemi tarafında kolaylıkla kullanabilmekte hem de 3B adreslerin bağımsız bölümlere entegrasyonunu mümkün kılmaktadır. Farklı binalarda tekrara düşmesi muhtemel olan tekil kodun gerçek anlamda tekil olması ise bina girişlerinin coğrafi enlem boylam değerleri ya da kartezyen koordinat sistemindeki ikili koordinat değerleri ile birlikte ifade edilmesi durumunda tamamen tekil bir hale gelecektir ve tekrar edebilmesi mümkün olmayacaktır.

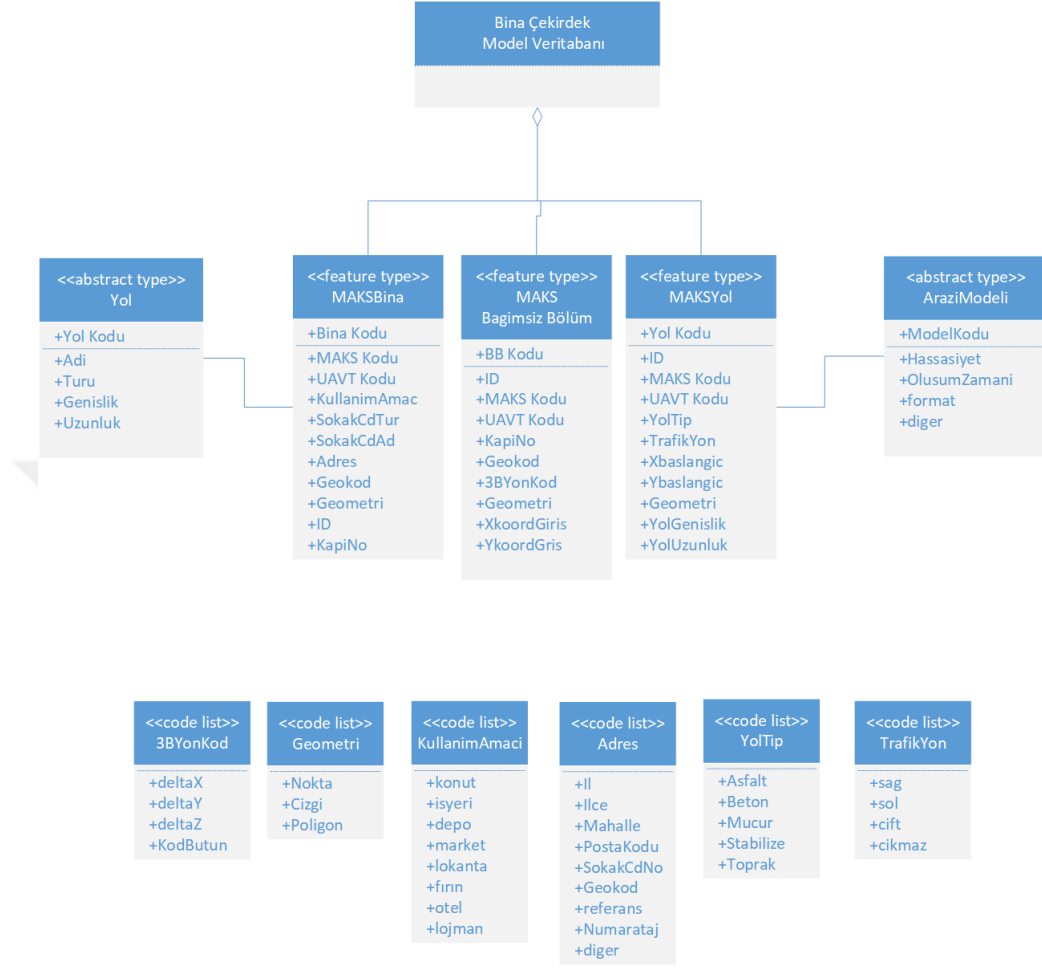
Ör: 38. 315643, 32.473897, S10I05Y12 kod seti ülke veya dünya genelinde bağımsız bölümler arasında tekrar etmeyen, önce binaya daha sonra ilgili bağımsız bölüme yönlendiren bir yöntem olarak geliştirilmiştir. Çok yüksek katlı veya çok geniş alanlara yayılan yapıları bağımsız bölümlerin ki sözü edilen binalar için giriş ile bağımsız bölüm girişi arasındaki herhangi bir mesafe değeri 99 metreden fazla olmalıdır, mesafe değerlerinin 3 basamaklı olarak ifade edilmesi göz ardı edilmemiştir. Bu tarz yapılara rastlanması oldukça zor

olduğundan (Gökdelenler) sistemde istisnai yapı olarak işaretlenecek ve 3B MAKS, geokodlama işlemleri gerçekleştirilebilecektir. Tez çalışmasının gerçekleştirme bölümünde önerilen 3B MAKS sisteminde geokodlama işlemleri pilot uygulama ile detaylı olarak izah edilmiştir.

Adres bilgi sistemlerinin ve buna bağlı hizmetlerin gerçekleştirilmesinde en temel sorunlardan birisinin adres verilerinin kayıt altına alınma şeklindeki standart bozuklukları olduğu gözlemlenmiştir. Aynı ilde bile farklı hizmet birimlerinde (elektrik, su, doğalgaz) aynı adresler farklı şekilde temsil edilmektedir. Abonelere gelen fatura veya tebligatlarda bile farklılıklar ve hatalar mevcuttur. Bu standart bozukluklarının giderilebilmesi ve bilgi sistemleri destekli adres eşleştirme sistematğine uygulanabilmesi amacı ile Türkiye için standart bir adres kayıt sıralaması geliştirilmiştir. Bu standart yaklaşım tezin Bulgular bölümünde detaylı olarak izah edilmiştir.

3B Adres Kayıt Sistemine Yönelik Veritabanı Tasarımı: Tez konusu kapsamında üretilecek CBS tabanlı 3B modellerin adres yönetimi amacı ile kullanılabilmesi için, mevcut adres bilgilerini ve aynı zamanda zayıf navigasyon bilgisi içeren 3B yönlendirici veriler barındıran veritabanı tasarımı yapılmıştır (Şekil 37).

MAKS Detay Sınıf Diyagramı



Şekil 37. MAKS' a yönelik veritabanı tasarımı

2.2.5.2.3. Emlak Vergisi Takibine Yönelik Tasarım

Tez çalışmasında üretilen modellerin alt uygulama dallarından birisi de emlak vergilerinin takibi konusunda CBS tabanlı 3B modellerin kabiliyetlerinden faydalanarak vergi değerlerinin tespit ve takibi daha doğru, güncel, şeffaf ve adil olmasını sağlamaktır. Emlak vergisi rayiçlerinin belirlenmesi konusunda ülkemizde farklı ve çelişkili uygulamalar söz konusudur. Genellikle yerel yönetimlerin tespit ettiği rayiçler arasında ciddi farklılıklar görülmektedir. Ülkemizde Emlakların vergilendirmesi hususunda standart bir yapı olmamasının temel nedeni yakın geçmişe kadar vergi tahakkuklarının beyan sistemine göre yapılmış olmasıdır. Daha sonra rayiç üzerinden vergilendirme yoluna gidilmiş fakat bu sistem

de istenen performansı sergileyememiştir. Bunun sebebi rayiçlerin doğru tespit edilmemiş olması yani gayrimenkullerin gerçek değerleri ile kayıt altına alınmamış olmasıdır. Açıklanan bu sorunların çözülmesi bu amaca yönelik standart bir CBS veritabanı üzerinden standart katsayı çarpanlarının hesaplanması sureti ile olacaktır. Ayrıca bağımsız bölüm ve binaların 3B modellerinin üretilmesi vergi rayiç kontrollerine konumsal kriterlerin doğruluğunu teyit etmek sureti ile destek sağlayacaktır. Örnek olarak cadde ve sokak bazında belirlenen dairelerin arasında tutarsızlık bulunması sorunu kolayca görülebilecektir. Bu amaç ile emlak vergisi değerlendirme kriterleri göz önüne alınarak 3B modellere emlak vergisi yönetimi için entegre edilmesi için gereken konumsal/sözel veriler belirlenmiştir. Bu standart yaklaşım Türkiye genelinde uygulanacak olursa çelişkiler ortadan kalkabilecektir. 3B modellere de entegre edilen emlak vergisi değerleri sayesinde 3B vergi değeri görselleştirmesi ve araziye gitmeden kontrol denetim dijital 3B platformu sayesinde mümkün olacaktır.

Veritabanı tasarımına başlamadan önce yapılması gereken ilk işlem ideal emlak vergisi rayiçlerini hesaplama yöntemini belirlemek olacaktır. Trabzon, Gaziantep ve İstanbul'da bulunan ilçe belediyelerin emlak birimleri ile birebir görüşmeler yapılmış ve aşağıdaki kriterlerin emlak vergisi tespitinde gerekli olduğu belirlenmiştir. Bu kriterler yerel yönetimin insiyatifine göre değişmekle birlikte aşağıda listelenmiştir:

- Binanın cephe aldığı cadde ya da sokak (Arsa payı genel rayiç için)
- Binanın yapı malzemesi
- Binanın yaşı
- Dairenin inşaat alanı ya da kat mülkiyetine esas olan ortak alanların da dağıtıldığı brüt alan
- Asansör durumu
- Bina gelişmişlik durumu
- Binanın bulunduğu kat

Yukarıda ifade edilen ilk kriter genellikle belediye tarafından cadde / sokak bazında belirlenmektedir. Sonrasında gelen kriterler ise, her bir bağımsız bölüm malikinin ödemesi gereken emlak vergisi değerini hesaplayabilmek için veritabanında bulunması gereken bina ve bağımsız bölüme ait öznitelik verilerdir. Bu verilerin bağımsız bölüme ve binaya ait CBS

veritabanında girilmesinden sonra geriye sadece öznitelik veriler üzerinde ilgili çarpan kat sayılarına göre hesaplama yaparak daire veya işyeri bazında emlak vergi değerlerini hesaplatmak olacaktır. Bina gelişmişlik durumu ve binanın bulunduğu kat bilgisi bazı belediyelerce kullanılmadığından hesaplamaya dahil edilmemiştir. Ancak çalışmada tasarlanan sistem bu veya diğer ek parametrelerin sisteme kolayca dahil edilebilmesini sağlayacak yapıdadır. Örnek bir uygulama ile bu hesaplamaların yapılabilmesi için oluşturulan hesaplama yöntemi şu şekildedir

α : Sokak bazında genel rayiç

β : Binanın yapı malzemesi

β_k : yapı malzemesi katsayısı

θ : Binanın yaşı

θ_k : Yaş katsayısı

φ : İnşaat alanı

φ_k : Alan katsayısı

ω : Asansör durumu puanı

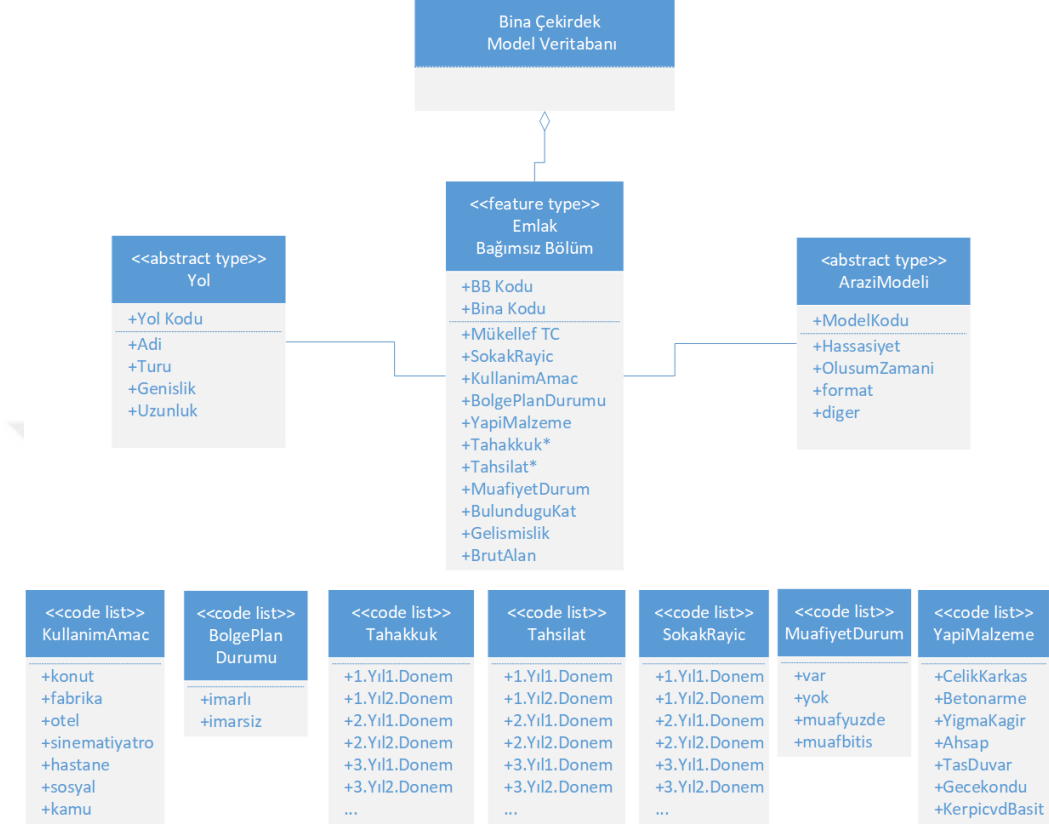
λ : Bağımsız bölüm emlak vergisi

Denklem: Emlak vergisi hesaplama formülü

$$\lambda = \alpha * (\beta * \beta_k + \theta * \theta_k + \varphi * \varphi_k + \omega)$$

Tasarlanan UML diyagramı Şekil 38' de gösterilmiştir.

EMlak Vergisi Takibi Detay Sınıf Diyagramı



Şekil 38. Emlak vergisi takibi için detay sınıf diyagramı

2.2.6. Asimetrik Yapıların ve Harici Modellerin Sisteme Dâhil Edilmesi

Kentlerde bazı yapılar farklı mimari tasarımlar ile üretilmektedir. Bu yapıların prosedürel modelleme teknikleri ile 3B modellenmesi mümkün olabilecektir fakat 1 binanın 3B modellenmesi için gereken zaman ve işçilik maliyeti manuel modellemeye göre daha fazla olacağından ve bu duruma karşın üretilen kural kodlarının 1 kez kullanılacağından dolayı bu tür yapılarda manuel modelleme yaklaşımı tercih edilmiştir. Bu yaklaşımda program olarak da Autocad 3D max ve Sketch Up'ın kullanılabileceği kasnısına varılmıştır. Aşağıdaki şekilde (Şekil 39) Polonya'daki asimetrik bir bina örneği gösterilmiştir. Ülkemizde bu tarz yapılara pek rastlanmasa da gelecekte bu tarz yapıların tasarlanması durumunda, tez kapsamında geliştirilen sistem manuel yazılımlarla üretilen modelleri içe aktarmak sureti ile aynı sistem üzerinde barındırabilecektir.



Şekil 39. Asimetrik bina örneği Krzywy Domek (Polonya-Sopot şehri)

2.2.7. Gerçekleştirilecek 3B Coğrafi Analizlerin Belirlenmesi

Tez çalışmasının Temel Tanımlar bölümünde gösterilen 3B coğrafi analizlerin yapısı uygulama alanlarına ve çalışılan 3B veri modeline göre çeşitlilik arz etmektedir. Bu bölümde üretilecek 3B konumsal veri setleri ile hangi analizlerin yapılacağı netleştirilmiştir. Tez konusu dışında kalabilecek 3B coğrafi analizlerin uygulanmasının uygun olmayacağı için sadeleştirme ve netleştirme işlemleri yapılmıştır. Bu işlemde genelden özele doğru hareket edilmiş yani, sözkonusu analizlerin amacı, örnek uygulama alanları irdelenmiş ve Tablo 1’ de genel 3B kabiliyetler belirlenmiştir. Daha sonra tez kapsamında kullanılacak analizler irdelenmiş ve uygulama aşamasına geçilmiştir.

Yapılan irdelemeler sonucunda; 3B görünürlük analizi (viewshed), 3B birleştirme analizi (union), 3B fark analizi (difference), 3B kesişim analizi (intersect) ve 3B buffer analizi uygulamaların CBS tabanlı 3B modellerin özellikle de bina bağımsız bölüm bilgisini içeren formatlarının işlevselliğini artıracakları belirlenmiştir. Özellikle tez çalışmasının giriş bölümünde belirtilen bazı Haritacılık, Kadastro, Planlama ve Mimarlık disiplinlerinde karşılaşılan sorunlara çözüm olabileceği bu sayede kent yönetimi olgusundaki CBS ve 3. boyut avantajlarını gözler önüne serebileceği düşünülmüştür. Konumsal bilimlerdeki

analizlere ve çalışmalara yenilik getirecek bu 3B analizler tezin uygulama bölümünde örnek veri setleri ile gerçekleştirilmiş ve sunulmuştur.

Tablo 1. 3B yüzey ve modeller üzerinden yapılabilen analizler

Analiz Türü	Amaç	Örnek
3B Buffer	Noktasal veya çizgisel yapıların etki mesafelerinin 3B geometrisinin oluşturulması	Enerji nakil hattı etki alanı tespiti
3B Kesişim (Intersect)	İki farklı katı cismin 3B kesişimlerinin incelenmesi	3B İrtifak hakkı
3B İçerik Analizi	3B modellerin birbirini içerip içermeme durumu	Herhangi bir binada hangi bağımsız bölümlerin bulunduğu sorgulanması
3B Güneşlenme Analizi (Solar)	3B Modeller üzerinden çatılara yerleştirecek panellerin verimliliğinin tespiti	Binaların birim alanda yıllık enerji potansiyeli analizi
3B Görünürlük (Viewshed)	3B model üzerinde bir noktadan bakıldığında görülebilen, görülemeyen yerlerin tespiti	Dairelerin görüş açılarının analizi
3B Birleştirme	Birbirinden ayrık 3B katı modellerin birleştirilmesi	Arazide tevhid (birleştirme) işlemlerinin 3B yapılması
3B Fark	İki farklı 3B katı modelin birbiri arasındaki farkların tespit edilmesi	3B modellerde hata veya farklılık tespiti
3B Yakınlık	3B uzayda cisimlerin birbiri arasındaki 3B uzaklıkların tespiti	Bir anıta veya turistik binaya, analize koyulan 3B bina modellerinin yakınlık-uzaklık durumunun tespiti
CBS verileri üzerinden 3B görselleştirme	Kullanım türü, fonksiyon, enerji tüketimi vd. kriterlere göre 3B görselleştirme	Tematik 3B harita hazırlanması

2.2.8. Bulut Bilişim Teknolojisi ile 3B Modelleri Sunma Yönteminin Belirlenmesi

Üretilen 3B modellerin internet üzerinden paylaşılmasında teknik açıdan farklı seçenekler ve verilere erişim izinleri bağlamında farklı yaklaşımlar söz konusudur. Öncelikle 3B modellerin internet üzerinden sunulmasında program ve format seçenekleri araştırılmış, kullanılan sistemle en uyumlu tercihin, .3ws formatında ve 3B Web Sahnesi yöntemi olacağına karar verilmiştir. Bu formatlar Esri'nin Bulut CBS çözümleri ile uyumlu bir şekilde çalışmakta ve modellerin internet üzerinden sunulmasında veri kayıplarını önlemektedir. Ayrıca sistemin diğer avantajları ise CBS verilerini de muhafaza ederek 3B kent modelinin sunulabilmesi ve performans/hız açısından verimli oluşudur. Diğer taraftan internete açılacak sistemde bilgilerin erişim izinleri, denetimleri ilgili yetkili idare tarafından sürdürülecek olup, bu amaç Bulut CBS üzerinde 3B Kent modellerinin sunulmasında veri erişim/düzenleme/indirme gibi fonksiyonlara hangi kullanıcıların hangi düzeyde sahip olacağını ifade eden sistem izin matrisi oluşturulmuş ve Tablo 2' de sunulmuştur. Tablo 2' de kısaltma olarak bazı ifadeler kullanılmıştır. Bu ifadeler: 3B modellemeye konu olan, 2B temsil edilen ya da sözel verilerle temsil edilen yapının; A=Sahibi veya ortağı; B=Kullanıcısı veya kiracısı, C=İkamet bölgesi civarındır.

Tablo 2. Bulut bilişim üzerinden paylaşılan 3B verilerin aktör/yetki ilişkisi

Veri Türü/Özelliği	Aktör	Erişim	İndirme	Düzenleme	Harici Platform Paylaşım
3B Bina Modeli	Yönetici Kurum	√	√	√	√
	Diğer Kurumlar	√	√	√	√
	Vatandaş	√	A,B	X	Özel İzin
3B Bağımsız Bölüm Modeli	Yönetici Kurum	√	√	√	√
	Diğer Kurumlar	A,B	A,B	Özel Yetki	Özel İzin
	Vatandaş	A,B	A,B	X	A,B
Yol Ağı	Yönetici Kurum	√	√	√	√
	Diğer Kurumlar	√	√	Özel Yetki	Özel İzin
	Vatandaş	√	C	X	X
Altyapı	Yönetici Kurum	√	√	√	√
	Diğer Kurumlar	Özel İzin	Özel İzin	Özel Yetki	Özel izin
	Vatandaş	C	C	X	X
Bina Öznitelik (Sözel)	Yönetici Kurum	√	√	√	√
	Diğer Kurumlar	A,B	A,B	Özel Yetki	X
	Vatandaş	A,B	A,B	X	X
Bağımsız Bölüm Öznitelik (Sözel)	Yönetici Kurum	√	√	√	√
	Diğer Kurumlar	A, B	A,B	Özel Yetki	Özel İzin
	Vatandaş	A, B	A, B	X	X
Mimari Plan	Yönetici Kurum	√	√	√	√
	Diğer Kurumlar	A, B	A, B	X	X
	Vatandaş	A, B	A, B	X	X
3B Analiz Sonuç Çıktısı	Yönetici Kurum	√	√	√	√
	Diğer Kurumlar	Özel İzin	Özel İzin	X	Özel İzin
	Vatandaş	A, B, C	A, B, C	X	A, B, C

2.2.9. CBS ile Otomasyon Çalışmaları

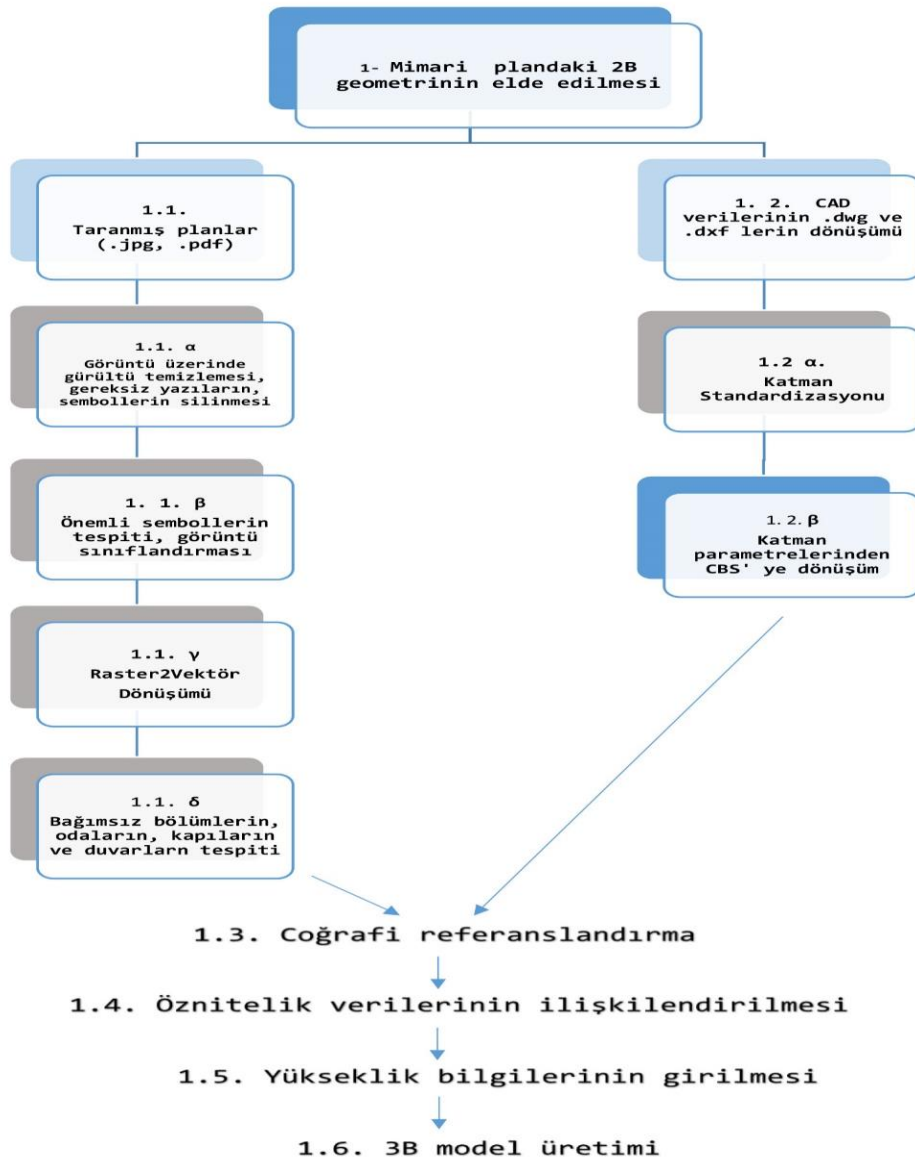
Mimari planların üretilmesinde, plan üzerindeki çizgi tipleri, kalınlıkları ve semboloji, planı tasarlayan mimarın kendine özgü tarzına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Dünya ve Türkiye genelindeki mimari planlar incelendiğinde ve mimarlar ile görüşmeler yapıldığında bu tasarım farklılıkları göze çarpmaktadır. Tezin önceki bölümlerinde belirtildiği gibi literatür çalışmalarından derlenen farklı yöntemler, yaklaşımlar mevcuttur. Ülkemizde üretilen mimari planların büyük çoğunluğunun kağıt, taranmış dosya ve CAD formatlarında depolandığı göz önünde bulundurularak, bu planların CBS’ de kullanılabilir bir yapıya dönüşebilmesi gerekmektedir. Şekil 40’ ta yöntem geliştirme amaçlı olarak kullanılan örnek bir mimari plan bulunmaktadır.



Şekil 40. Test çalışmalarında kullanılan mimari plan örneği

Dönüşüm için otomatik sayısallaştırma ve otomasyon yöntemleri incelenmiş ArcScan yazılımı ile birlikte bazı morfolojik görüntü işleme tekniklerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Bu işlemlerin bazıları, Dilation, Erosion, Opening, Closing, Alpha Shape Recognition yöntemleridir. Şekil 41’ de farklı formatlarda depolanan mimari planların sayısallaştırma süreçlerindeki zaman/emek israfını azaltabilecek bir metodoloji geliştirilmiştir. Örnek bazı mimari planlar üzerinde uygulanmış, doğrulukları test edilmiştir.

Bu planların doğruluk testi, mimari plan kullanılarak 3B modeli üretilen Polonya'daki bir binanın Lazer Tarayıcı cihazı ile de 3B modellerinin üretilmesi ve iki farklı yöntemle üretilen binalardaki detayların, hacimsel farklılıkları; oda, cephe mesafe farklılıklarının ölçülmesi ile kıyaslanmıştır. Bu kıyaslama çalışmasına ait detaylar tezin sonraki bölümünde detaylı olarak anlatılmış ve sonuçlar tablolar ile sunulmuştur. Bu plan Şekil 41' de belirtilen işlem aşamalarından geçirilerek bağımsız bölümlerin CBS tabanlı 3B modellenmesinde kullanılabilecek bir formata dönüştürülmüştür.



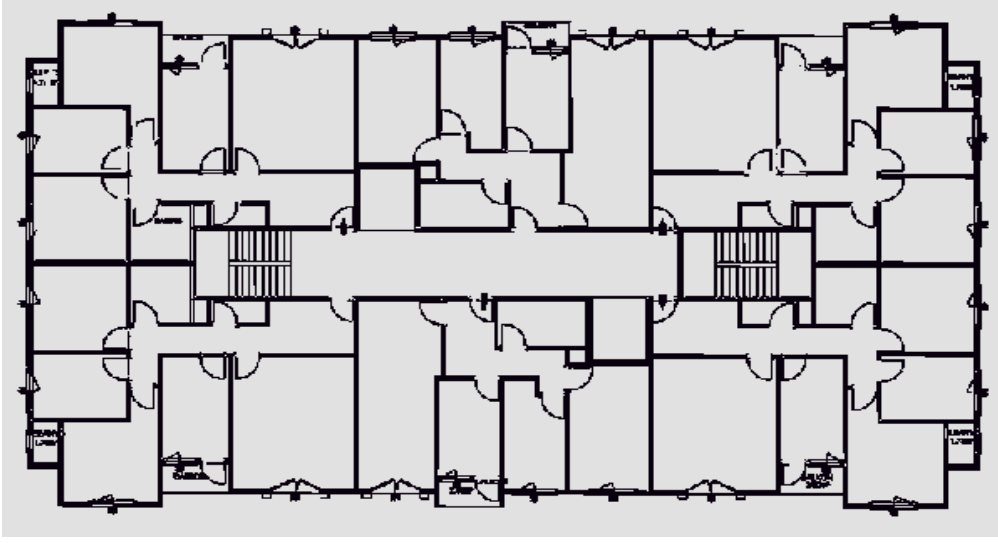
Şekil 41. Bağımsız bölüm bileşeni için mimari planların CBS' ye dönüştürüm metodolojisi

Koordinat bilgisi içermeyen ve vektör formatında olmayan taranmış pdf dosyasının ilk görünümü yukarıdaki Şekil 41’ de gösterilmiştir. Bu planın vektör CBS formatında ve ulusal koordinat sistemi ile temsil edilebilmesi için sistematik bazı işlemler uygulanması gerekmektedir. Bu işlemler aşağıda detaylı bir şekilde görsel ekran kayıtları ile birlikte anlatılmıştır. Bu amaç için ilk işlem .pdf formatında depolanan mimari planı .tiff resim formatına dönüştürmektir. 3 bant .tiff formatındaki görüntü daha sonra tek bant .tiff formatına dönüştürülmüştür (Şekil 42).



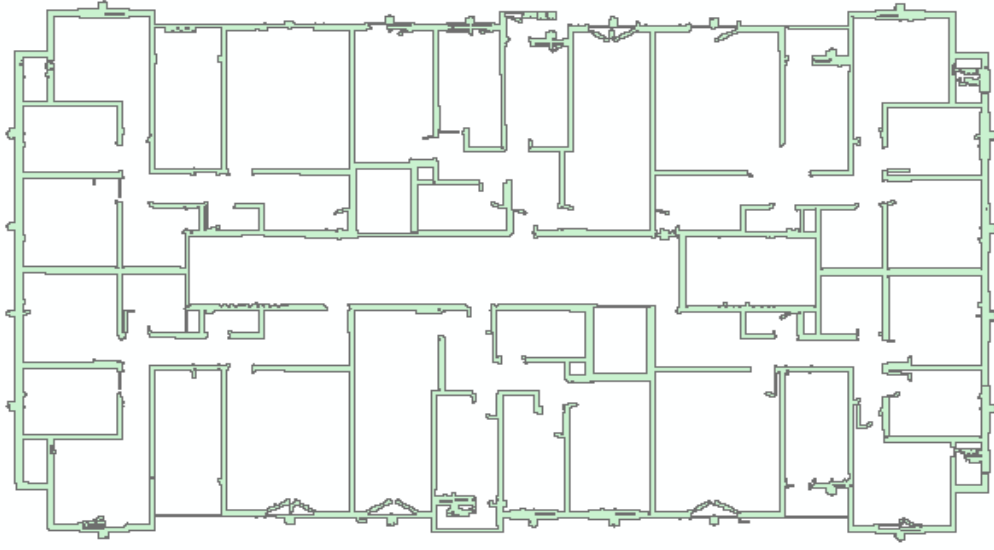
Şekil 42. Mimari planın tek bant görüntüye dönüştürülmesi

Tek bant .tiff formatına çevrilen mimari planda bulunan yazı ve semboller otomasyon işlemleri için gürültü/kirlilik arz etmektedir. Bu işlemin giderilmesi için ArcScan yazılımı ile sembol-yazı tanımlamaları yapılarak tanımlanan yazı ve semboller otomatik olarak silinmiştir (Şekil 43).

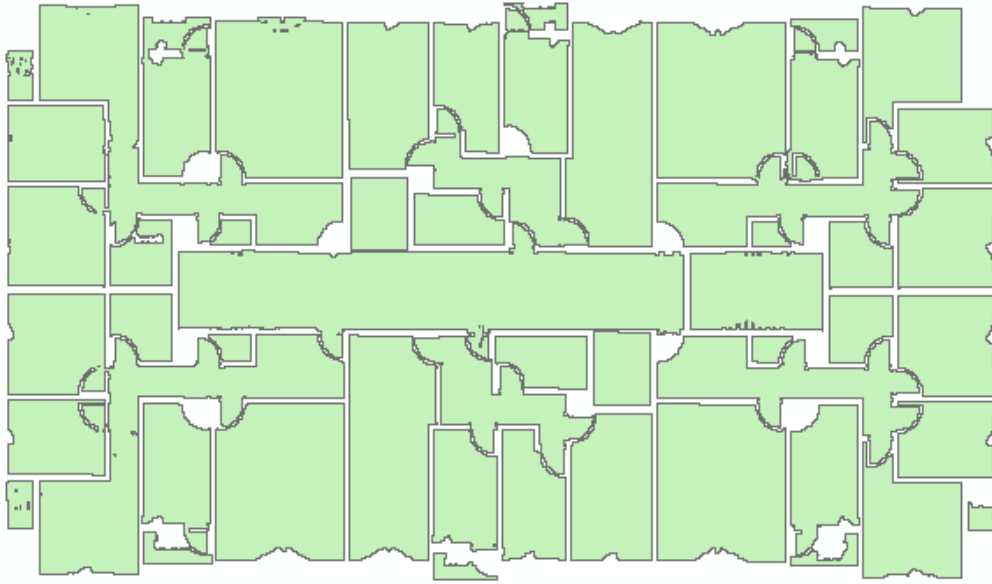


Şekil 43. Mimari plandaki yazı ve sembollerin otomatik temizlenmesi

Taranmış mimari plan üzerinde gereksiz detayların temizlenmesinden sonra raster formatındaki plan, 2 farklı vektör veri türüne dönüştürülmüştür. Birincisi Şekil 42’ deki gibi duvarları içeren katman, ikincisi de Şekil 43’ te gösterildiği gibi odaları ve diğer kapalı alanları (koridor, depo vb.) gösteren katmandır. Bu dönüşüm işlemleri ArcScan yazılımında tanımlanan parametreler üzerinden otomatik bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu detayların ortaya çıkarılması için morfolojik operasyonlar arasında bulunan Dilation, Erosion, Closing ve Opening işlemleri test çalışmaları ile belirlenen hassasiyet katsayısı parametrelerine göre uygulanmış ve aşağıdaki veriler elde edilmiştir (Şekil 44 ve 45).



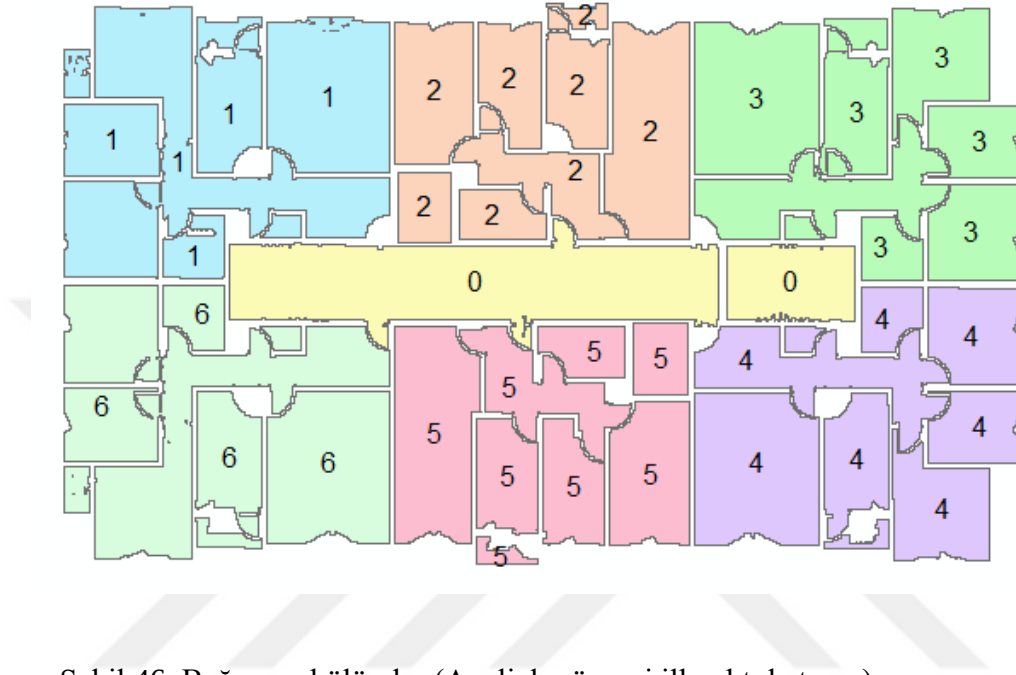
Şekil 44. Vektör formattaki duvarlar (şekil düzenleme operasyonları öncesi)



Şekil 45. Vektör formattaki odalar (şekil düzenleme operasyonları öncesi)

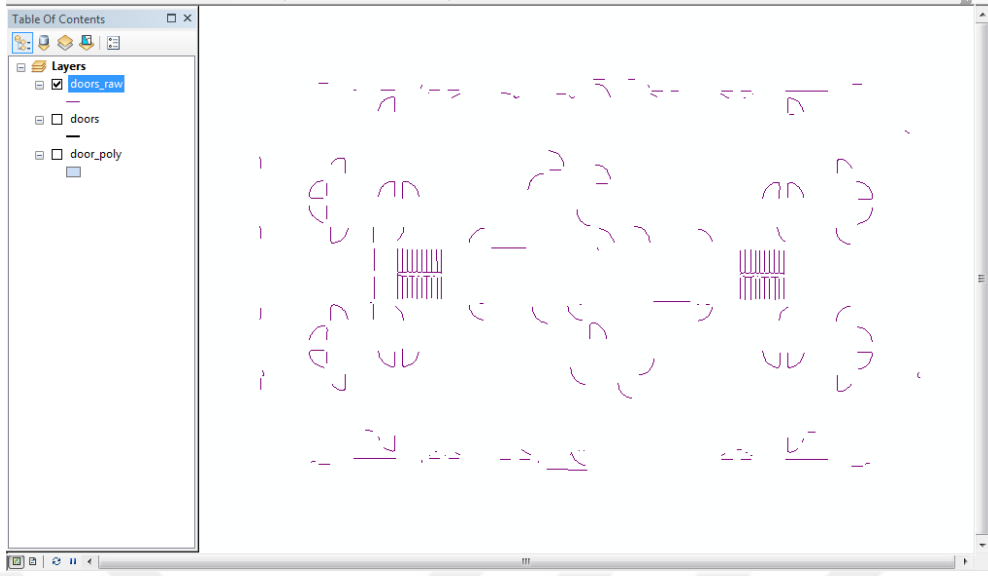
Bu aşamaya kadar düzenlenen oda katmanındaki detaylar mimari plandaki bağımsız bölüm sınırlarına göre birleştirilmiş ve Şekil 46’ da gösterilen bağımsız bölüm geometrileri oluşturulmuştur. Oluşturulan bu katmanda kapı ve pencere gibi detayların bulanıklık oluşturduğu, oda-bağımsız bölüm geometrilerinde hataya sebep olduğu, vertex sayısındaki

fazlalıklar sebebi ile bellekte fazla yer tuttuğu, 3B modelleme sürecinde de işlemciyi fazladan yoracağı ve bölge kent ölçeğinde üretilecek 3B modellerin internet sunulmasında sorun çıkarabileceği belirlenmiştir.



Şekil 46. Bağımsız bölümler (Analizler öncesi ilk çıktı katman)

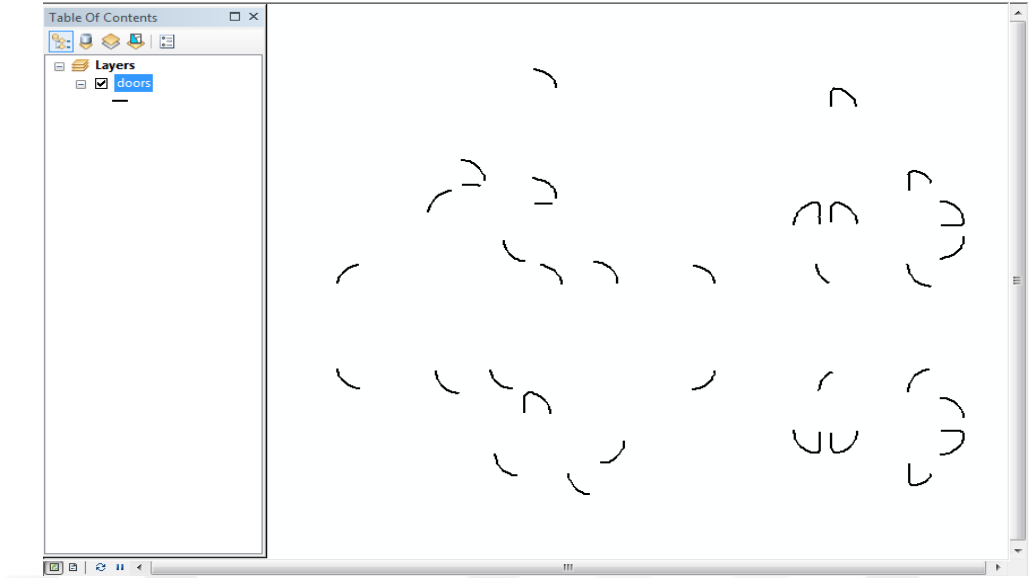
Mimari planda bulunan kapıların konumu iki sebepten dolayı önem arz etmektedir. Birincisi, kapıların konumu bazı modelleme işlemlerinde gerekli olmaktadır; ikinci olarak ta oda geometrisi vektörize edilirken otomasyon sürecinde hata oluşturmaktadır. Bu amaç katlarda yer alan ve mimari planda çizilmiş kapıların otomatik tespiti için hem görüntü işleme hem de CBS analiz fonksiyonlarından faydalanarak kapı tespit süreci otomatize edilmiştir. Bu amaç ile öncelikle literatürde bu amaçla kullanılabileceği önerilen, Alpha Shape Recognition uygulaması Matlab yazılımı ile test edilmiştir fakat istenen sonuçlar elde edilememiştir. Çünkü, tanımlanan koordinat sistemi kaybolmuştur. Arzulanan detay yakalama işlemlerinin gerçekleştirilebilmesi için morfolojik operasyon yöntemleri (Dilation, Erosion, Closing) yöntemleri üzerinde deneysel testler uygulanmış, kapıların tamamını içerecek şekilde detaylar yakalanmış ancak bu kapılar ile birlikte aynı çizgi kalınlığına sahip başka mimari plan öğeleri de aynı işlemin çıktı verisi olarak ekrana gelmiştir (Şekil 47).



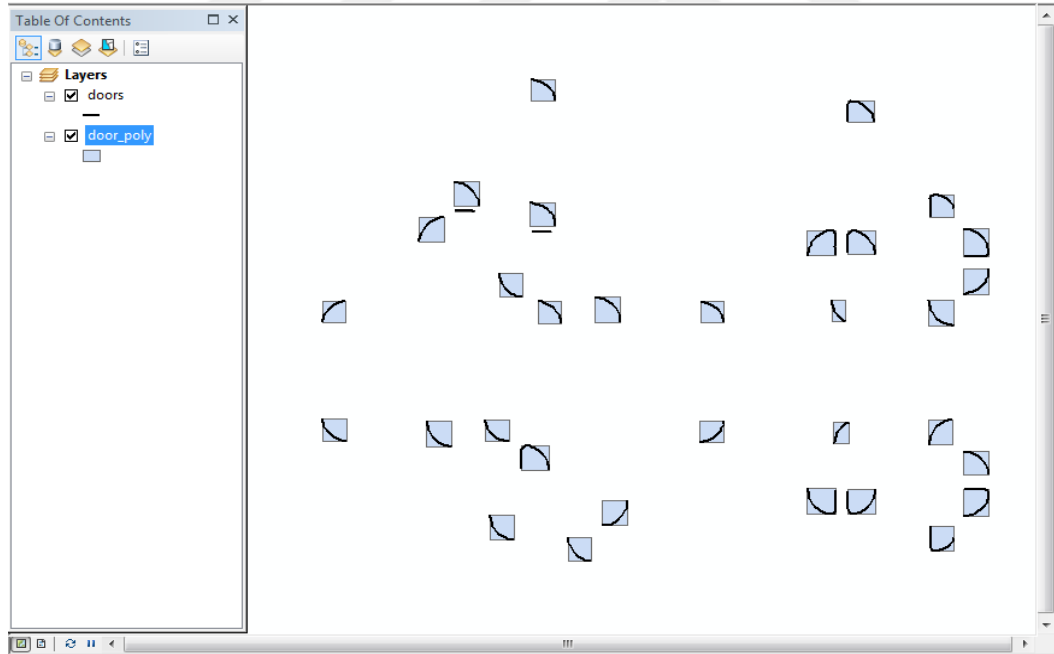
Şekil 47. Odaların tespiti (İlk analiz sonucu)

Bu sorunun çözülmesi için bazı görüntü işleme tekniklerinin var olduğu, harici yazılımlar ile yapılabileceği belirlenmiştir. Fakat işlenmiş, sonuç aşamasına gelmiş, rasterdan vektöre dönüşmüş verilerin önce rastera sonra tekrar vektöre çevrilmesi gibi zahmetli bir sürece ve projeksiyon bilgilerinin kaybına yol açacağı anlaşılmıştır. Bu sorunun çözümü için ise CBS analiz fonksiyonları kullanılmıştır. Her kapıda bulunan vertex sayısının aynı ya da % 10 eksik ya da fazla olduğunun fark edilmesi neticesinde ArcGIS yazılımı ile Vertex Count analizi uygulanmış ve Şekil 48’ deki gibi sadece kapıların konumlarını ve çizimlerini gösteren sonuç vektör katmanlarından birisi elde edilmiştir.

Kapı detayların, odaların vektörizasyonunda sorun yarattığı belirtilmişti. Bu sorunun çözülebilmesi için vektör formattaki CBS verileri (Odalar ve Kapılar) iki CBS analizi işlem aşamasından geçirilmiş ve oda katmanından kapılar silinmiştir. Bu işlem aşamaları, kapı katmanına, Minimum Bounding Geometry veya Convex Hull analizinin uygulanması (Şekil X) ve daha sonra poligonize edilmiş kapıların oda katmanından Erase ile çıkarılmasıdır. Bu noktada akla gelen ilk CBS analizi genelde Buffer olsa da bu yöntemin söz konusu amaç için doğru sonuç vermediği test edilerek görülmüştür.



Şekil 48. Odaların tespiti, count operasyonu sonrasında



Şekil 49. Dış sınırları üzerinden poligonize edilmiş kapı katmanı

Kapılar, oda katmanlarından silinmiş ve Şekil 49’ daki odaları, koridorları ve diğer kapıları gösteren veri elde edilmiştir. Bu katmanda pencereler bir sorun olarak gözükmemektedir. Pencerelerin oda geometrileri üzerinde oluşturduğu bulanıklığın giderilmesi için de CBS

yazılımında Topoloji oluşturulmuş Simplify Building Analizi uygulanmıştır, bu analiz sonucunda üretilen veri ise Şekil 50’ de gösterilmiştir.



Şekil 50. Kapılardan arındırılmış, pencerelerin bulunduğu katman

Oda geometrilerinin oluşturulmasında bir diğer yöntem de Wang algoritmasıdır. Wang algoritması ile de analizler uygulanmış ve Şekil 51’ de gösterilmiştir. Wang algoritmasının en önemli avantajı vertex sayısını azaltarak vektörize edilmiş katmanların bellekte kapladığı yeri azaltmasıdır.



Şekil 51. Wang genelleştirme algoritması sonucunda oluşan oda katmanı

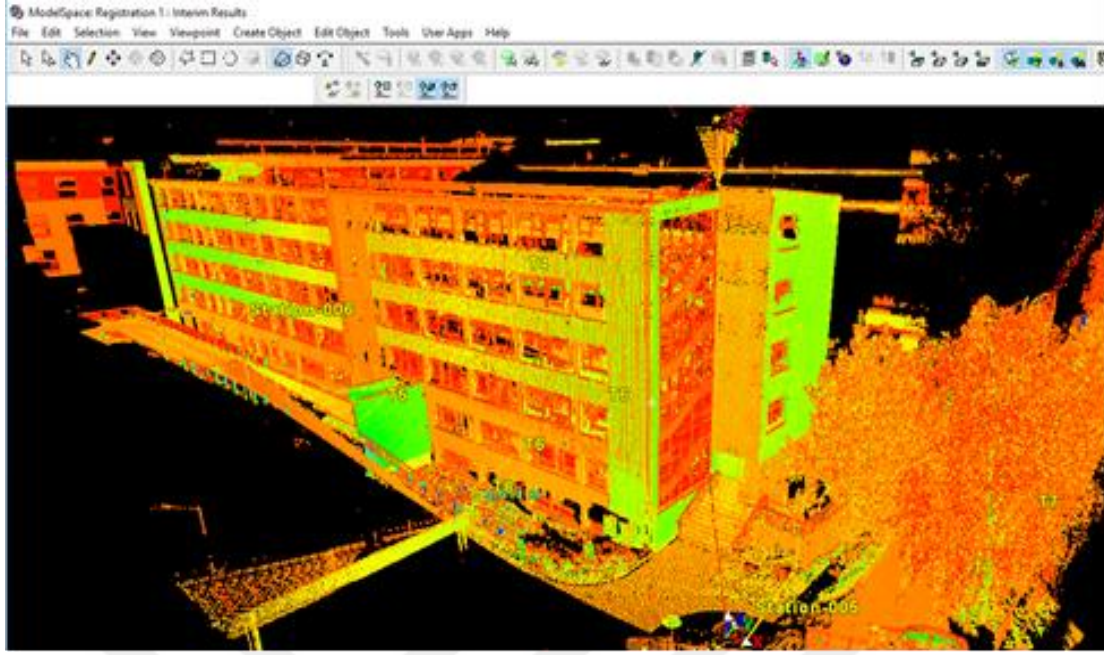
Son aşamada oda ve diğer kapalı alan poligonlarına kartografik düzenleme analizleri uygulanmış ve aşağıdaki şekilde (Şekil 52) gösterilen, tamamen vektör CBS formatında hataları büyük oranda giderilmiş, CBS ile 3B modelleme işlemlerine altlık olarak kullanılacak koordinatlı mimari plan elde edilmiştir.



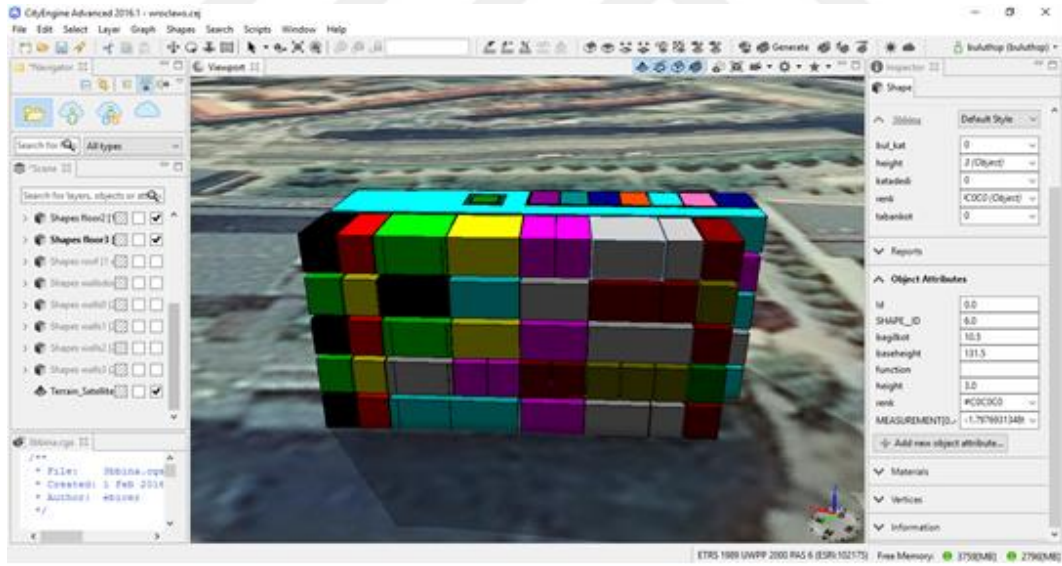
Şekil 52. Kapı ve pencerelerin silindiği katman

2.2.10. Otomasyon ile Üretilen Kat Planlarından Oluşturulan 3B Modellerin Metrik Doğruluk Testlerinin Lazer Tarayıcı ile Yapılması

Paftaların ve mimari planların sayısallaştırma sürecinde hangi yöntem tercih edilirse edilsin mutlaka hatalar olacaktır. Manuel yöntemler ya da yarı/tam otomatik yöntemlerde, insan gözünün yanılma payı, çizgi kalınlığı farklılıkları, taramadaki kayıplar veya otomasyon tekniklerindeki tespit edilemeyen bazı küçük detaylar hataların başlıca nedenleri arasındadır. Tez kapsamında geliştirilen mimari plan sayısallaştırma ve bu kaynaklardan üretilen 3B modellerin metrik doğruluğunun hangi seviyede olduğunu belirleyebilmek için lazer tarayıcı cihazı kullanılmıştır. Lazer tarayıcılar bilindiği üzere milimetre mertebesinde ölçüm yapan hassas cihazlardır. Bu amacı gerçekleştirebilmek için Polonya da Wroclaw University of Environmental and Life Sciences üniversitesi Geomatik Mühendisliği bölümünün lazer tarayıcıları kullanılmıştır. Leika C 10 marka cihaz ile bina ölçümleri yapılmış ve Cyclon 9.2 yazılımında nokta bulutu değerlendirme ve 3B bina model üretimi yapılmıştır. Aynı binanın 3B modelleme işlemleri mimari plan temin edilerek yukarıda belirtilen iş akış şemasına göre işlemlerden geçirilmiş ve oda, bağımsız bölüm, kat ve bina modelleri oluşturulmuştur. Binaya ait lazer tarayıcılar ile üretilmiş nokta bulutunun genel görünümü Şekil 53, prosedürel yöntemlerle üretilmiş 3B modeli Şekil 54' te gösterilmiştir. Daha sonra üretilen iki farklı model üzerinde mesafe ölçümleri yapılmış ve bu kıyaslama ölçümleri Şekil 55' te gösterilmiştir.



Şekil 53. Polonya / Wroclaw ilindeki pilot binanın lazer tarayıcı ile üretilmiş nokta bulutu



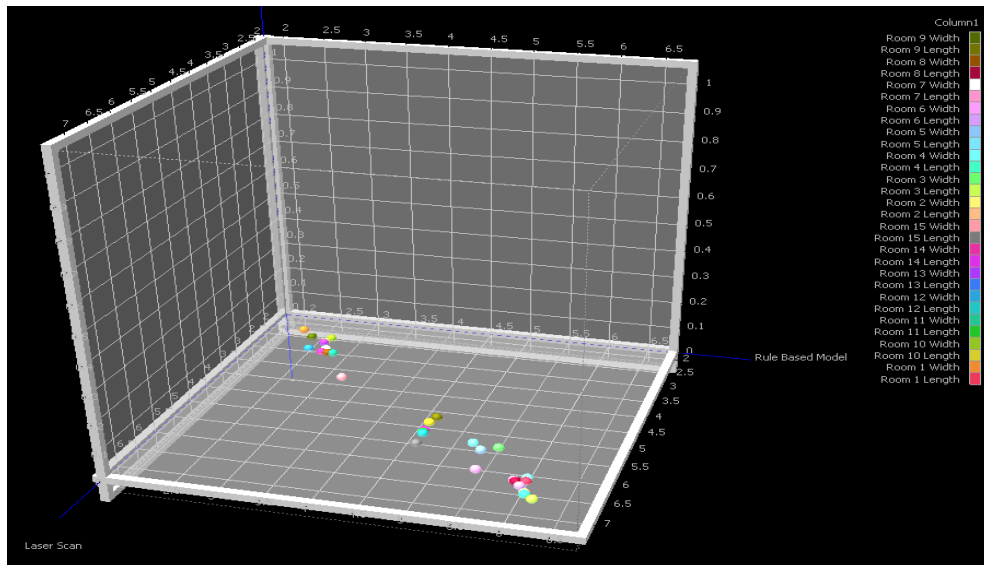
Şekil 54. Polonya / Wroclaw ilindeki pilot binanın prosedürel yöntemlerle üretilmiş 3B modeli

İki farklı yöntemle 3B modeli üretilen odaların en ve boy ölçümlerinin kıyaslanması Tablo3' te gösterilmiştir. Ayrıca Şekil 55' te metrik değerler arasındaki dağılımlar grafik üzerinde gösterilmiştir. Kıyaslamalar sonucunda iki farklı yöntemle elde edilen metrik

değerlerin birbirine yakın olduğu, CBS tabanlı 3B modelleme amaçları ile kullanılabileceği görüşüne karar verilmiştir.

Tablo 3. İki farklı yöntemle oluşturulan modellerin metrik açıdan kıyaslanması

Ölçümler	Prosedürel Model	Lazer Tarayıcı	Ölçümler	Prosedürel Model	Lazer Tarayıcı
Oda 1 Genişlik	2.17	2.24	Oda 9 Genişlik	2.36	2.47
Oda 1 Uzunluk	5.97	6.14	Oda 9 Uzunluk	4.6	4.67
Oda 2 Genişlik	2.57	2.6	Oda 10 Genişlik	2.61	2.45
Oda 2 Uzunluk	6.02	6.43	Oda 10 Uzunluk	4.56	4.84
Oda 3 Genişlik	5.48	5.33	Oda 11 Genişlik	2.8	2.97
Oda 3 Uzunluk	6.13	6.56	Oda 11 Uzunluk	4.57	5.13
Oda 4 Genişlik	5.18	5.28	Oda 12 Genişlik	2.46	2.89
Oda 4 Uzunluk	6.03	6.47	Oda 12 Uzunluk	4.58	5.17
Oda 5 Genişlik	5.31	5.45	Oda 13 Genişlik	2.57	2.62
Oda 5 Uzunluk	5.96	6.05	Oda 13 Uzunluk	4.58	5.17
Oda 6 Genişlik	5.39	5.98	Oda 14 Genişlik	2.65	2.96
Oda 6 Uzunluk	5.93	6.27	Oda 14 Uzunluk	4.57	5.08
Oda 7 Genişlik	2.67	2.85	Oda 15 Genişlik	3.17	3.74
Oda 7 Uzunluk	5.84	6.14	Oda 15 Uzunluk	4.59	5.47
Oda 8 Genişlik	2.73	2.97			
Oda 8 Uzunluk	5.86	6.17			



Şekil 55. Lazer tarayıcı ve mimari plan sayısallaştırması ile elde edilen oda mesafeleri

2.3. Gerçekleştirme

2.3.1. Pilot Çalışma Bölgesinin Belirlenmesi

Tez çalışmasında pilot bölge olarak Trabzon ilinin Beşirli mahallesinde bulunan: $Y_{(üst)}:4540266.755$, $Y_{(alt)}: 4539719.731$, $X_{(sol)}: 555789.667$, $X_{(sağ)}: 556273.223$ (TM Maks ITRF 39) koordinatlarını temsil eden dış sınırlar ile çevrili belirlenmiştir (Şekil 56). Pilot bölge seçiminde öncelikli kriterler, bölgenin kentleşme sürecini tamamlamış olması; kent içinde görece olarak yüksek katlı binaların bulunması ve konut, işyeri, otel, hastane gibi farklı fonksiyonlara sahip binaların, bağımsız bölüm bileşenlerinin bulunmasıdır. Ayrıca bölgenin Trabzon ili idari sınırları içerisinde olması ve belediye yöneticilerinin veri paylaşımı hususunda destek sağlaması da pilot bölge yer seçimi konusunda belirleyici olmuştur.



Şekil 56. Tez çalışması pilot uygulama bölgesi

Tez çalışmasında belirlenen ana pilot bölge yukarda ifade edildiği gibi Beşirli mahallesinde olmakla birlikte, farklı yöntemlerin test edilmesi açısından da yurtdışı çalışma sırasında Polonya' nın Wroclaw ilindeki Wrocław University of Environmental and Life Sciences üniversitesinde bulunan bazı binalar uygulama bölgesi olarak kullanılmıştır.

2.3.2. Projeksiyon Sisteminin Belirlenmesi

Trabzon ilindeki pilot çalışma bölgesinde, diğer bilgi sistemleri ile entegrasyon sağlanması için, MAKS projesinin koordinat sistemi ve projeksiyon parametreleri baz alınmıştır. Bu parametreler aşağıda tanımlanmıştır.

MAKS projesinde mekânsal verilerin kullanımında koordinat sisteminin datumu olarak 1996 yılında hazırlanmış olan Uluslararası Yersel Referans Sistemi (International Terrestrial Referans Frame - ITRF1996) kullanılmıştır. Uluslararası Yersel Koordinat Sistemi (ITRF), 1979 yılında Uluslararası Jeodezi ve Jeofizik Birliği tarafından referans elipsoidi olarak kabul edilen GRS-80 elipsoidini referans elipsoidi olarak temel almıştır.

ITRF1996 datumuna ait referans elipsoidi temel parametreleri:

Referans Elipsoidi : GRS-80

Büyük Yarı Eksen (a) : 6378137 m

Açısal Hız (w) : 7292115E-11 rad/s

Gravitasyonel Sabit (GM) : 3986005E8 m³/s²

2nci Derece Zonal Harmonik Katsayısı : Normalize J2 108263E-8

ITRF1996 datumuna ait referans elipsoidi türetilmiş parametreleri :

Basıklık (f) : 0,00335281068118

Kutupsal Eğrilik Yarıçapı(c) : 6399593,6259 m

Basıklık Ters (1/f) : 298,25722210100002

Küçük Yarı Eksen (b) : 6356752,3141403561m

Birinci Eksantrisite Karesi (e²) : 0,00669438002290

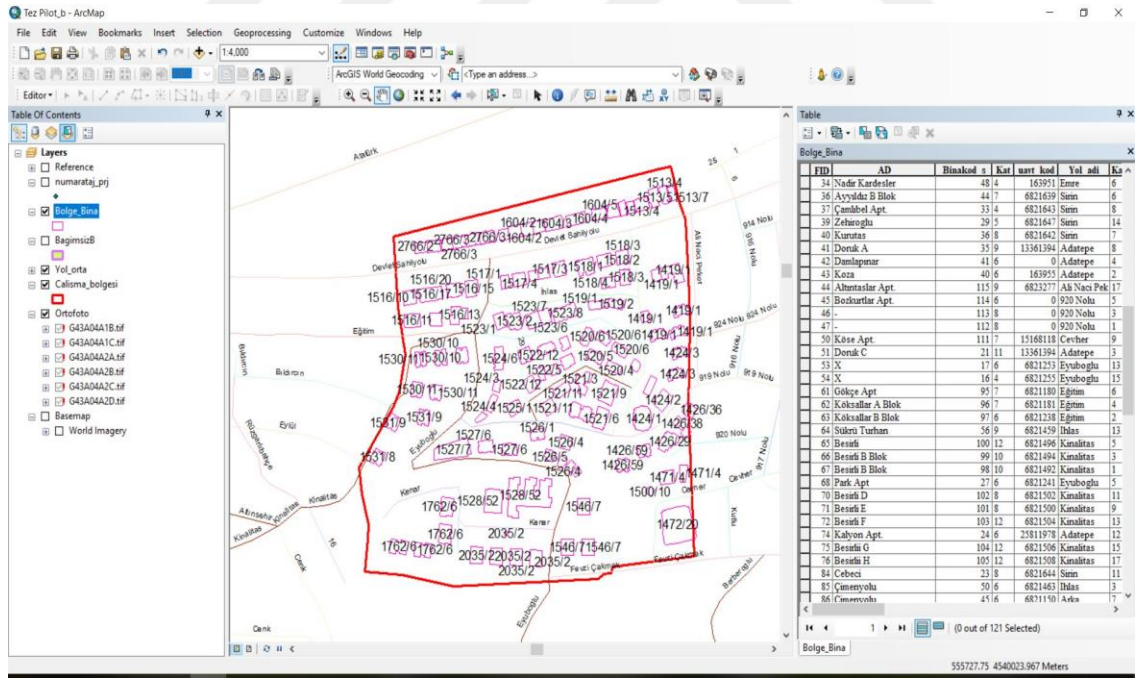
ITRF1996 datumunda standart olarak başlangıç meridyeni Greenwich-0° 0' 0" , ölçü birimi derece ve her birimdeki radyan karşılığı olarak 0,017453292519943295 değerleri seçilmiştir.

Polonya'daki pilot çalışmada ise ülkenin ulusal koordinat sistemleri arasında yer alan, ETRS89 / Poland CS92 projeksiyonu kullanılmıştır. Bu projeksiyon sistemi Kartezyen bir sistem olup tüm detaylı parametreleri, EPSG:2177 kodu ile tanımlanmış olan bilinen bir sistemdir.

2.3.3. 2B Konumsal Veritabanı Hazırlanması

Veritabanı tasarımı bölümünde ifade edilen grafik, sözel ve medya (görsel, video) bileşenlerinden oluşan coğrafi veritabanı tasarımı CBS ortamında, Geodatabase formatında oluşturulmuştur. Bu amaç ile öncelikle tez çalışmasının pilot bölgesinin idari olarak bağlı bulunduğu Ortahisar belediyesinden KBS verileri temin edilmiştir. Bu verilerin içinde Binalara ait grafik veriler (bina ayak izi) ve sözel (öznitelik) veriler bulunmaktadır. Bu verilere ek olarak ulaşım ağları, imar ve kadastro haritaları, idari sınır katmanı gibi katmanlar da yerel yönetimden temin edilmiştir. Temin edilen veriler parametreler bağlamında (projeksiyon, sütun adları, format vb.) standartlaştırılmış tek bir geodatabase dosyasının altında ayrı detay veri setleri olarak kaydedilmiştir (Şekil 57). Çalışma bölgesinde MAKS projesi henüz tamamlanmamış olduğundan dolayı veritabanının MAKS bileşenleri saha çalışmaları ile tamamlanmıştır. Bina veritabanı tamamlandıktan sonra bağımsız bölüm veritabanı hazırlanması aşamasına geçilmiştir. Bağımsız bölümlere ait iki temel veri türü bulunmaktadır; birincisi grafik veri (geometri), ikincisi ise bu bağımsız bölüm geometrileri ile ilişkilendirilecek sözel verilerdir. Bağımsız bölüm geometrilerinin oluşturulması için Ortahisar belediyesinden taranmış dijital dosya formatında (.pdf) çalışma bölgesine ait mimari planlar temin edilmiştir. Temin edilen planlarda herhangi bir koordinat sistemi olmayan raster formatında veriler olduğundan bu planlar öncelikle Affine dönüşümü ile proje koordinat sistemine dönüştürülmüş ve projeksiyon sistemi tanımlaması yapılmıştır. İlerleyen aşamada ham raster formatında olan bu planlar tez çalışmasında geliştirilen otomatik sayısallaştırma süreçlerinden geçirilerek vektör formattaki mimari planlar ve ilgili bağımsız bölüm geometrileri üretilmiştir. Üretilen bağımsız bölüm geometrilerine ait sözel verilerin toplanması ve veritabanında ilişkilendirilebilmesi için pilot bölgenin belirlenen bir

parçasında saha çalışması yapılmış ve bağımsız bölümlere ait sözel veriler toplanmış daha sonra bağımsız bölüm verilerine bağlanmıştır. Saha çalışmaları esnasında binalara ait dış cephe görselleri toplanmış ve bina cephe giydirmeye işlemlerinde kullanılmak üzere Photoshop programı ile düzenlenerek veritabanının bulunduğu klasöre aktarılmıştır. Emlak verileri girilirken üretilecek 3B modellerin fonksiyonlarına ve kent yönetiminde 3B modeller ile elde edilebilecek faydalara odaklanılmış ve emlak verileri, gerçek zemine, varlıklara bağımlı olmadan hayali olarak tasarlanmış ve birbiri ile tutarlı olmak koşulu ile veritabanına girilmiştir. Bina ve bağımsız bölüm veri setlerine yükseklik bilgileri de girilmiş ve 3B modellemeye hazır hale getirilmiştir. Oluşturulan çekirdek veritabanı, tezin tasarım bölümünde detaylı olarak ifade edildiği gibi 3 farklı tasarım türüne ve kullanım amacına göre (MAKS, KBS ve Emlak Yönetimi) ek bileşenleri de içerecek şekilde sözel veri setleri ile ilişkileri kurulmuştur. Ayrıca araziye ait 2.5 B arazi yüzeyi yani topoğrafya .tiff formatında Digital Elevation Model (DEM) olarak üretilmiş ve uydu fotoğrafı arazi yüzeyine giydirilmiştir.



Şekil 57. 2B konumsal veritabanının CBS programında hazırlanması

2.3.4. Kural Tabanlı Modelleme ile Kodların Yazılması

Veritabanı tasarımından sonra CGA 3B modelleme dili üzerinden, üretilen CBS veri setleri ile uyumlu olarak çalışabilecek, 3B modelleme karakteristiklerini parametrize edecek kaynak kural kodları oluşturulmuştur. Bu kaynak kodlar 4 ana bileşenden oluşmaktadır. Kaynak kural kodlarının giriş bölümünden bir özet Şekil 58’ de gösterilmiştir ayrıca kodlara ait detaylı bilgiler Ekler bölümünde sunulmuştur. Bu kaynak kural kodları ile City Engine programında 3B modeller üretilmiş olmakla birlikte, üretilen kodlar modellerde oluşabilecek değişikliklere karşı dinamik bir yapıda tasarlanmıştır.

A-) Bina 3B geometrisini, sözel verileri tanıyan ve cephe kaplama işlemlerini gerçekleştirerek 3B modelleri kaynak kural kodları

B-) Bağımsız bölüm 3B geometrisini ve sözel verileri tanıyarak 3B modelleri üretecek kaynak kural kodları

C-) Yol ağlarının 3B geometrisini ve MAKS sisteminden gelen sözel bilgilerini tanıyarak 3B yol ağını üretecek kaynak kural kodları

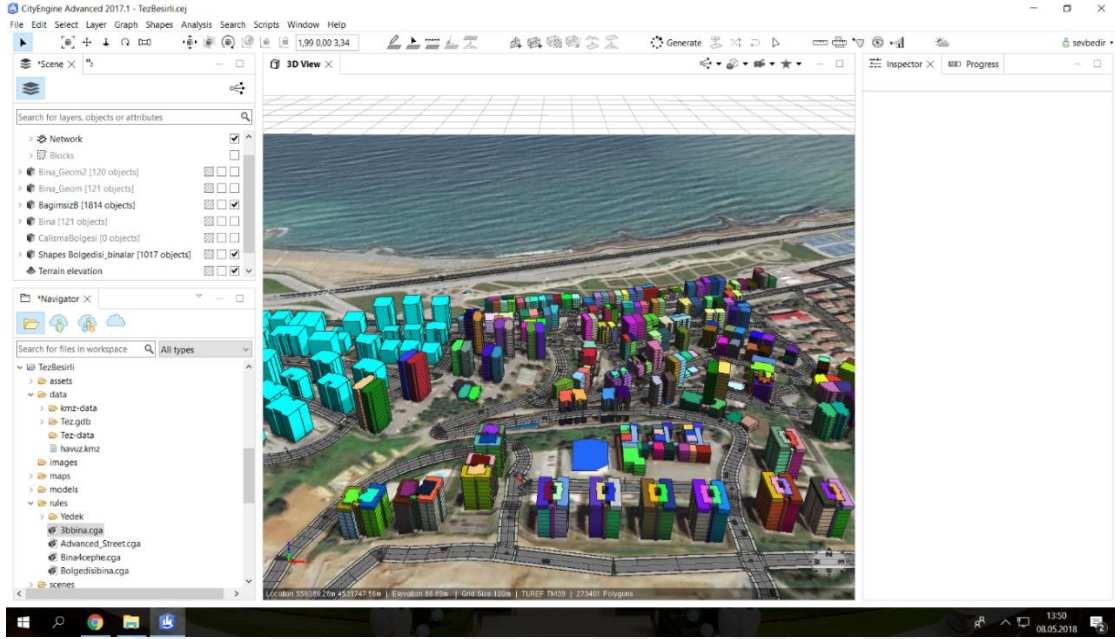
D-) Kent içinde görsel zenginleştirme amaçlı olarak kullanılabilecek durak, lamba, trafik ışığı gibi kent donatılarının 3B temsili için kullanılacak noktasal veriler ve ilgili özniteliklerini tanıyıp 3B nesne modellerini üretecek kaynak kural kodları



Şekil 58. CGA dilinde yazılan prosedürel model üretim kodlarının giriş bölümü

2.3.5. 3B Modellerin Parametrelere Bağlı Kural Tabanlı Yöntem ile Üretilmesi

Oluşturulan veritabanına yukarıda özet gösterimi verilen kaynak kural kodlarının uygulanması ile 3B modeller üretilmiştir. Aşağıdaki şekilde (Şekil 59) üretilen modellerin City Engine yazılımındaki genel görünümü sunulmuştur. Üretilen modeller 3B geometrik temsile ek olarak CBS veri setlerini ve arazi modeli ile arazi topoğrafyasına giydirilmiş uydu görüntüsünü içermektedir. 3B modeller üretilirken en önemli husus veritabanı ile kaynak kural kodlarının uyumu olduğundan dolayı, tasarlanan veritabanına uyumlu kodlar üretilmiştir. Bu kodların üretilmesi sırasında bazı uyum sorunları ile karşılaşmış ve kodlar tekrar gözden geçirilerek daha sağlıklı bir hale getirilmiştir.

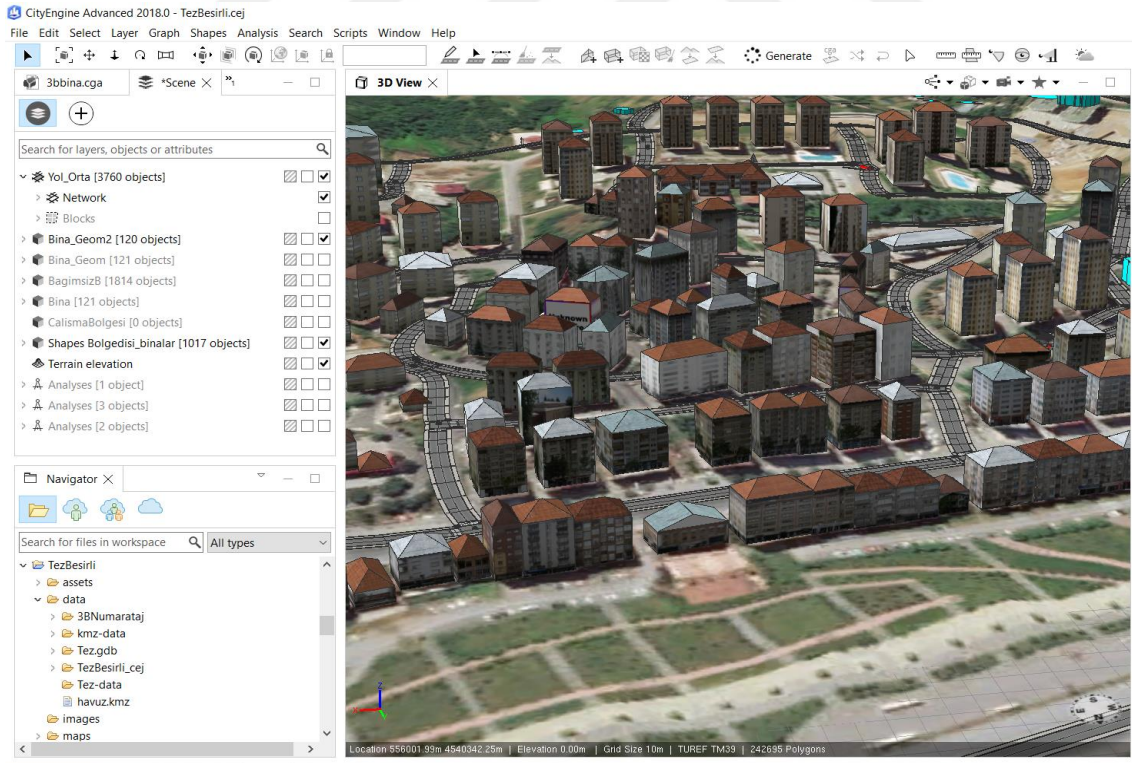


Şekil 59. Üretilen 3B modellerin güney cepheden görünümü

3B Modellere Cephe Giydirilmesi: Binaların cephe giydirmesi (texturing) işlemleri için arazi çalışmaları ile binaların cephe fotoğrafları çekilmiştir. Sahada çekilen cephe fotoğraflarını doğrudan kullanmak 3B modellerin yapısında bazı teknik eksikliklere ve aksaklıklara neden olabileceğinden bu fotoğraflara perspektif düzenleme, çözünürlük ayarlama ve kırpma gibi bazı düzenlemeler yapılmıştır. Böylece fotoğraflar standart bir yapıda bina cephe kaplama/giydirmesi işlemlerinde kullanmaya hazır hale gelmiştir. Cephe kaplama işlemleri 3B modelleme metodolojisinde tanımlanan klasik 3B cephe giydirmesi işlemlerinden farklı olarak CGA dilinde üretilen kodlar ile yapılmıştır (Şekil 60). Tercih edilen yöntemin en büyük avantajları cephe kaplamalarının tek tek yapılması yerine CBS verileri aracılığı ile bölgedeki bütün binalara uygulanabilmesi ayrıca istenilen diğer binalara da benzer bir şekilde ya da küçük değişikliklerle uygulanabilmesidir. Aşağıdaki Şekilde (Şekil 60) bina cephe kaplama işlemleri tamamlanan bir bina gösterilmiştir. Pilot uygulama bölgesindeki 121 binaya cephe giydirildikten sonraki durum Şekil 61’ de gösterilmiştir.



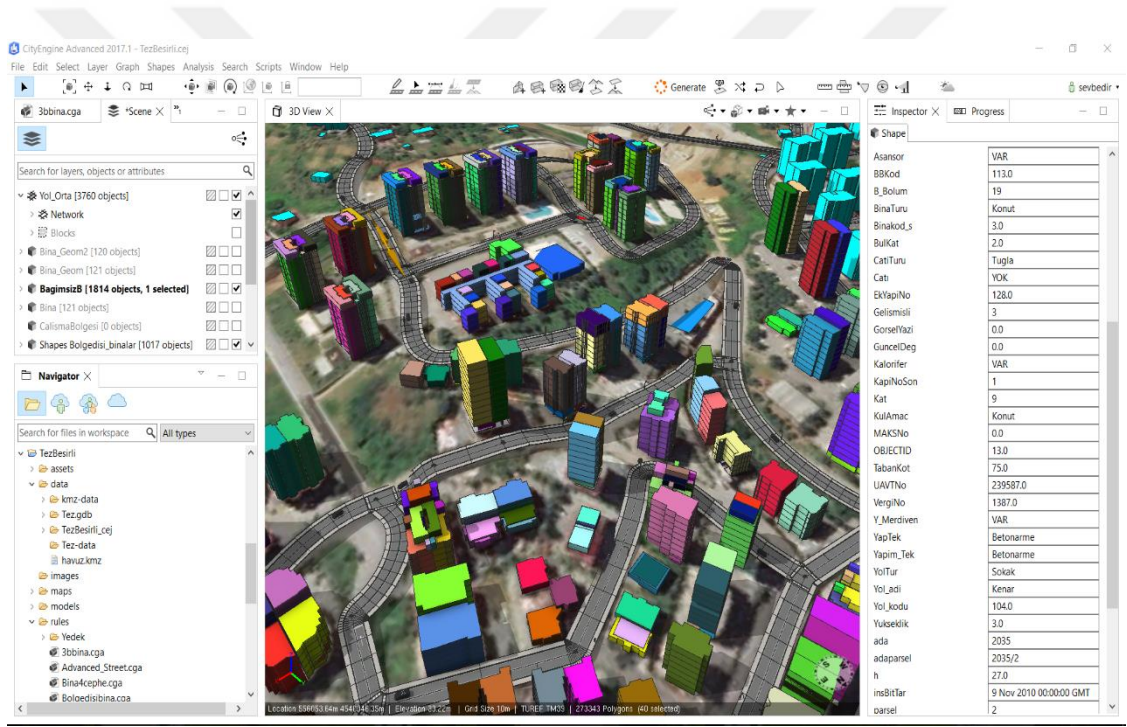
Şekil 60. Cephe giydirme işlemleri tamamlanan bir bina modeli



Şekil 61. Cephe giydirme işlemlerinden sonra binaların genel görünümü

2.3.6. 3B Modeller Üzerinden CBS Öznitelik Verilerinin Sorgulanması

CBS'lerin pratik avantajlarından birisi sözel bilgileri içermesi ve detaylara ait öznitelik sorguların yapılmasına izin vermesidir. Şüphesiz ki CBS tabanlı bir 3B modelleme platformu öznitelik sorguları mümkün kılmalıdır. Bu amaç ile City Engine yazılımında kural kodlar ile 3B model geometrilere entegre edilen/ilişkilendirilen sözel veriler 2B CBS yazılımlarında olduğu gibi sorgulanabilir bir yapıda tasarlanmıştır. Şekil 62' de bina katmanında her bir detayda var olan KBS veritabanından gelen öznitelik verileri grafik ekran üzerinden sorgulanmış ve sağ taraftaki panelde tablosal olarak gösterilmiştir.



Şekil 62. 3B modeller üzerinden CBS öznitelik verilerinin sorgulanması

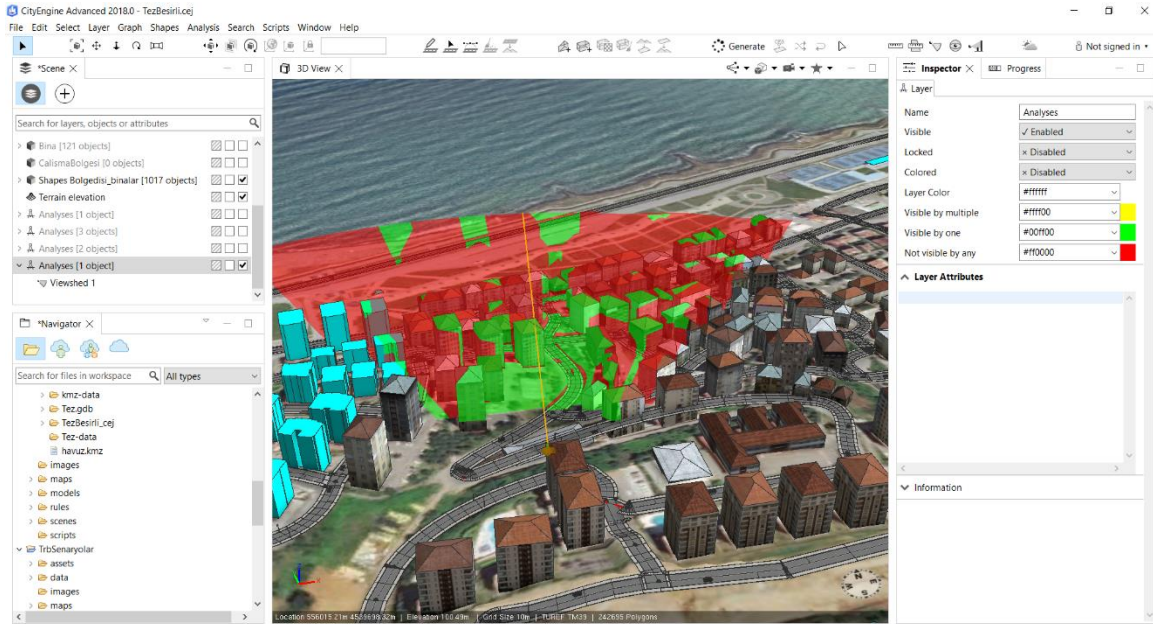
2.3.7. Kent Yönetimi Amaçlı 3B CBS Analizlerinin Yapılması

Bu aşamaya kadar üretilmiş olan 3B bina, bağımsız bölüm, ulaşım ağları ve bazı kent donatılarını içeren modelleri ile yapılabilecek 3B CBS analizlerinin sayısı artmaktadır. 3B CBS analizlerinden amaçlarına ve karakteristiklerine göre ve hangi 3B platformda gerçekleştirilebileceklerine dair kıyaslama araştırması yapılmış, araştırması sonuçları tezin

ilerleyen bölümlerinde tablosal olarak gösterilmiştir. Bu tablolar sayesinde 3B analiz platformu Esri mimarisi olarak belirlenmiş ve gösterilen 3B analizlerden tez çalışmasının amaçları ile uyumlu olan ve alana yenilik katan türleri bu bölümde pilot uygulama verileri üzerinden uygulanmıştır.

2.3.7.1. 3B Görünürlük Analizi (viewshed)

Şehir içerisinde bina bağımsız bölümlerin bakış açıları ve o konumdan görülebilen yerlerin görsel olarak 3B modeller üzerinden sorgulanabilir olması için farklı görünürlük analizleri bulunmaktadır. Bu analizin bağımsız bölüm bileşeni içeren CBS tabanlı 3B modeller üzerinden dinamik bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için Viewshed analizi uygulanmıştır. Şekil 63' te Yeşilpark sitesinde bulunan bir binanın 8 giriş nolu bağımsız bölümünün denize bakan cephesinden bakıldığında 60 derecelik yatay 30 derecelik düşey açı yaklaşık olarak 250 metre mesafede nerelerin görülebileceğinin 3B analizi dinamik bir şekilde yapılmıştır.

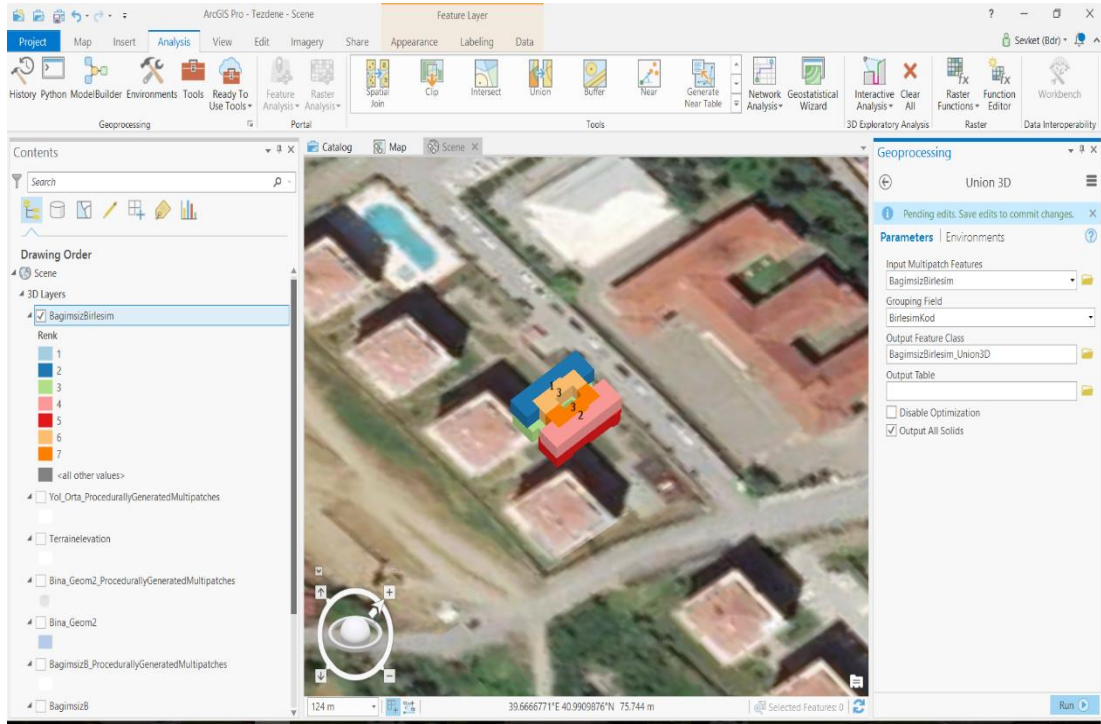


Şekil 63. 3B görünürlük analizi

Bu analiz sonucu oluşan analiz parametreleri gözlem yapılan noktanın koordinatları ve bağımsız bölümden bakış görseli ayrı bir katman olarak kaydedilmiştir. 3B görünürlük analizinin şehir yönetimi, planlama, silüet analizi ve emlak yönetimi gibi amaçlar ile kullanılması mümkün olabilecektir. Ayrıca tekil bina modelleri yerine, bağımsız bölüm bileşeni içeren 3B modellerin içeren şehir modelleri üzerinde daha hassas ve amaca uygun viewshed analizleri yapılabilmektedir. Bu analizde sonuç ürün olan çıktı sayesinde insanlar, 2B veya 3B olarak herhangi bir dairenin veya bölgenin görüş alanını zemine gitmeden algılayabilecektir. Yerel yönetimlerin planlama süreçlerinde senaryo durumuna göre veya gayrimenkul alım-satımlarında işlevsel bir destek sağlayabilecektir.

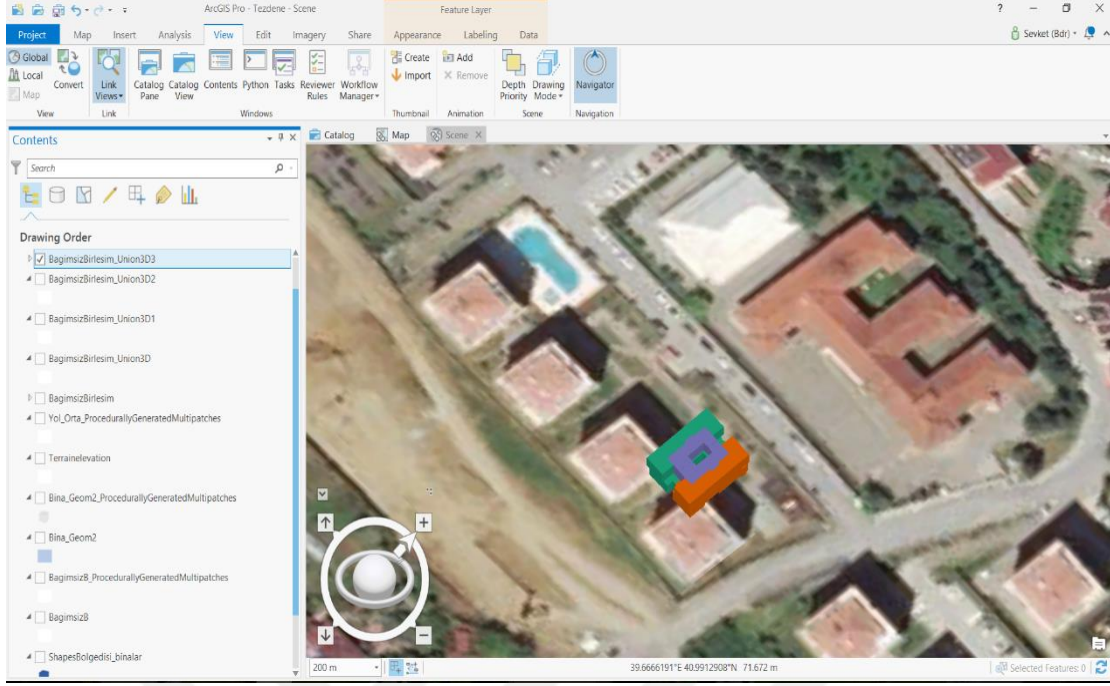
2.3.7.2. 3B Birleştirme Analizi (Union)

Yerel yönetimin envanter sisteminde bulunan bağımsız bölümler bazen birleşme ya da bölünme durumunda kalabilecektir. Ayrıca kadastro işlemlerinde, birleştirme (tevhid) ayırma (ifraz) gibi geometrik operasyonlar gerçekleştirilmektedir. Bu ve benzeri operasyonların 3. boyuta taşınması durumunda bu işlemlerin geometrik yapılarında ve öznitelik bilgilerinde 3B birleştirme ihtiyaçları olacaktır. Aşağıda 3B birleştirme (Union) analizi uygulanmış, birleştirme öncesi (Şekil 64) ve sonrası (Şekil 65) durum ekran alıntıları ile gösterilmiştir.



Şekil 64. 3B birleştirme öncesi durum

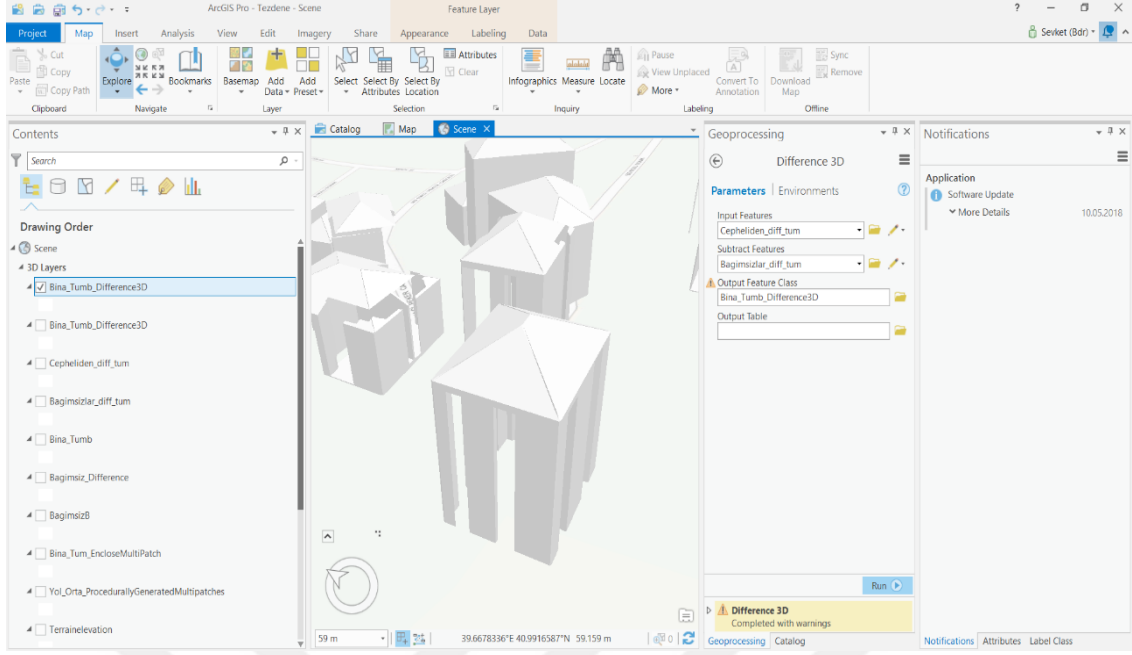
Sonuç olarak iki farklı bağımsız bölümün birleşmesi durumunda bu işlemin geometrik operasyonları 3. boyutta yapılmıştır. Bu analiz sayesinde geometrik değişikliklerin güncelleme işlemleri doğru bir şekilde yapılabilecektir. 3B kadastroya geçiş aşamasından sonra, 3B olarak tanımlanmış parseller veya örnek analizdeki gibi bağımsız bölümler üzerinden de bu işlemler gerçekleştirilebilecektir.



Şekil 65. 3B birleştirme sonrası durum

2.3.7.3. 3B Fark Analizi (Difference)

3B modelleme projelerinde veri ve model üretimi süreçlerinde çok farklı seçenekler olduğu tezin önceki bölümlerinde bahsedilmiştir. Aynı yapıya ait farklı yöntemler ya da aynı yöntem ile fakat farklı kaynaklardan gelen 3B modellerin hacimsel olarak kıyaslanması aralarında geometrik olarak tutarlılık bulunup bulunmama durumu tespit edilmesi gereken bir sorundur. 2B sistemlerde simetrik farkın tespit edilmesi ihtiyacı 3B sistemlerde sorun olarak yanı fakat yöntem ve platform açısından farklı tercih durumları olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu konudaki sorunun giderilebilmesi ve tercih edilen 3B platformunda CBS tabanlı 3B modeller üzerinden nasıl uygulanabileceği örnek veriler üzerinden test edilmiştir. Bu işlem için 3B fark analizi (Difference) uygulanmış ve 2 farklı 3B model veri seti arasındaki 3B uzayda oluşan geometrik farklılıklar Şekil 66' da gösterilmiştir.



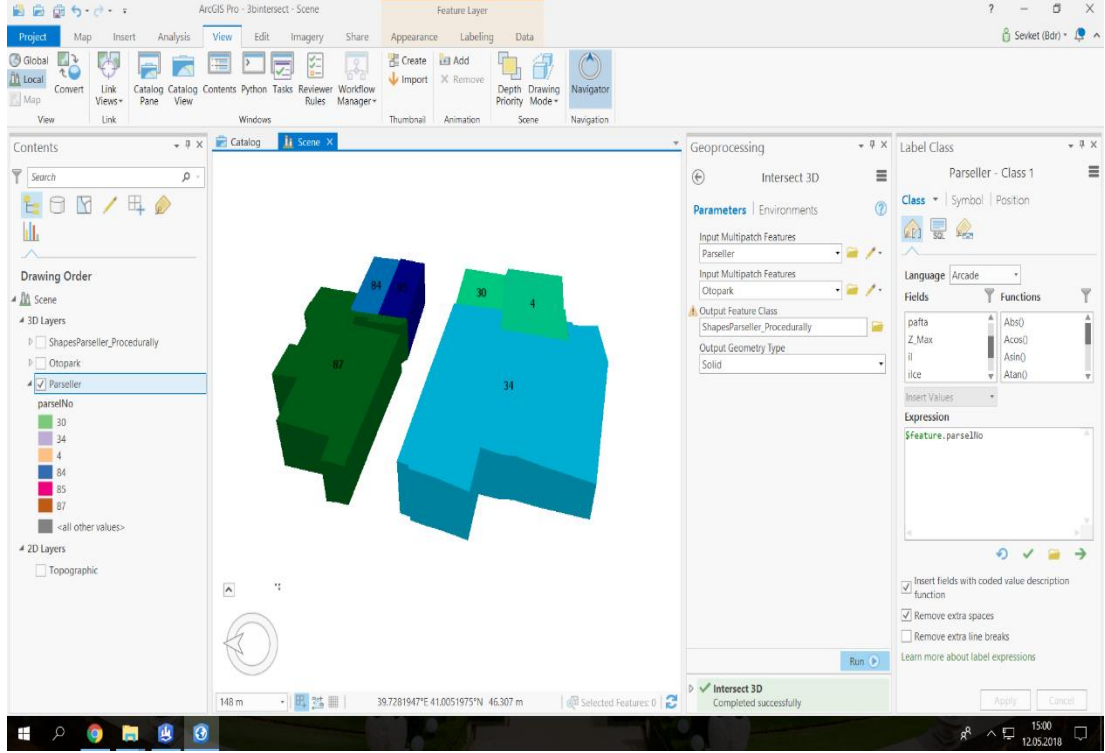
Şekil 66. 3B fark analizi sonuç çıktısı

Bu analizde binanın tüm alanını kapsayan tekil 3B modelleri ile bağımsız bölüm modellerinin birleştirilmesi sonucunda oluşan 3B model katmanının 3B fark analizine tabi tutulmuştur. Bu analiz kabiliyetinin giderek artan 3B modele konu veri üretim tekniklerinin kıyaslanması için önemli bir yöntem olabileceği kanısına varılmıştır.

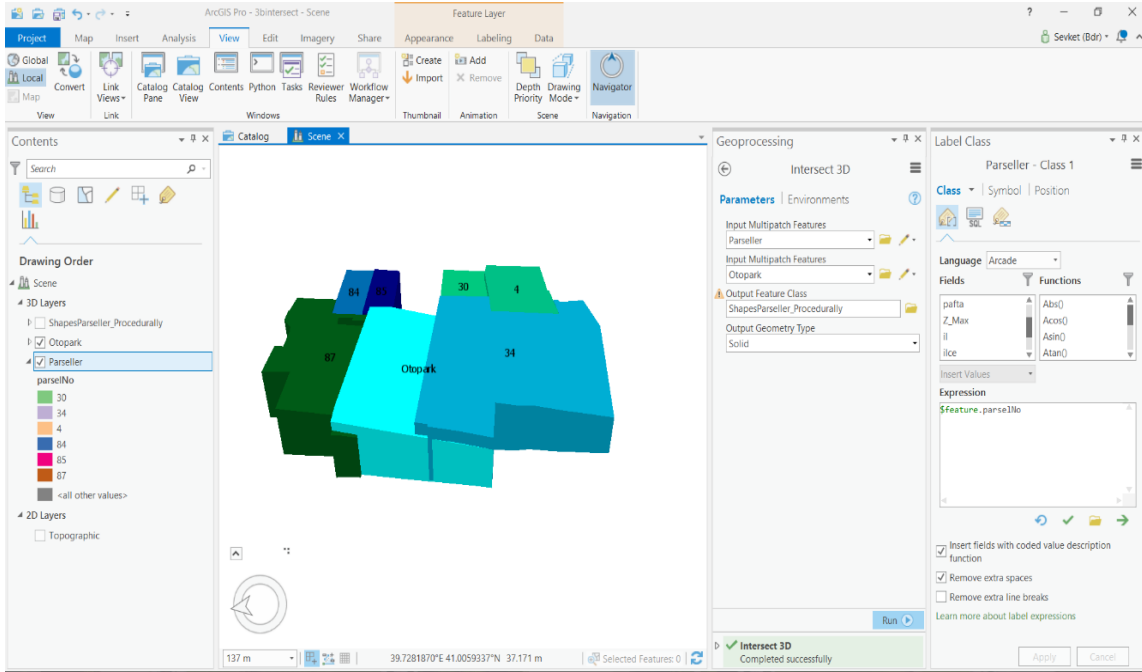
2.3.7.4. 3B Kesişim Analizi (Intersect)

2B CBS' de sıklıkla kullanılan ortak alanı tespit etmeye yarayan kesişim analizi CBS kullanıcıları tarafından bilinmektedir. Bu analizlerin 3B ortamlarda hacimsel olarak yapılabilmesi gerekmektedir. Bu analiz türünün haritacılık mesleğine özel uygulamasında, yer altında ve üstünde bulunan 3B modellemeye konu olan nesnelerin ortak kullanım alanları ile ilgili sorunların çözümü olabilecektir. Parsellerin zemin altı ve zemin üstü bölgelerinin 3B olarak temsil edileceği geleceğin 3B kadastrounda karşılaşılabilecek irtifak hakkı ya da fiili izinsiz kullanım sorunlarının nasıl çözülebileceği aşağıda 3B kesişim analizi uygulanarak çözülmeye çalışılmıştır. Bu amaç ile aşağıda Şekil 67' de gösterilen 4, 30, 34, 84, 85 ve 87 nolu kadastral parsellerin paylaştıkları sınırlar altında kapalı yer altı otoparkı bulunmaktadır. Bu kapalı yer altı otoparkının bir bölümü yol ağının altına gelmektedir. Parsellerin

izdüşümüne denk gelen yerlerinin 3B olarak belirlenebilmesi ve hesaplanabilmesi için 3B kesişim analizi uygulanmıştır. Şekil 68’ de yer altı otoparkının hangi parselin izdüşümünde ne kadar büyüklükte bir alanı işgal ettiği gösterilmiştir. Bu işlem gelecekte 3B kadastrolarda irtifak hakkı, ortak kullanım alanları ve benzeri sorunların çözümünde önemli rol oynayabilecektir.

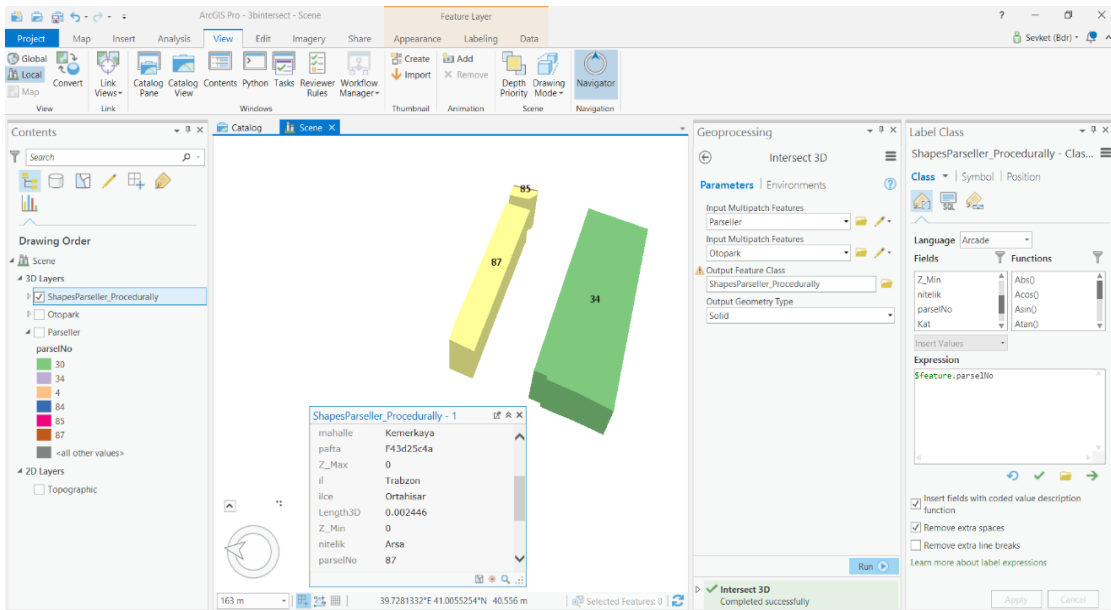


Şekil 67. 3B kesişim analizi yapılacak parsellerin yerin altındaki hacimleri



Şekil 68. Kapalı yer altı otoparkı ve 3B parseller

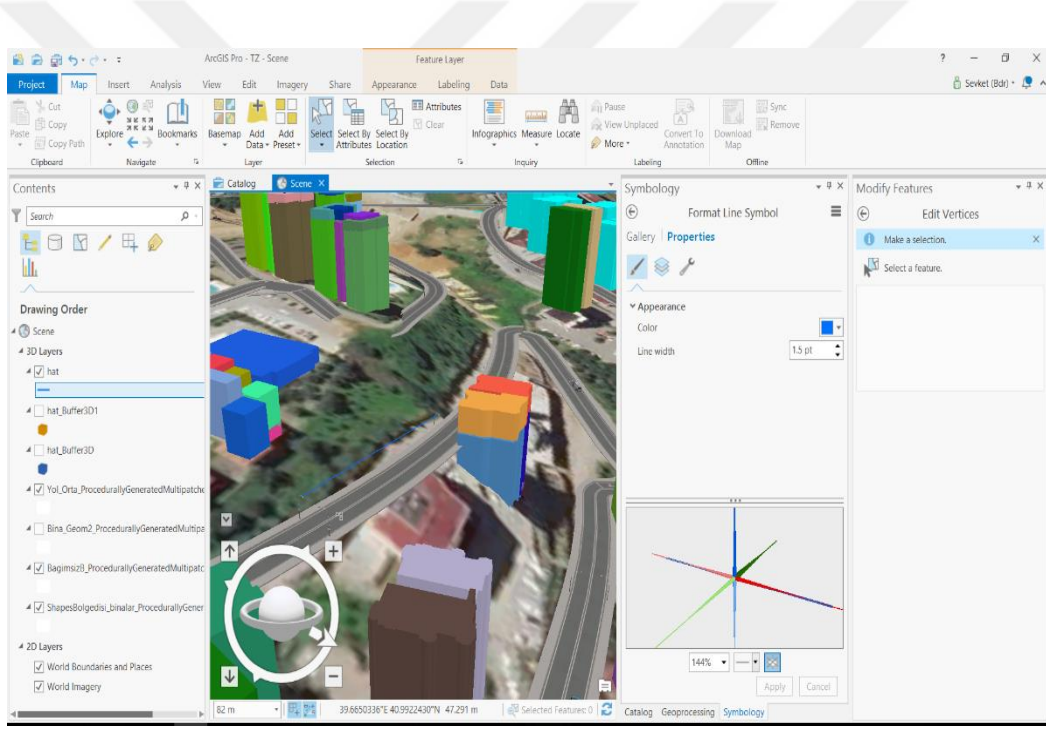
Yapılan 3B kesişim analizi sonucunda ortaya çıkan sonuç veri üzerinden (Şekil 69) hem hacim-mesafe-alan sorguları yapılabilmekte hem de sonuç ürünler 3B model olduğundan kolayca sunulabilmektedir.



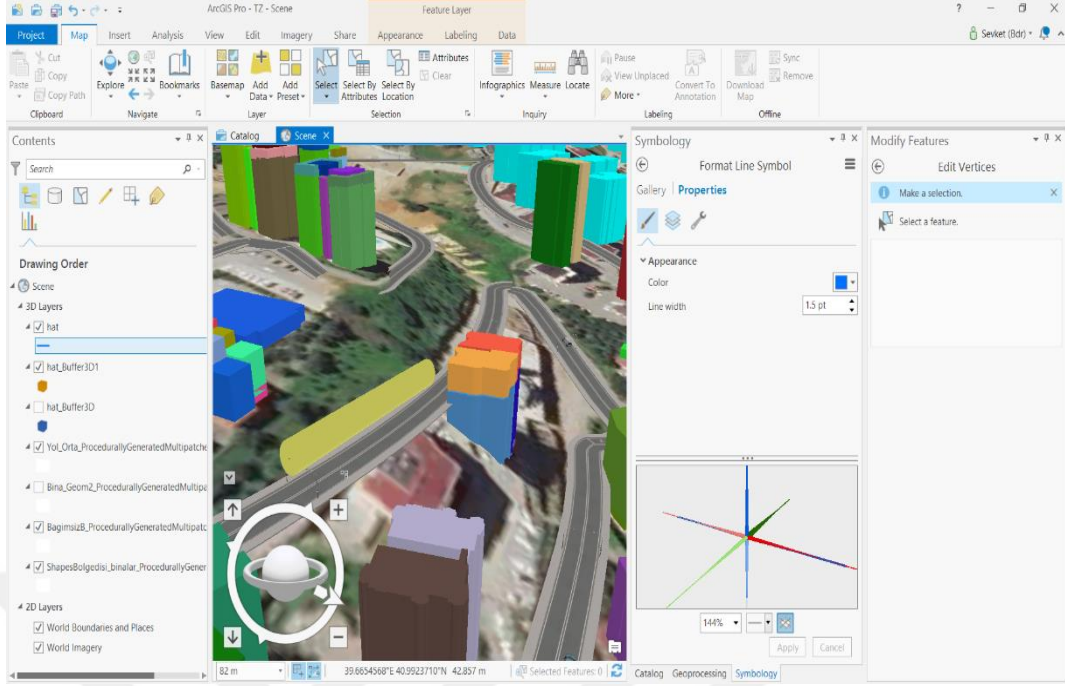
Şekil 69. 3B kesişim analizi sonuç çıktısı

2.3.7.5. 3B Buffer (Yakınlık) Analizi

3B şehir modelleri ile risk analizleri, etki değerlendirmeleri yapılabilecektir. Noktasal, çizgisel ve alansal mühendislik yapılarının belirli etki bölgeleri olabilmektedir. Örnek ile ifade edilecek olursa bir elektrik iletim hattının belirli mesafelerde olumsuz sağlık koşulları yaşattığı bilinmektedir. Aşağıdaki 3B analiz ile elektrik iletim hattının belirli bir parçasına 4 metrelik 3B buffer analizi uygulanmış ve analiz sonucu oluşan katman Şekil 70’ de gösterilmiştir.



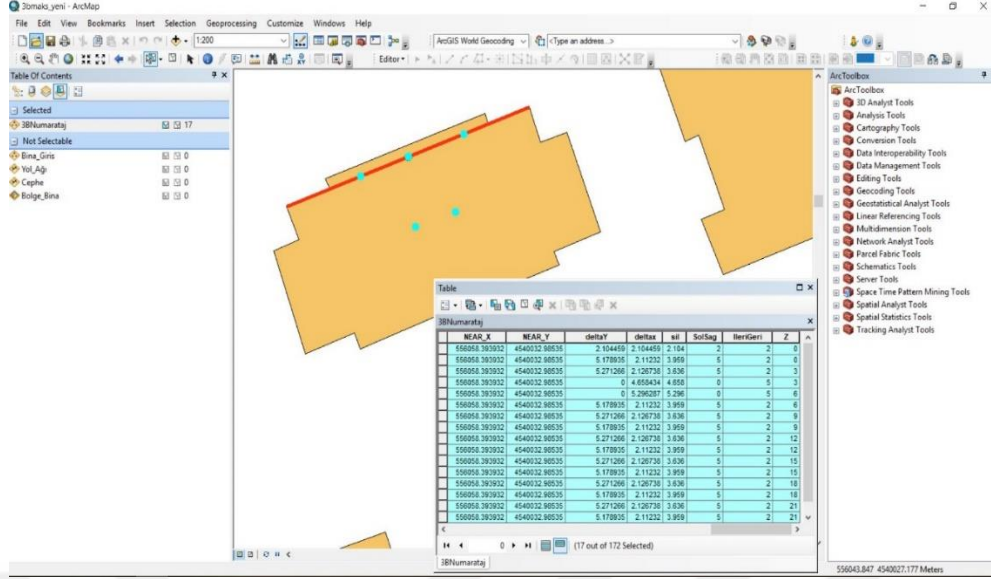
Şekil 70. 3B buffer analizi öncesi durum



Şekil 71. 3B buffer analizi sonrası durum

2.3.8. Bağımsız Bölümlerin 3B Geokodlanması ve Adres Yönetimi

Bu bölümde tez çalışmasının adres ve geokodlama sorunlarına getirdiği yenilikçi çözümler anlatılmaya çalışılmıştır. Tezin model tasarımı bölümünde anlatılan, bağımsız bölümlerin adres eşleştirilmesi ve 3B geokodlama yöntemleri pilot bölgede uygulanmıştır. Ayrıca adres verileri 3B bağımsız bölüm modellerine entegre edilmiş ve böylece adres verilerinin görselleştirilmesi sağlanmıştır. Aşağıdaki Şekil 72’ de bina girişi ve bağımsız bölüm girişleri arasındaki mesafe değerlerinin ve bina cephesi x düzlemi kabul edildiğinde x ve y yönündeki mesafelerin hesap tabloları, grafik görünümleri temsil edilmiştir.



Şekil 72. Bina ve bağımsız bölüm girişleri arasındaki metrik değerlerin hesaplanması

Bağımsız bölümlere ilişkin geokodlama çalışmalarının dünya genelinde oldukça az olduğu daha önceki bölümlerde izah edilmişti. Bağımsız bölümlere ilişkin adres sorunlarının çözülebilmesi için “Single House Sub Adress” adres eşleştirme metodu üretilen MAKS uyumlu adres veri setlerine uygulanmış (Şekil 73) ve %96 oranındaki eşleşme tutarlılığı ile işlem tamamlanmıştır. Eşleşme sonuçları, program tarafından otomatik olarak verilmiştir.

Create Address Locator

Address Locator Style: US Address - Single House Subaddress

Reference Data: 3BNumarataj (Primary Table)

Field Map

Field Name	Alias Name
*House Number	DaireKapiN
Side	<None>
Full Street Name	<None>
Prefix Direction	<None>
*Street Name	Sokak
Suffix Type	<None>
Suffix Direction	<None>
SubAddr Type	<None>
SubAddr Unit	BinaKapiNo
City or Place	<None>

Output Address Locator: D:\TezUyguncel\VT\3bmaks\3BdAdressLo

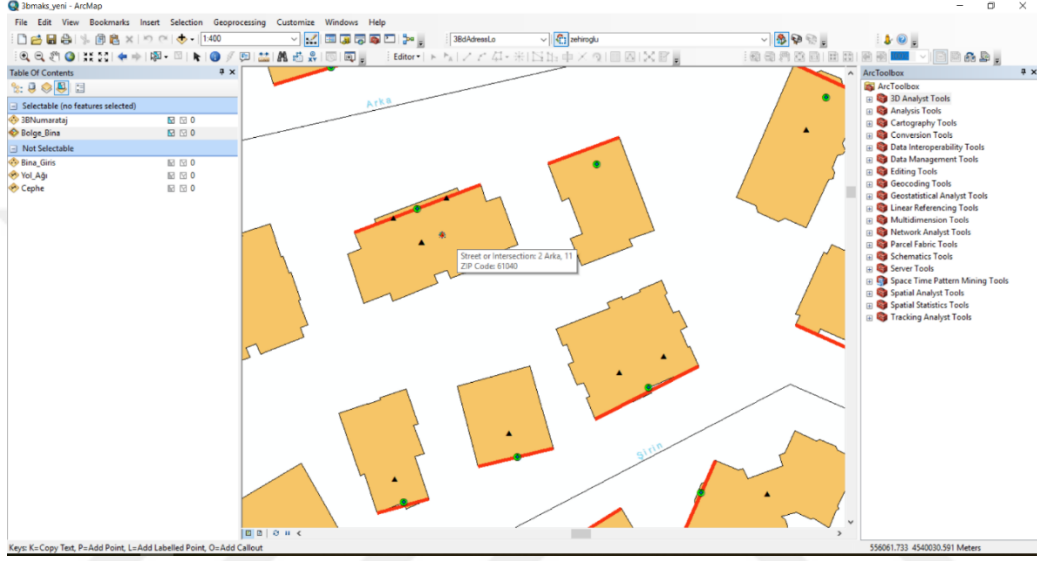
Configuration Keyword (optional):

☐ Enable connections (optional)

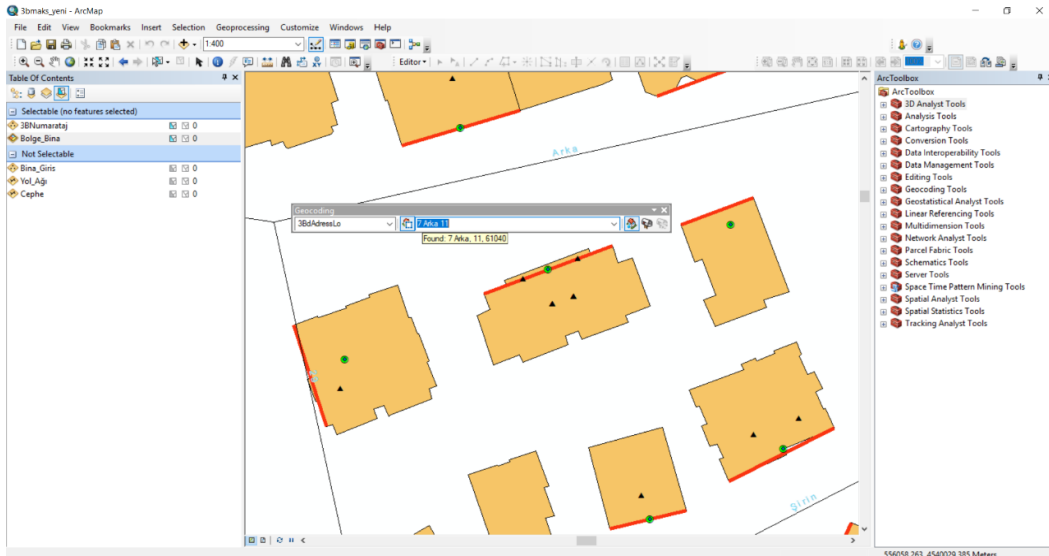
OK Cancel Environments... << Hide Help Tool Help

Şekil 73. Bağımsız bölümlerin geokodlanması

Adres geokodlama işlemindeki temel amaç sözel veriler, ya da koordinatlar üzerinden grafik gösterimlere ya da grafik veriler üzerinden sözel adres bilgilerine ulaşmaktır. Bu amacı gerçekleştirebilmek için kurulan Adress Locator ile test edilmiştir. Aşağıdaki Şekil 74’ te sözel adres verileri üzerinden grafik adres konumlarının gösterilmesi Şekil 75’ te ise harita üzerindeki grafik veriler üzerinden sözel bilgilere erişimin nasıl sağlandığı gösterilmiştir.

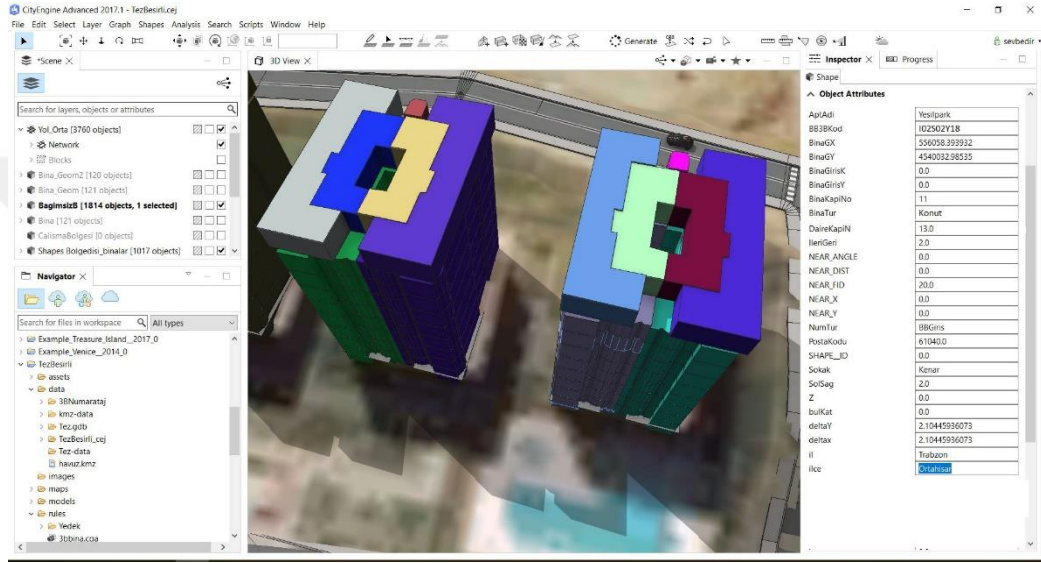


Şekil 74. Sözel adres bilgileri üzerinden grafik verilere erişilmesi



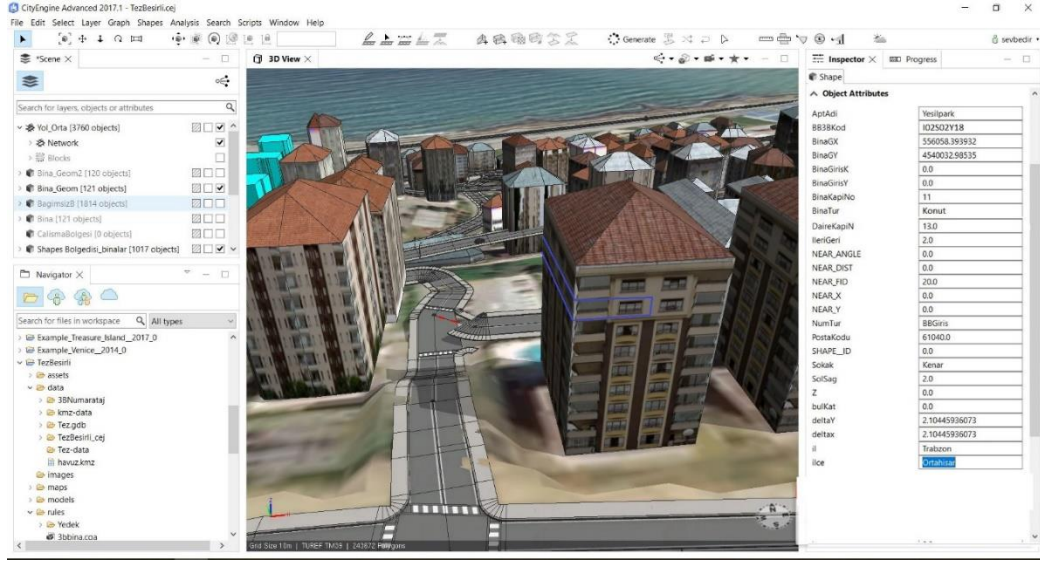
Şekil 75. Haritadaki grafik veri üzerinden sözel adres bilgilerine erişilmesi

Adres Verilerinin 3B Görselleştirilmesi: Tamamen 2B sistemler üzerine kurulu olan AKS' lerde sorunlar yaşanmaktadır. Özellikle bağımsız bölümler üst üste binen tekil noktalarla temsil edilmekte ve bu adres verisinin algılanabilmesini imkânsız hale getirmektedir. Bu sorunun çözülebilmesi için adres bilgilerinin 3B bağımsız bölüm geometrilerine entegre edilmesi gerekmektedir. Aşağıda Şekil 76' da bu işlem gerçekleştirilmiş ve sunulmuştur.

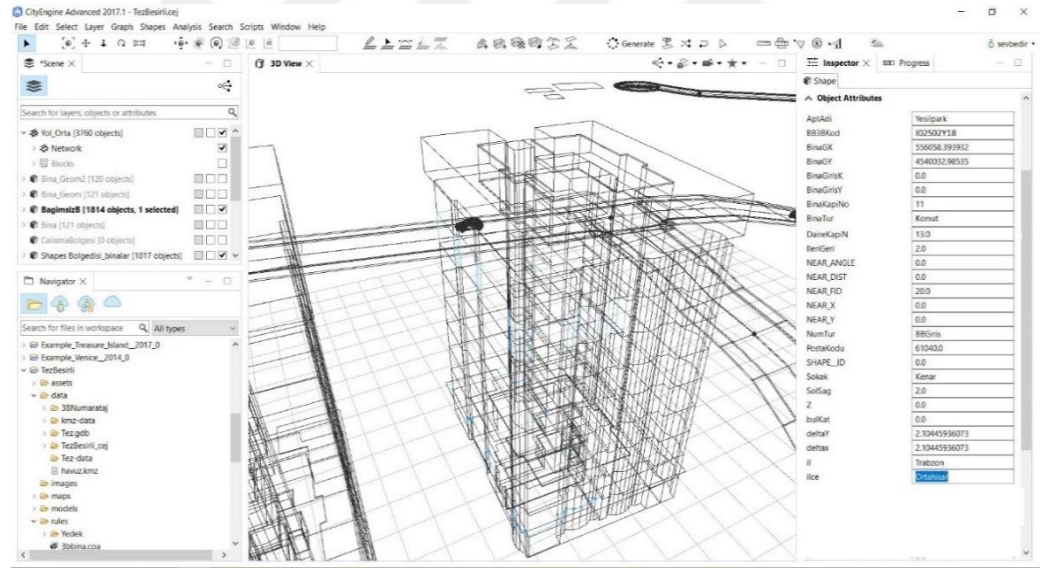


Şekil 76. Bağımsız bölüm 3B modellerine entegre edilen adres verisi

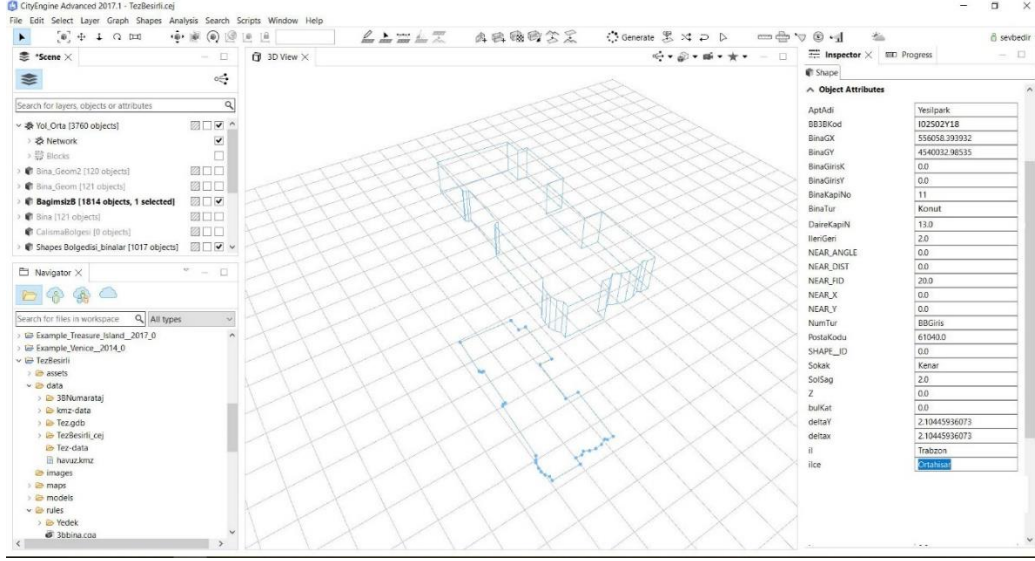
Bina ve bağımsız bölümlere entegre edilen adres verilerinin farklı görünümünü aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir. Öncelikle bina cephe görüntülerini içeren 3B model üzerinden görüntüler Şekil 77' de verilmiştir. Daha sonra bina ve bağımsız bölümlerin iskelet (wireframe) 3B modelleri üzerinden görünümü Şekil 78 ve Şekil 79' de sunulmuştur.



Şekil 77. Bina cepheli 3B modellere üzerinde bağımsız bölüm adres verisi



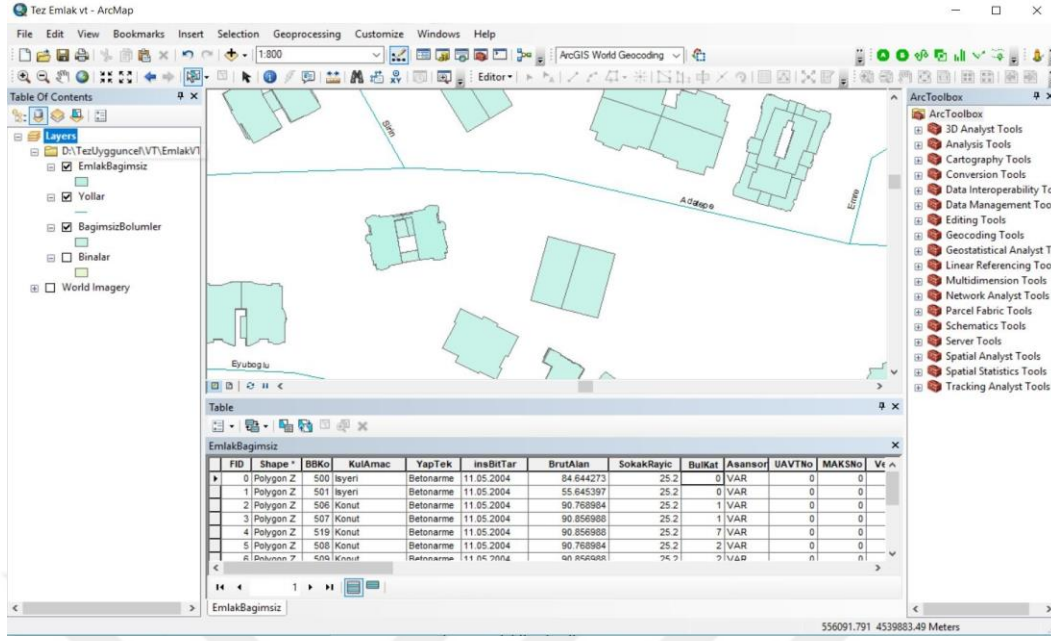
Şekil 78. Bina ve bağımsız bölüm iskelet 3B görünüm ve entegre adres verisi



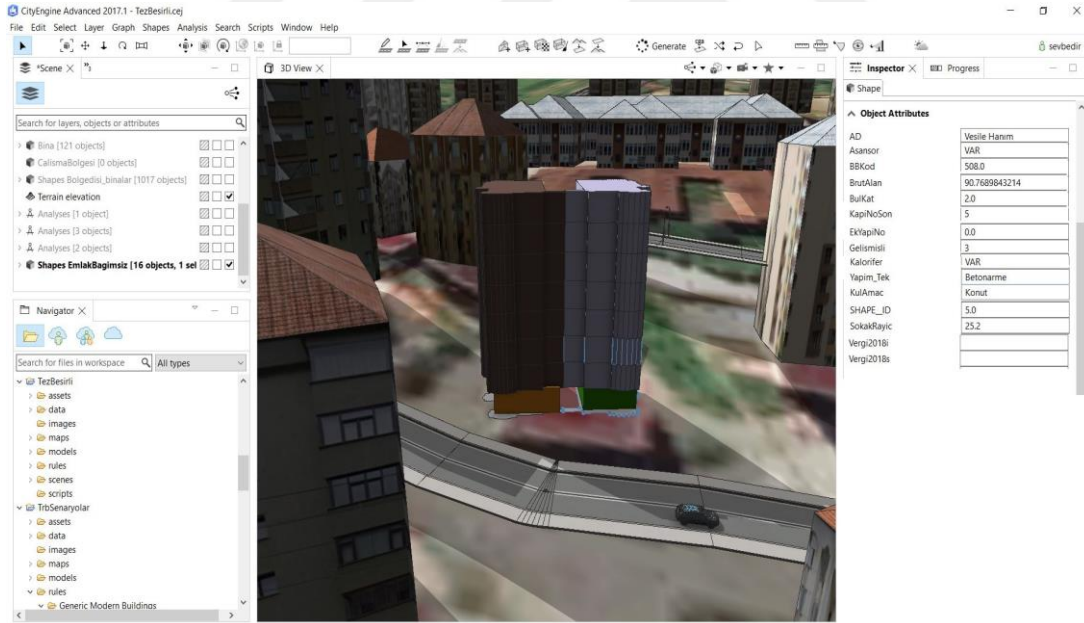
Şekil 79. Bağımsız bölüm iskelet 3B görünüm ve adres entegre verisi

2.5.9. Emlak Vergisi Yönetimi Analiz ve Görselleştirme

Emlak vergisinin tespitinde yaşanan sorunların 3B modeller yardımı ile daha etkin bir şekilde çözülebilmesi için, vergi hesaplanmasında kullanılacak parametreler bağımsız bölüm modellerinin CBS veritabanına girilmiştir. 3B modeller bu noktada zemine gitmeden bağımsız bölümün bağlı bulunduğu yapının cephe aldığı yol, bulunduğu kat, kot değeri gibi hususlarda güvenli bilgi sağlamaktadır. Şekil 80’ de CBS’ ye veri girişi ve Şekil 81’ de emlak vergisine hesaplamada esas olacak parametrelerin (brüt alan, yapım tekniği, gelişmişlik durumu, asansör durumu, kullanım amacı vb.) modellere entegre edilmiş hali gözükmemektedir.



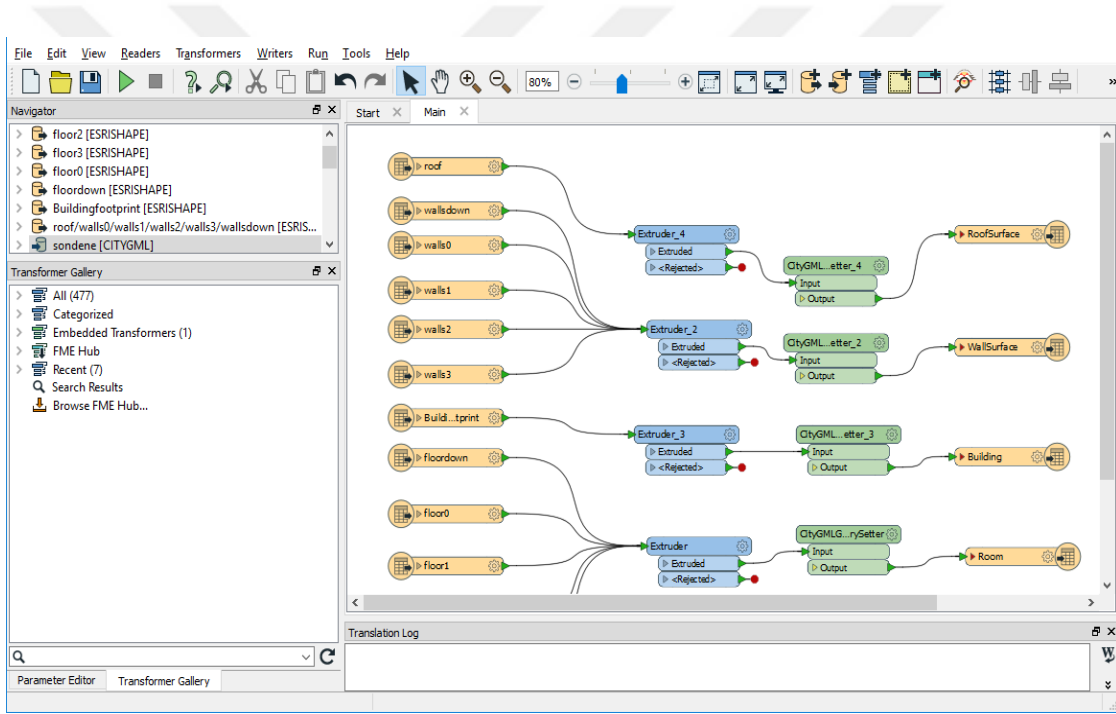
Şekil 80. Emlak vergisi takibi için 2B CBS' de veri girişi



Şekil 81. Emlak vergisi görselleştirme ve sorgulama

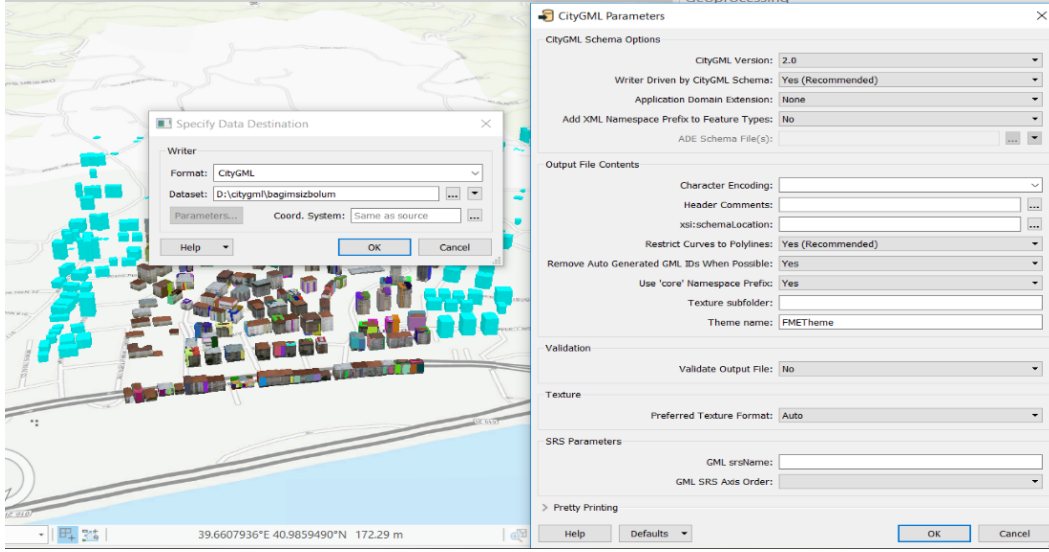
2.3.9. 3B Modellerin City GML Formatına Dönüştürülmesi

3B platformlarda birlikte çalışabilirliğin sağlanabilmesi için ortak veri dönüşüm formatlarına aktarma özelliği bulunması gerekmektedir. 3B şehir modelleri için bilinen en yaygın açık veri değişim formatı ise City GML'dir. 2B CBS verilerini ve üretilen CBS tabanlı 3B modelleri City GML formatına otomatik bir şekilde dönüştürebilmek için Feature Manipulation Engine (FME) yazılımı ile format dönüşüm algoritması oluşturulmuştur (Şekil 82). Bu algoritma sayesinde veriler tanımlanan parametre değerlerine göre otomatik olarak dönüştürülebilmektedir.



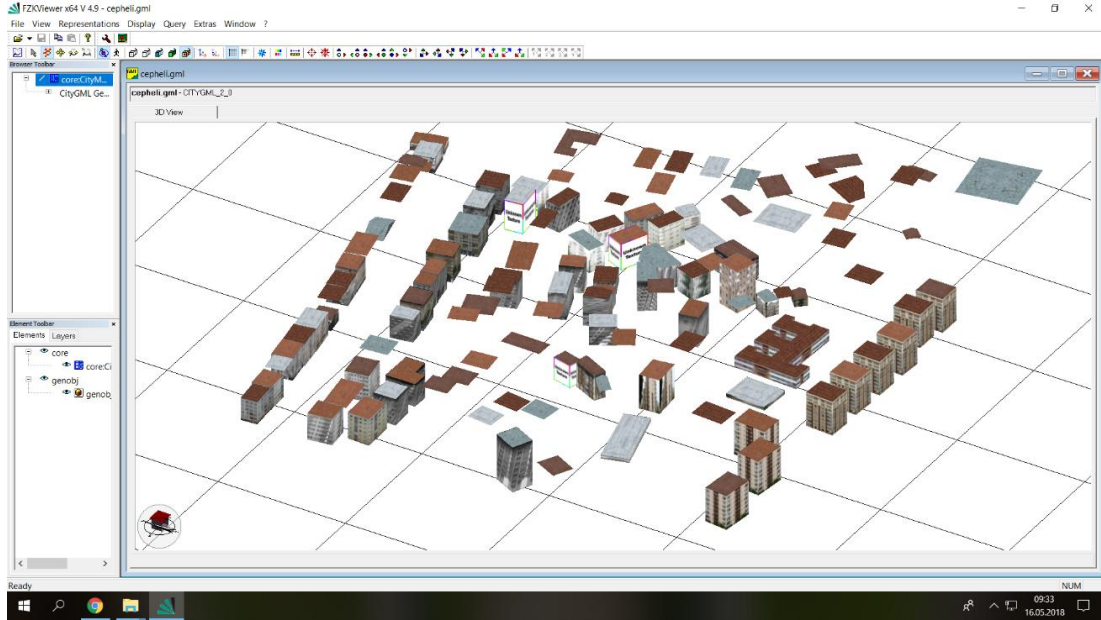
Şekil 82. City GML formatına dönüşüm algoritması

Kapsamlı olarak bütün aşamalara müdahale edilebilen algoritmik yaklaşımın yanı sıra tercih edilen 3B CBS yazılımı da kısıtlı da olsa bir dönüşüm işlevi sunmaktadır (Şekil 83). İki yöntem kıyaslandığında bütün parametreler üzerinde değişiklik yapabilme imkânı tanıyan FME yazılımının 3B veri dönüşüm operasyonları için de verimli, esnek ve pratik olacağı belirlenmiştir.



Şekil 83. City GML formatına dönüştürmenin 3B yazılım üzerinden yapılması

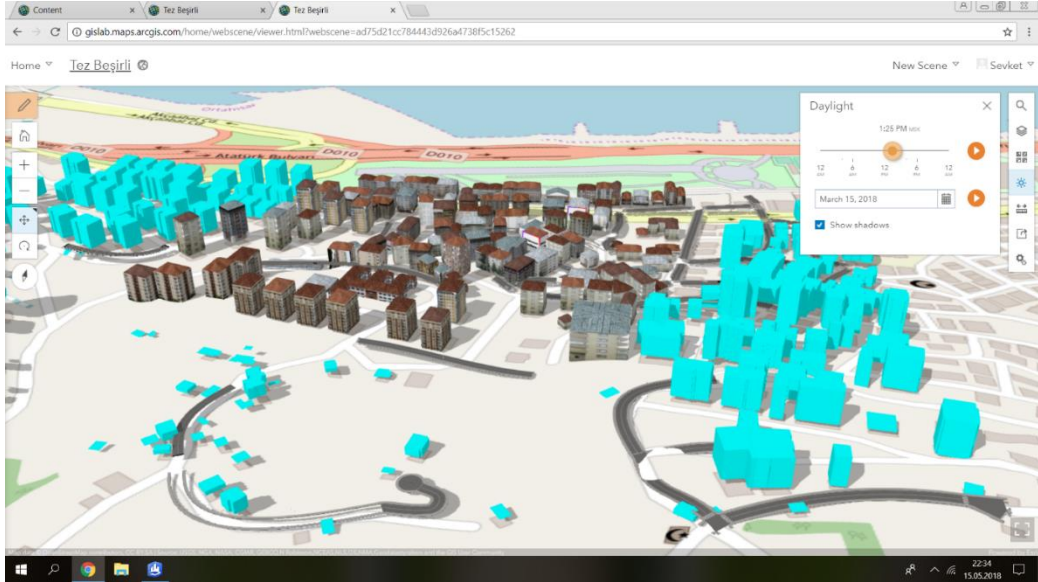
City GML formatına dönüştürülen 3B bina ve bağımsız bölüm modelleri açık kaynak kodlu ve ücretsiz bir yazılım olan FZK Viewer programında da açılmıştır (Şekil 84).



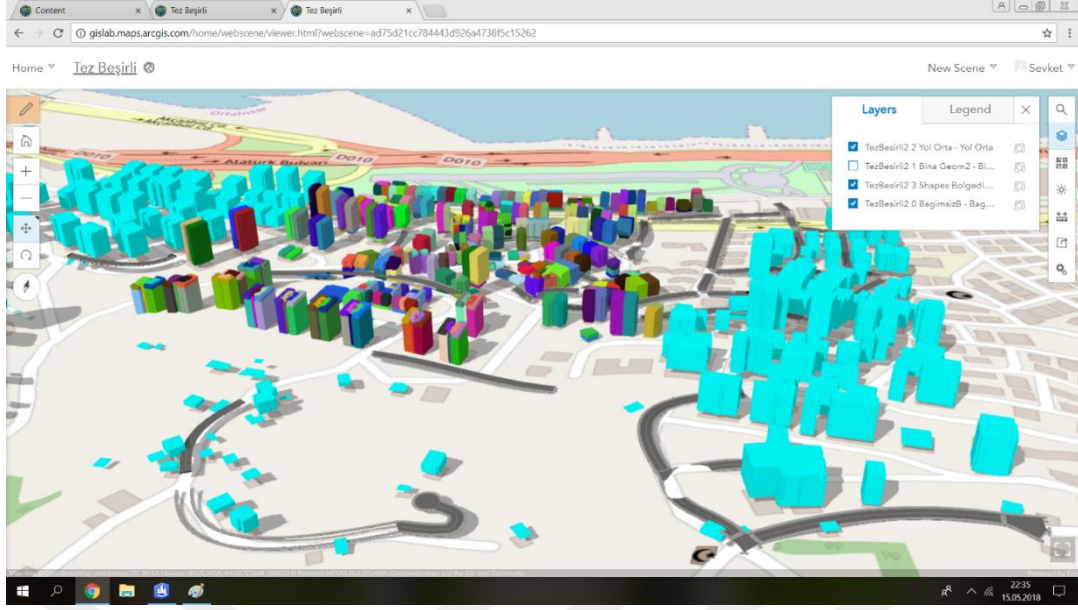
Şekil 84. Bina ve bağımsız bölümlerin 3B modellerinin FZK Viewer ile açılması

2.3.10. 3B Modellerin Bulut Bilişim Teknolojisi ile İnternet Üzerinden Paylaşılması

Üretilen 3B modellerin internet üzerinden paylaşılma ve 3. kullanıcılara sunma işlemlerinin bulut bilişim mimarisinde gerçekleştirileceği daha önce belirtilmiştir. Bu işlem için tezin daha önceki bölümlerinde tanımlanan izinler, yetkiler ve erişim opsiyonları gibi kriterleri sağlayacak şekilde 3B modelleri internete açma işlemi gerçekleştirilmiştir. Veritabanı içeren 3B modellerin tüm CBS bileşenleri ile internete açılması yerel veya merkezi yönetimlerce istenmeyen bir durum olması muhtemeldir. Bulut üzerinden 3B modeller paylaşılırken olası sorunları önleyebilmek için veri paylaşım ayarları optimize edilmiş, tez çalışmasının önceki bölümlerinde belirtilen erişim izinleri durumuna göre web sahnesini dinamik bir yapıda oluşturan 3B model paketleri oluşturulmuştur. Bu sistem sayesinde kişilerin özel verileri bağlamında sayılabilecek veya paylaşılması durumunda güvenlik ihlali ortaya çıkarabilecek veriler internete açılmamıştır. Paylaşılan CBS tabanlı 3B modellerin internet tarayıcısı üzerindeki görünümü Şekil 85 ve 86’ da verilmiştir. Bu modeller ile internet üzerinden görüntüleme işlemlerinin yanı sıra, öznelik sorgulama (yetki/izin durumuna göre) güneş ışığı analizleri gibi bazı önemli işlemler de gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 85. CBS tabanlı 3B modellerin internete açılması (Bina Model)



Şekil 86. CBS tabanlı 3B modellerin internete açılması (bağımsız bölüm model)

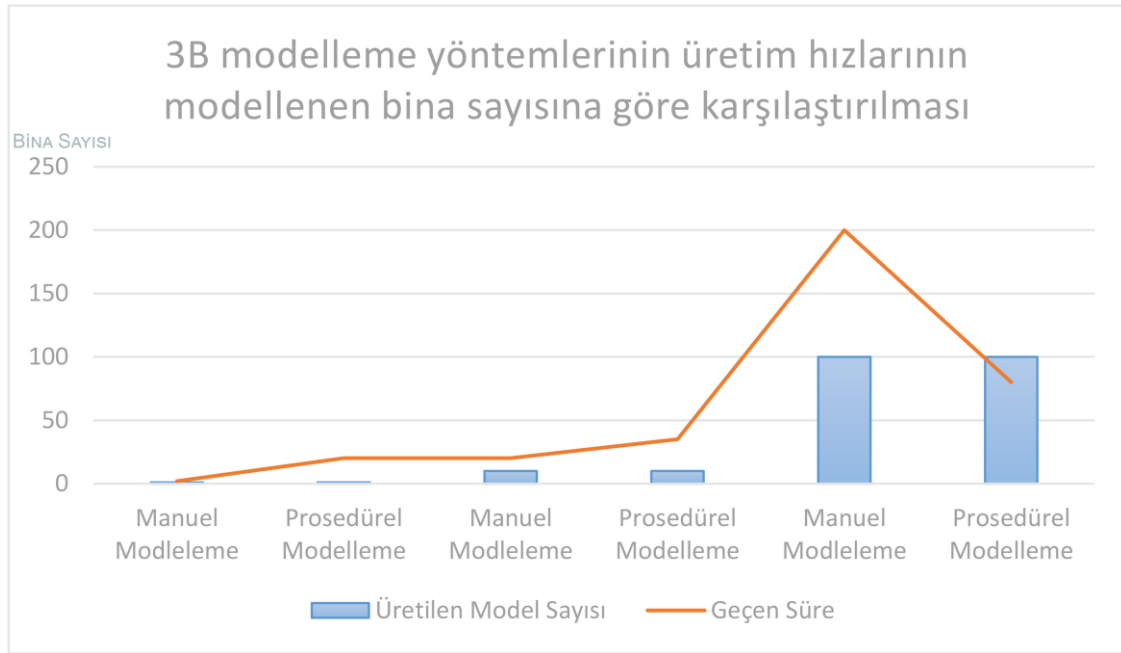
3. BULGULAR VE İRDELEMELER

3.1. CBS Tabanlı 3B Modelleme Yaklaşımının Değerlendirilmesi

Bu bölümde tez kapsamında model ve öneri bir yaklaşım olarak üretilen 3B modelleme ve sunum tekniklerinin konumsal doğruluk, 3B model üretim hızı, görsel kalite ve sonuç ürünün farklı disiplinler tarafından kullanılabilirliği detaylı olarak irdelenmiştir. Bu irdellemeler sonucunda üretilecek 3B modellerin diğer sistemler ile kıyaslandığında avantajları ve dezavantajları tespit edilmiş, birer bulgu olarak sunulmuştur.

3.1.1. 3B Model Üretim ve Çalışma Hızının İrdelenmesi

Tez çalışmasında tercih edilen prosedürel modelleme yönteminin, mahalle veya kent ölçeğinde yapılan çalışmalar için oldukça elverişli bir yöntem olduğu belirlenmiştir. Öncelikle CBS verilerinin sisteme entegrasyonu bu sistem sayesinde diğerlerine göre avantajlara sahiptir. Tekil bir binanın 3B modellenmesi durumunda 3d max, Sketch Up, gibi yazılımlar avantajlı hale gelmektedir. Çünkü gerek profesyonel 3B modelleme bilgisine sahip olmayı zorunlu kılmayışı gerek prosedürel modelleme yöntemindeki ön hazırlık çalışmalarına ihtiyaç duyulmaması bu sistemleri küçük projelerde tercih eilmektedir. Fakat 3B modellemeye konu olan bina sayısı 100 rakamının üzerindeyse prosedürel modellemeyi tercih etmek doğru olacaktır. Bina sayısı 1000' lerin üzerinde ise prosedürel veya benzeri bir yöntem ile çalışmak doğru olacaktır. Prosedürel modelleme yöntemi, bina sayısı arttıkça, toplam iterasyon sayısında yani zaman içerisinde üretilen 3B modellerin sayısında ciddi fark yaratmaktadır. Çalışma hassasiyeti, modellerin barındırdığı detay, model içerisindeki toplam poligon sayısı vb. parametreler model üretim hızlarını doğrudan etkilemekle birlikte bütün parametrelerin aşağı yukarı aynı olduğu bir 3B modelleme test çalışması yapılmış ve sonuçlar Şekil 87' de sunulan grafikte gösterilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi 10 farklı binaya kadar manuel modelleme yöntemi avantajlı gözükmemektedir. Fakat bina sayısı 50-60 rakamlarını aştığında özellikle 100' e ulaşp geçtiğinde prosedürel yöntemle bina 3B model üretimi önemli ölçüde zaman kazandırmaktadır.



Şekil 87. 3B modelleme yöntemlerinin üretim hızlarının modellenen bina sayısına göre karşılaştırılması

3.1.2. Konumsal Doğruluğun / Hassasiyetin İrdelenmesi

Haritacılık mesleğinde üretilen bir verinin doğruluğu ciddi önem arz etmektedir. 2B haritalama yöntemlerinde her zaman konumsal hassasiyet önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmıştır. Yakın gelecekte 3B modelleme alanında da doğruluk parametresi milimetre, santimetre veya metre düzeylerinden hangi mertebede çalışıldığı önemli olacaktır. Manuel modelleme yöntemi teknik olarak milimetre düzeyinde çalışabilmeye izin vermekle birlikte sonuç ürünün konumsal hassasiyeti girdi ham verilerin ve kullanılan yöntemlerin sağlıklı olabilmesine bağlıdır. Prosedürel modelleme yöntemi ise genellikle santimetre mertebesinde çalışmaktadır. Bu noktada hem prosedürel modelleme yönteminin hem de mimari planlardan veri üretiminde tercih edilecek yöntemlerin metrik hassasiyetleri sonuç ürünün kalitesini ortaya çıkarmaktadır. Önerilen ve tez çalışmasında test edilen sistemin doğru olup olmadığının ispatlanması için tezin daha önceki bölümlerinde belirtildiği gibi Lazer Tarayıcı cihaz ile aynı binaya ait metrik değerler üretilmiş ve sonuç kıyaslanması gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, tez çalışmasının başında belirlenen hedefler ile uyumlu olmuştur. Hata miktarı santimetre mertebesinde kalmıştır. Bu doğruluk testi

çalışması itina ile yapılmıştır, fakat seri üretimde hata payı mutlaka artacaktır. Özellikle mimari planların düşük çözünürlüklü olduğu durumlarda hata 10 cm değerinin üzerine çıkmıştır. Üretilen modellerin kullanım amaçları ve hedeflenen uygulama alanları göz önünde bulundurulduğunda ulaşılan maksimum hata miktarlarının kabul edilebilir düzeyde olduğu belirlenmiştir. Ölçülen değerlerin özet değerlendirmesi Tablo 4’ te gösterilmiştir. Ayrıca bu değerler ile korelasyon matrisi hesaplanmıştır (Tablo 5) ve sonuç 0.987 olmuştur. Yani eğer mimari plan yüksek çözünürlükte ise ve yapılaşma buna uygun gerçekleşmiş ise hata payı çok düşük seviyelerde kalmaktadır. Bu ölçümler, büyük titizlikle ve ulaşılacak minimum hata miktarını tespit edebilmek için yapılmıştır. Seri model üretiminde, planların sayısallaştırmasından kaynaklanan hatalar, plana uygun yapılmayan yapılar ve öngörülemeyen diğer faktörler hata miktarını mutlaka artıracaktır. Ancak olağanüstü bir durum gerçekleşmedikçe 3B kent modeli üretimi için kullanılabilir yapıda olacaktır.

Tablo 4. Ölçülen metrik değerlerin istatistiksel analizi

Değişken	Gözlemler	Veri kaybı olan gözlem	Veri kaybı olmayan gözlem	Minimum (metre)	Maksimum (metre)	Ortalama (metre)	Std. Sapma
Prosedürel Model	29	0	29	2.360	6.130	4.405	1.392
Lazer Tarayıcı	29	0	29	2.450	6.560	4.701	1.263

Tablo 5. İki farklı yöntemden elde edilen ölçümlerin korelasyon matrisi

	Prosedürel Model	Lazer Tarayıcı
Prosedürel Model	0.987	1
Lazer Tarayıcı	1	0.987

3.1.3. Görsel Kalitenin İrdelenmesi

Prosedürel modelleme yaklaşımı teknik olarak yüksek çözünürlüklü 3B modellerin üretilmesine imkân tanımaktadır ama model kalitesi ne kadar artarsa sistem o kadar yavaşlamaktadır. Bu sebepten dolayı kent veya mahalle ölçekli çalışmalarda yüksek görsel kalite hedefi arka planda kalmaktadır. Gerek sistemin yavaşlaması gerek güncelleme, model oluşturma süreçlerinin zaman-emek yükünün artması doğru kararın orta seviyede görsel kaliteye sahip 3B bina, yol, park vb. modellerin üretilmesi gerektiğini belirlemiştir. Manuel yöntemler değerlendirildiğinde, kaliteli render alma, animasyon desteği, görsel zenginleştirme seçenekleri gibi fonksiyonlar sayesinde manuel yöntemlerde oldukça kaliteli sonuç 3B modeller ortaya koyabilmektedir. Prosedürel modelleme ile üretilen 3B modellerin render alma işlemleri genellikle harici 3B modelleme platformları üzerinden gerçekleştirilmektedir. Durum özetlenecek olursa prosedürel modelleme yöntemi ve tez kapsamında uygulanan yöntemler; hız açısından avantajlı, metrik doğruluk açısından uygun ve görsel kalite açısından kısmen dezavantajlı fakat kabul edilebilir düzeydedir.

3.2. Sistemin Kent Yönetimindeki Faydalarının İrdelenmesi

Giderek yoğunlaşan ve hizmet çeşitlilikleri artan kentlerin yönetim süreçlerinde 3B destekli hizmetler önemli avantajlar sağlayacağı belirlenmiştir. KBS verilerinin 3. boyuta taşınması ve özellikle de bağımsız bölüm bileşeni hem geometrik hem de sözel bilgileri ile depolanması, sunulması bilgi sistemlerindeki hata olasılıklarını azaltmakta ve algı yönetimini kolaylaştırmaktadır. Bağımsız bölüm bileşeni içerecek şekilde içerilen ve aynı zamanda CBS tabanlı olan 3B bina modellerinin kullanım alanları oldukça geniştir. Kent içerisinde, karar verme süreçleri, planlama faaliyetleri, turizm aktiviteleri, emlak alım-satım işleri gibi birçok alanda önemli avantajlar sağlamaktadır. Altyapı ve üstyapı donatılarını CBS mantığı ile ve komşuluk ilişkisi içerisinde bir arada 3B olarak depolayabilen ve sunabilen bu sistem 2B KBS'lerin 3B formatındaki haline dönüşmektedir. Bu dönüşüm sayesinde uygulanabilen 3B analizler ve sorgular önemli avantajlar sunmaktadır.

3.3. Sistemin Adres Yönetimindeki Faydalarının İrdelenmesi

Adres sorunlarının çözülmesinde 3B sistemlere olan ihtiyaç tez çalışmasının önceki bölümlerinde detaylı olarak belirtilmişti. Bu sorunların en başında da bağımsız bölümlerin 2B sistemlerde temsil edilemeyişi yer almaktadır. 3B sistemler sayesinde adres verileri görselleştirilebilmekte, veritabanında tekil (unique) olarak saklanabilmekte ve kullanılmaktadır. Adres verisinin karşılığı çoğunlukla sadece bir noktaya değil belirli bir alana karşılık gelmektedir. Bu alanın ve hacimsel bölgenin temsili de ancak 3B sistemlerde mümkün olmaktadır. Tez çalışması kapsamında geliştirilen ve zayıf navigasyon bilgisi içeren 3B geokodlar da üretilmesinin kolay oluşundan dolayı bu yöntem ile 3B modellemeye konu olacak 3B bina ve ilgili bağımsız bölümlerin temsili ve ayırt edilmesinde işlevsel bir role sahip olmuştur. Tezin pilot çalışmasında gözlemlenen bir diğer husus ise Türkiye’de adres tanımlama ve numarataj verme işlemlerinde olmayan standart sorundur. Standardize edilmeyen adres verilerinin bir araya getirilmesinde ve adres eşleştirme yöntemlerinin uygulanmasında ciddi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu adres standardı sorunlarının çözülebilmesi için ülkemizde mutlaka standart türde adres kaydı yapılmalıdır. İkinci bir husus ise bağımsız bölüm kapı numaralarındaki tutarsızlıklardır. Kamu binası, otel hastane gibi binalarda katlara göre ayrı numara verilmektedir. Fakat konutlarda genelde 1, 2, 3, 4... şeklinde numara verilmektedir. Ardışık numaralardan kat bilgisine doğrudan erişim mümkün olmamaktadır. Fakat 101, 102, 201, 202... şeklindeki bir kapı numaralandırma sisteminde ise kapı numarası doğrudan kat bilgisi hakkında bilgi vermektedir. Bu yaklaşım ile numaralandırılan bağımsız bölümlerin CBS tabanlı 3B modellerinin üretilmesinde, bağımsızın bulunduğu kat bilgisi girme ihtiyacı ortadan kalkacak ve iş yükü bir nebze olsa da azalacaktır. Tezin uygulama kısmına karşılaşılan ve tez içerisinde yer yer bahsedilen hatalı adres sorunlarının çözülmesi, geokodlama işlemlerinin kolaylaşması ve 3B adres temsiliinde hataların azaltılabilmesi için hiyerarşik (dar bölgeden geniş bölgeye) doğru ilerleyen bir adres kayıt standardının oldukça işlevsel olabileceği öngörülerek örnek bir adres oluşturulmuştur (Tablo 6).

Tablo 6. Adres kayıtlarına ilişkin standart kayıt önerisi

Bağımsız Kapı No	Bina Adı	Sokak/ Cadde	Mahalle/ Köy	Posta Kodu	İlçe	İl	Ülke
302	Sevgi Apt.	Çiçek Cd.	Emek Mah.	06490	Çankaya	Ankara	TR
301	Gençtürk Apt.	Alemdağ Cd.	Kanuni Mah.	61080	Ortahisar	Trabzon	TR
404	Hilal Apt.	20008 Nolu Cd.	Güven Mah.	27070	Şahinbey	Gaziantep	TR

Yukarıdaki tabloda (Tablo 6) temsil edilen adreslerin CBS veritabanında ayrıca şu bilgilerinde hesaplatılıp depolanması uygun olacaktır. Bina Giriş X (veya Enlem), Bina Giriş Y (veya Boylam) ve bina yön kodu. Yani örnek olarak ilk satırda Ankara ilindeki adres Tablo 4’ teki bilgilerin yanı sıra 39,0933091; 32,873052; S04I05Y09 şeklinde kayıt alınması hem 2B hem de 3B sistemlerde büyük avantajlar sağlayacaktır. Burada belirtilen X ve Y değerleri Kartezyen koordinat sistemi kullanılması durumunda tercih edilecektir. Enlem ve Boylam değerleri ise coğrafi koordinat sisteminde çalışılıyorsa tercih edilecektir.

3.4. Sistemin Emlak Vergisi Takibi İçin Kullanımında Faydalarının İrdelenmesi

Ülkemizde emlak vergisini bağımsız bölüm maliklerine tahakkukunda ciddi hesap hataları olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum zaman zaman bazı bölgelerde yaşanmakta ve hatta ulusal basında da yansımaktadır. Mevcut bilgi sistemi altyapıları ile yerel yönetimlerin emlak vergi rayiçlerini hatasız tespit etmeleri ve hesaplardan sonra hata kontrolü yapmaları pek mümkün değildir. Yerel yönetimlerce yapılacak vergi tahakkuk, tahsil ve takip işlemlerinin adaletli ve bilimsel bir şekilde yapılması için 3B destekli sistemler görselleştirme desteğinin avantajlar sağlayacağı saptanmıştır. Bu avantajlar şu şekilde sıralanabilir. 3B sistemler ile öncelikle herhangi bir bağımsız bölüm ya da binanın hangi yoldan cephe aldığı hatasız bir şekilde görülebilmektedir. Vergi rayiçlerine göre renklendirerek tematik haritalar hazırlanıp, genel kontrol sağlanabilir. Bu yaklaşım ile kaba hata olup olmama durumu anlaşılabilir. Diğer taraftan tahakkuk edilen vergilerin bina ve bağımsız bölüm bazında ilgili tahakkuk döneminde ödenip ödenmediğine dair

renklendirilmiş tematik 3B haritalar hazırlanabilir. Sistem CBS tabanlı olduğunda 3B modeller dinamik hale gelmekte ve zengin bir işlevsel çeşitliliğe sahip olmaktadır.

3.5. Otomatik Sayısallaştırma Yönteminin İrdelenmesi

Taranmış mimari planlardan detay çıkartma ve vektörize etme söz konusu olduğunda, alternatif yaklaşımların sayısı fazladır. Konu hakkında yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde ve görüntü işleme algoritmaları tarandığında bu çeşitlilik tez çalışmasının ilk başlarında görülmüştür. CBS tabanlı yaklaşımlar söz konusu olduğunda kullanılabilecek yazılımların ve algoritmaların sayısı azalmaktadır. Bu azalmanın sebebi, görüntü işleme algoritmalarının çoğunda analiz sonrası projeksiyon bilgilerinin kaybolmasıdır. Tekrar projeksiyon tanımlama ve koordinatlandırma işlemleri zaman almakta aynı işlemleri tekrar yapmaya zorlamaktadır. Projeksiyon ve koordinat sorunlarının çözülmesi ve komşuluk ilişkilerinin kaybolmaması için ArcScan yazılımının bu amaçlara uygun olduğu yapılan test çalışmaları ile de ispatlanmıştır. Detay çıkarma ve veri düzenleme işlemlerinin bir kısmının görüntü işleme tekniklerinin yanı sıra CBS yazılımları ile de yapılabileceği bu çalışmada saptanmıştır. Örnek olarak kapı ve pencere gibi detayların konumları, sahip oldukları vertex sayısından geliştirilen scriptler yardımı ile otomatik olarak belirlenebilmiştir. Bu işlemlerden sonra oda, bağımsız bölüm, hol, bina ortak alanları gibi detayların kenarlarının geometrik iyileştirilmesinde ve çıktı katmanların düzenlenmesinde CBS araçlarından faydalanmıştır. Bu noktada otomatik olarak bu işlemi gerçekleştirebilen CBS araçlarına herhangi bir yazılımında tespit edilememiştir. Yapılacak bazı parametre ayarları ve ek fonksiyon girişleri ile amaca uygun yaklaşımlar, iş otomatik akış şemaları geliştirilebilmektedir.

3.6. 3B Coğrafi Analizlerin Değerlendirilmesi

Yapılan araştırma ve test çalışmaları sonucunda, uygulanması en zor olan ve yoğun bilgi işlem altyapısı gerektiren analizler mahalle / kent ölçeğindeki 3B analizlerdir. Arazi modeli, bina, yol ve diğer donatıları komşuluk ilişkisi ile içeren bu sistemlerde analizlerin uygulanması için, doğru metod seçimi, sağlıklı 3B model girdisi ve yüksek bilgi-işlem kapasitesi gibi gereksinimlere ihtiyaç vardır. Bu analizlerin 3B modelleme literatüründe

standart bir adı olmamakla birlikte bazı çalışmalarda coğrafi 3B analiz olarak geçtiğinden ve ayrıca tez çalışmasında tercih edilen yaklaşım CBS tabanlı olduğundan, analizler 3B coğrafi analizler olarak değerlendirilmektedir. 3B coğrafi analizlerin uygulanması noktasında günümüzde ticari bir yazılım olan City Engine ve açık kaynaklı bir sistem olan Cesium yazılımı ön plana çıkmaktadır. Bu iki sistem tez sonunda karşılaştırılmış ve 3B coğrafi analizler bağlamında avantajları ve dezavantajları Tablo 7’ de gösterilmiştir. Tabloda gösterilen bu coğrafi analizler kentsel planlama ve karar verme süreçlerinde yakın gelecekte aktif rol üstlenebilecektir.

Tablo 7. 3B platformlarının 3B coğrafi analiz kabiliyetlerine göre karşılaştırılması

Analiz Türü	Amaç	Q Gis + Grass+ Cesium (Open Source)	Esri
3B Buffer	Noktasal veya çizgisel yapıların etki mesafelerinin 3B geometrisinin oluşturulması	Geliştirilebilir	Var
3B Kesişim (Intersect)	İki farklı katı cismin 3B kesişimlerinin incelenmesi	Geliştirilebilir	Var
3B İçerik Analizi	3B modellerin birbirini içerip içermeme durumu,	Geliştirilebilir	Var
3B Güneşlenme Analizi (Solar)	3B Modeller üzerinden çatılara yerleştirecek panellerin verimliliğinin tespiti	Var	Geliştirilebilir
3B Görünürlük (Viewshed)	3B model üzerinde bir noktadan bakıldığında görülebilen, görülemeyen yerlerin tespiti	Var	Var
3B Birleştirme	Birbirinden ayrı 3B katı modellerin birleştirilmesi	Geliştirilebilir	Var
3B Fark	İki farklı 3B katı modelin birbiri arasındaki farkların tespit edilmesi	Geliştirilebilir	Var
3B Yakınlık	3B uzayda cisimlerin birbiri arasındaki 3B uzaklıkların tespiti	Geliştirilebilir	Var
Voxel veri yapısı desteği	Gelecek nesil 3B model veri yapısı olabilir	Var	Yok
CBS verileri üzerinden 3B görselleştirme	Kullanım türü, fonksiyon, enerji tüketimi vd. kriterlere göre 3B görselleştirme	Geliştirilebilir	Mümkün

3.7. 3B Modellerin Sunulmasında Bulut Bilişim Teknolojisi Kullanımının Değerlendirmesi

İnternet teknolojisi günümüzde insanların yaşamında ayrılamayacakları bir parça haline geldiğinden ve internet üzerinden kullanıma sunulan; veri, harita, görsel, bilgi, 3B model, sanal tur gibi bileşenlerin yaygın etkisi oldukça artmaktadır. Bu sayede üretilen 3B modeller atıl bir şekilde arka planda kalma yerine geniş kitlelerce tanımlanan izin/yetki sınırları çerçevesinde güvenlik, gizlilik ihlali yaratmayacak şekilde kullanılabilir. Bu amaç ile günümüzde, bulut bilişim, edge computing (sınır bilişim) ve klasik sunucu mimarisi olmak üzere 3 farklı yaklaşım bulunmaktadır. Sınır bilişim teknolojisi henüz çok yeni olduğundan çalışma kapsamında test edilmemiştir. Çalışma kapsamında klasik sunucu mimarisi veya bulut bilişim teknolojilerinin kullanılmaları durumunda avantaj ve dezavantajlar irdelenmiştir. Bu irdeleme sonucunda, klasik sunucu mimarisinin başlangıç noktasında ciddi donanım, yazılım ve yetişmiş personel ihtiyacı gerektirdiği belirlenmiştir. Bulut bilişim teknolojisi ise kullandığın kadar öde modeli ile ekonomik çözümler içermekte ve sistem sürekli değişen teknolojik yenilikler doğrultusunda bulut altyapısı sunan firmalar tarafından güncellenmektedir. Kıyaslamalı durum sonuçları bulut teknolojisinin CBS tabanlı 3B modellerin paylaşılmasında efektif bir yöntem olacağı bulgusunu sağlamıştır. Bulut teknolojisinde güvenlik konusu bazen tartışılıyor olsa da iki sebepten dolayı sorun olmayacaktır. Birincisi sadece paylaşılması istenen, görünmesi istenen bilgilerin 3B web sahnesine aktarılması sırasında scriptler ile sağlanabilmesi yani gizli içerikleri internete açmama özelliğidir. İkinci bir avantaj ise hizmet veren firma ya da platformun kendi sistemin sürekli korumasıdır.

3.8. Prosedürel Modelleme Yaklaşımına İlişkin Genel Değerlendirme ve Birlikte Çalışabilirlik Yorumu

Tez kapsamında yapılan bütün çalışmalardan, karşılaştırmalı analizlerden ve test uygulamalarından elde edilen bulgular prosedürel modelleme yönteminin 3B kent modelleme çalışmalarında kullanımının avantajlı olduğunu göstermektedir. Tez kapsamında geliştirilen yaklaşım ile geometrik olarak çok sayıda farklı cisim kural tabanlı modelleme dili ile kodlanmaya çalışılmış ve başarı sağlanmıştır. Geometrik cisimlere sözel bilgilerin

atanması işlemi kural tabanlı modelleme dili sayesinde seri bir şekilde gerçekleşmiştir. Ayrıca harici kaynaklarda üretilen 3B modellerin (Sketch up, 3d max vb.) sisteme aktarılması da Align komutu sayesinde mümkün olmuştur.

Tüm bilgi sistemlerinde olduğu gibi 3B sistemlerde de standartlar ve birlikte çalışabilirlik kritik öneme sahip olmaktadır. 3B kent modelleri özelinde ise City GML desteği önemlidir. Üretilen 3B modellerin City GML' e aktarımı dünya genelinde konu üzerinde çalışan diğer bilim insanları ile entegrasyonu mümkün kılacaktır.



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması, 3B kent modellerinin CBS tabanlı yöntemlerle ve bina bağımsız bölüm bileşeni içerecek şekilde üretilebilmesini amaçlamaktadır. Tez çalışması genel anlamda değerlendirildiğinde, kent ölçeğinde gerçekleştirilecek 3B modelleme çalışmalarında kullanılması gereken hiyerarşik metodolojiye, tercih edilebilecek 3B veri sunum yöntemlerine ve 3B modellemeye altık veri teşkil edebilecek kaynakların üretilmesi konusundaki otomatikleştirme yaklaşımları konusundaki bilimsel çalışmalara katkı sunmaktadır. Çalışmada konumsal veri setlerine entegre edilmiş 3B model üretim süreçlerini hızlı ve dinamik bir yapıya kavuşturabilmek için prosedürel modelleme yaklaşımı kapsamlı araştırma ve test çalışmalarından sonra tercih edilmiştir. Türkiye özeline inildiğinde ise çalışma sonuç çıktılarının ülkemizde konu ile ilgili kritik öneme sahip olan TUCBS ve MAKS projeleri ile uyumlu olması bu projeleri 3. boyuta taşıyabilmesi amaçlanmıştır. Standartlar ve birlikte çalışabilirlik prensiplerinin de göz ardı edilmediği bu çalışmada City GML ve diğer önemli ortak veri dönüşüm formatları ile uyum kabiliyeti de sağlanmıştır. Üretilen 3B modellerin bulut bilişim teknolojisi ile internet üzerinden paylaşılması da gerçekleştirilmiş ve bu yaklaşımda sistem mimarisinin nasıl olması gerektiği tezin önceki bölümlerinde ifade edilmiştir. Tez çalışmasında yapılan araştırma, inceleme, model-yazılım geliştirme, uygulama ve performans kalite analizleri neticesinde aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır.

- Kent ölçeğinde yapılacak 3B modelleme çalışmaları mutlaka ulusal veya uluslararası koordinat sistemlerini destekleyecek şekilde üretilmelidir. Bu koordinat sistemlerinden Kartezyen koordinat sistemleri tercih edilmelidir. Çünkü coğrafi koordinat sistemi ile üretilen 3B modellerde metrik sisteme dönüşümde bazı uyum sorunları yaşanabilmektedir.

- Tercih edilen 3B modelleme yaklaşımı, CBS verilerinin modellenen 3B nesnelere entegre edilebilmesi sayesinde 3B bilgi sistemlerini dönüştürmekte ve akıllı hale getirmektedir. Ayrıca CBS tabanlı yani öznitelik verileri üzerinden modellemeye imkân veren sistemler yeniliklere karşı daha dinamik ve güncellenebilir olacaktır.

- Kentlerin 3B modellenmesinde hangi detay seviyesinde çalışılması gerektiği proje başlangıcından önce belirlenmelidir. Bu çalışmada tercih edilen bağımsız bölüm bazında 3B kent modeli üretimi yaklaşımının kritik öneme sahip yaygın etkilerinin olacağı saptanmıştır. Bina bağımsız bölümleri, CBS ve 3B modelleme çalışmalarının entegre olduğu noktada en önemli ortak bileşen olmaktadır. Şöyle ki; bina bazında yapılan modelleme yaklaşımında göz ardı edilen detaylar, CBS verilerinin nereye entegre edileceği hususunda karışıklığa neden olmaktadır. Diğer taraftan oda/kapalı alan bazında veya bina içi nesnelerin aşırı detaylı olması durumunda 3 önemli sorun ön plana çıkmaktadır. Bunlardan birincisi kent ölçeğinde bu çalışmaların gerçekleştirilebilirliğinin zor olması, model üretiminin aksamasıdır. İkincisi CBS verilerinin oda bazında entegrasyonunun anlamsız olacağıdır. Üçüncü sorun ise bütün zorluklara rağmen üretilecek bu verilerin masaüstü ya da web ortamında çalıştırılması, paylaşılması veya güncellenmesi durumunda yaşanabilecek problemlerdir. Bağımsız bölüm bazında üretilecek 3B modellerin çeşitli sonuç faydaları bulunmaktadır. Bu sonuç faydalardan bazıları tez kapsamında özellikle incelenmiş ve bu alanlara yönelik öneri tasarımlar ve uygulama analizleri yapılmıştır.

- Kent yönetimi ve KBS amaçları ile yapılacak projelerde bina bağımsız bölümü bazında çalışma yapılması gerekmektedir. Bu önerinin sebebi ise klasik KBS' lerde barındırılan bağımsız bölüme ait; malik, ısınma türü, net alan, iskan durumu, kullanım amacı vb. birçok öznel bilginin sisteme entegre edilerek KBS' lerin 3. boyuta dönüştürülebileceğidir. Çalışmada sunulan bazı çıktılar, ülkemizde yürütülen TUCBS ve Kent Bilgi Sistemi Standartları projelerinin yakın gelecekte 3. boyuta geçirilmesi sürecinde yönlendirici ve aydınlatıcı bazı yönergelerle sahiptir. 3B modeller için veri üretimi, veritabanı tasarımı ve geometrik modellerin üretilmesinde tezde izlenen yöntemlerden faydalanılması mümkün olabilecektir.

- Bağımsız bölümlerin tanımlandığı kat mülkiyeti kanunu güncellenmeli ve bazı muğlak noktalarda yasa / mevzuat netleşmelidir. Özellikle otel, AVM, han, arasta gibi çoklu kullanıma sahip yapılarda mevzuat iyileştirmesi gerekmektedir. Bu hukuki düzenlemelere uyumlu bir şekilde Numarataj yönetmeliğinde de standartların iyileştirilmesi faydalı olacaktır. Özellikle numaralama esnasında ilk iki rakamın kat bilgisi verdiği 3 rakamlı numaralar verilerek, bina bağımsız bölüm 3B modelleme sürecindeki bazı sistematik hataların azalacağı öngörülmüştür. Meselenin hukuki yönünde bilgi sistemleri ve internet üzerinden paylaşımı göz önünde bulundurulduğunda, mimari planlarda bulunan bu detayların paylaşım izinleri, haklar ve kısıtlamalar noktasında eser sahibini mağdur etmeden

yerel yönetimin 3B sistemler ile hizmet ve denetim faaliyetlerini kolaylaştıracak yasal altyapı oluşturulmalıdır.

- AKS özelinde yapılan incelemeler ve 3B modellemenin bu sistemlere olası avantajları detaylı olarak izah edilmiştir. Adres verisinin gerçek zemindeki karşılığı genelde bağımsız bölüme tekabül etmektedir. Bağımsız bölümlerin 3B adres kayıt sisteminde barındırılması tercih edilen sisteme göre, güçlü veya zayıf bina içi navigasyon desteği sağlamaktadır. Ülkemizde mutlaka MAKİS projesi eksiksiz bir şekilde hayata geçirilmeli, tüm bağımsız bölümlere kodları verilmeli daha sonra MAKİS projesi de CBS tabanlı 3B sistemler desteği ile proje içerikleri 3.boyuta geçirilmelidir.

- Emlak vergisi yönetim sistemi özelinde yapılan çalışmalardan elde edilen sonuç ise yerel yönetimlerin 3B sistemler sayesinde daha adil, şeffaf, hatasız ve hesap verebilir şekilde hizmet verebileceğidir. Arazideki kontrol ihtiyaçlarını minimize ederek zaman ve bütçe tasarrufu da sağlanabilecektir. 3B sistemlerdeki modellerin internete açılması sayesinde bölge halkından ve sistem kullanıcılarından hızlı geri dönüşte sağlanabilecektir. Ülkemizde vergi tahakkuk ve tahsil süreçlerindeki aksaklıklardan kaynaklanan sorunlar göz önünde bulundurulduğunda sistemin ekonomik geri dönüşümünün kısa sürede gerçekleşeceği de ortaya çıkmaktadır.

- Bina ve ilgili bağımsız bölümlerin 3B modellerinin oluşturulmasında en önemli veri kaynaklarından birisinin mimari planlar olduğu ve bu planların büyük çoğunluğunun ülkemizde ve dünyada kağıt çıktı ya da taranmış .jpg, .pdf vb. formatlarda depolandığı tezin önceki bölümlerinde geniş olarak açıklanmıştır. Bu ham veri setlerini ya da vektör formattaki CAD verilerini koordinatlı ve CBS yazılımlılarında kullanıma uygun hale getirebilmek için otomasyon ve akıllandırma yazılımlarına algoritmalarına ihtiyaç vardır. Tez çalışmasında bu amaçlara yönelik bazı yeni yaklaşımlar geliştirilmiş, süreç kolaylaştırılmaya ve insan kaynaklı hatalar azaltılmaya çalışılmıştır. Bu tez çalışmasında elde edilen genel çalışma prensipleri, işlem hiyerarşisi, otomasyon faaliyetleri ve 3B modelleme yöntemleri, 3B projelerde tercih edilecek format / yazılım / veritabanı uyum kriterlerinin desteklenmesi gerektiğinde dikkate alınmalıdır. Çünkü sonuç amaç kriterlerini sağlamayan bazı yazılım geliştirme süreçlerinin atıl pozisyonda olan, kullanılmayan çalışmalara dönüşme riski taşımaktadır.

İnternet üzerinden paylaşıma açılmayan çalışmaların, projelerin çoğu artık günümüzde atıl olarak değerlendirilmektedir. Gizlilik ve güvenlik sınırlarının iyi tanımlanması şartı ile 3B bina ve bağımsız bölüm modellerinin internet üzerinden kullanıcıların erişimlerine

açılmasının da önemli bir gereksinim olduğu görülmüştür. Bu amaç ile bulut bilişim teknolojisi ile internete açılan CBS tabanlı 3B modeller verimli bir şekilde çalıştığından dolayı tercihe göre bulut bilişim ya da klasik sunucu teknolojisi ile bu amaçlar gerçekleştirilebilmektedir.

Tez konusundaki 3B modelleme ilgili bilimsel çalışmalar ve uygulamalar şüphesiz uzun soluklu çalışmalardır ve bu çalışmalarda büyük emek / zaman gereksinimi söz konusudur. Ülkemiz genelinde kaynakların israf edilememesi için kent ölçeğindeki 3B modelleme çalışmalarında elde edilen kazanımlar ve gelişmeler bir araya getirilmeli ve böylece bilim ve teknolojinin birikimli bir şekilde ilerlemesi prensibine uyum sağlanmalıdır. Diğer taraftan bu çalışmaların çok disiplinli bir şekilde gerçekleştirilmesi sonuç 3B modelleri daha zengin ve fonksiyonel hale getirebilecektir.

5. KAYNAKLAR

- Abdul-Rahman, A. ve Pilouk, M., 2007. Spatial Data Modelling for 3D GIS, First Edition, Springer Publishing Company.
- Ahmed, S., Liwicki, M., Weber, M. ve Dengel, A., 2011. Improved Automatic Analysis of Architectural Floor Plans, 2011 International Conference on Document Analysis and Recognition, 18 September 2011, Beijing, 864-869.
- Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A., D., Katz, R., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D., Rabkin, A., Stoica, I. ve Zaharia, M., 2010. A view of cloud computing, Commun. ACM, 53,4, 50-58.
- Aydinoğlu, A. Ç., 2009. Türkiye İçin Coğrafi Veri Değişim Modelinin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Batty, M., Chapman, D., Evans, S., Haklay, M., Kueppers, S., Shiode, N., Smith, A. ve Torrens, P., M., 2000. Visualizing the city: communicating urban design to planners and decision-makers, ESRI Press and Center Urban Policy Research, 405-443.
- Bediroğlu, Ş., 2013. Web Haritalarının Bulut Bilişim İle Yayınlanması: Trabzon İli Örneği, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Benhamu, M. ve Doytsher, Y., 2003. Toward a spatial 3D cadastre in Israel, Computers, Environment and Urban Systems, 27,4, 359-374.
- Bhat, M., A., Shah, R., M. ve Ahmad, B., 2011. Cloud Computing: A solution to Geographical Information Systems(GIS), International Journal on Computer Science and Engineering, 3,2, 594-600.
- Biljecki, F., 2013. The concept of level of detail in 3D city models, PhD Thesis, Delft University of Technology, OTB Research Institute for the Built Environment, Delft.
- Biljecki, F., Stoter, J., Ledoux, H., Zlatanova, S. ve Coltekin, A., 2015. Applications of 3D City Models: State of the Art Review, ISPRS Int. J. Geo-Inf., 4(4), 2842-2889
- Biljecki, F., Ledoux, H. ve Stoter, J., 2017. Generating 3D city models without elevation data, Computers, Environment and Urban Systems, 64, 1-18.
- Booch, G., Jacobson, I., Rumbaugh, J., 2000. OMG Unified Modeling Language Specification Version 1.3, First Edition, Adopted Formal Specification of the Object Management Group.
- Bremer, M., Mayr, A., Wichmann, V., Schmidtner, K. ve Rutzinger, M., 2016. A new multi-scale 3D-GIS-approach for the assessment and dissemination of solar income of digital city models, Computers, Environment and Urban Systems, 57, 144-154.
- Buyuksalih, G., Baz, I., Alkan, M. ve Jacobsen, K., 2012. Dem Generation with Worldview-2 Images, Xxii Isprs Congress, Technical Commission I, 39-B1, 203-207.
- Buyya, R., Yeo, C., S., Venugopal, S., Broberg, J. ve Brandic, I., 2009. Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility, Future Generation Computer Systems, 25,6, 599-616.

- Campanaro, D., M., Landeschi, G., Dell'Unto, N. ve Leander Touati, A., M., 2016. 3D GIS for cultural heritage restoration: A 'white box' workflow, Journal of Cultural Heritage, 18, 321-332.
- Che, J., Duan, Y., Zhang, T. ve Fan, J. 2011. International Workshop on Information and Electronics Engineering, 2011 International Conference on Power Electronics and Engineering Application, *Procedia Engineering*, 23, 586-593.
- Choi, R., Bae, S., Kim, H. C. ve Cho, C.S. 2012. Computer Applications for Database, Education, and Ubiquitous Computing, Berlin, Heidelberg, A Development of Authoring Tool for Online 3D GIS Service Using LoD and Multi-mapping, 52-257.
- Chonoles, M., J., 2018. OCUP Certification Guide, Chapter 2 - What is UML?, M. J. Chonoles editor, Morgan Kaufmann, Boston, 17-41.
- Comert, R., Avdan, U., Tün, M. ve Ersoy Mirici, M., 2012. Mimari Belgelemede Yersel Lazer Tarama Yönteminin Uygulanması (Seyitgazi Askerlik Şubesi Örneği), *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4,1, 1-18 .
- Coumans, F. 2017. Chongqing Survey Institute Realised What Many Still Dream of 3D GIS in China, *GIM International*, 1-12.
- Cui, Y., 2013. A systematic approach to evaluate and validate the spatial accuracy of farmers market locations using multi-geocoding services, Applied Geography, 41, 87-95.
- Dao, J., T., 2015. A Comparison of Address Point and Street Geocoding Techniques in a Computer Aided Dispatch Environment, Master Thesis, Institution of Engineering, University of Southern California, Los Angeles.
- Davis, C. A. ve Fonseca, F. T., 2007. Assessing the Certainty of Locations Produced by an Address Geocoding System, GeoInformatica, 11,1, 103-129.
- Deng, Y., 2015. Mapping of BIM and GIS for interoperable geospatial data management and analysis for the built environment, XXIII ISPRS Congress, July, Prague.
- Devaux, A., Br, M., ve Paparoditis, N. 2012. A web-based 3D mapping application using WebGL allowing interaction with images, point clouds and models, *Proceedings of the 20th International Conference on Advances in Geographic Information Systems*, Redondo Beach, California 586-588.
- Dickson, M., M., Espa, G. ve Giuliani, D., 2017. Incomplete geocoding and spatial sampling: The effects of locational errors on population total estimation, Computers, Environment and Urban Systems, 62, 1-6.
- Dimopoulou, E., Tsiliakou, E., Kosti, V., Floros, G. ve Labropoulos, T., 2014. Investigating integration possibilities between 3D modeling techniques, *Proceedings of the 9th 3DGeoInfo Conference*, 1-16.
- Donkers, S., 2013. Automatic generation of CityGML LoD3 building models from IFC models, Master Thesis, Delft University of Technology, Geomatics GIS technology OTB Research Institute for the Built Environment, Delft.
- Döner, F., 2010. Türk Kadastro Sistemi İçin Üç Boyutlu Yaklaşım, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Drummond, W. J., 1995. Address Matching: GIS Technology for Mapping Human Activity Patterns, Journal of the American Planning Association, 61,2, 240-251.

- Duncan, E. E. ve Abdul Rahman, A., 2015. 3D GIS for mine development – integrated concepts, International Journal of Mining, Reclamation and Environment, 29,1, 3-18.
- Dunstan, S. P. ve Mill, A. J. B., 1989. Spatial indexing of geological models using linear octrees, Computers & Geosciences, 15,8, 1291-1301.
- Edvardsson, K. N., 2013. 3D GIS modelling using ESRI's CityEngine: a case study from the University Jaume I in Castellon de la Plana Spain, Master Thesis, University of Iceland, School of Engineering and Natural Sciences, Iceland.
- Esri 2014. The geocoding process, <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.2/index.html#//002500000000r000000>, 13 Mayıs 2015.
- Elwannas, R., 2011. 3D GIS: It's a Brave new World, Speech made at The Sixth National GIS Symposium in Saudi Arabia.
- Evangelidis, K., Papadopoulos, T., Papatheodorou, K., Mastorokostas, P. ve Hilas, C., 2018. 3D geospatial visualizations: Animation and motion effects on spatial objects, Computers & Geosciences, 111, 200-212.
- Forrai, J. ve Kirschner, G., 2003. An Interdisciplinary 3D Cadastre Development Project in Practice, In proceedings of FIG Working Week 2003, April, Paris, France.
- Fowler, M., 2004. UML Distilled: A Brief Guide to the Standard Object Modeling Language, Addison-Wesley, Boston, USA, 185 s.
- Frédéricque, B., Raymond, K. ve Van Prooijen, K. 2011. 3D GIS Applied to Cadastre, Bentley Systems Incorporated: Exton, PA, USA.
- Geiger, A., Benner, J. ve Haefele, K. H., 2015. 3D Geoinformation Science: The Selected Papers of the 3D GeoInfo 2014, Generalization of 3D IFC Building Models, M. Breunig, M. Al-Doori, E. Butwilowski, P. V. Kuper, J. Benner ve K. H. Haefele editors, Springer International Publishing, Cham, 19-35.
- Gröger, G., Kolbe, T., Nagel, C. ve Häfele, K., 2012. OGC city geography markup language (CityGML) encoding standard, Version 2.0, OGC doc no. 12-019, Open Geospatial Consortium.
- Gröger, G. ve Plümer, L., 2012. CityGML – Interoperable semantic 3D city models, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 71, 12-33.
- Grubestic, T. H. ve Murray, A. T., 2004. Assessing positional uncertainty in geocoded data, Proceedings of the 24th urban data management symposium, 1, 4.
- Hahmann, S. ve Burghardt, D., 2013. How much information is geospatially referenced? Networks and cognition, International Journal of Geographical Information Science, 27,6, 1171-1189.
- Isikdag, U., Zlatanova, S. ve Underwood, J., 2013. A BIM-Oriented Model for supporting indoor navigation requirements, Computers, Environment and Urban Systems, 41, 112-123.
- Karaş, İ., R., 2007. Objelerin Topolojik İlişkilerinin 3B CBS ve Ağ Analizi Kapsamında Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Y.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Karaş, İ. R. ve Yeşil, E. 2011. B CBS Kapsamında, Çok katlı ve Büyük Yapılar İçin 3B Tampon Analizi Uygulaması, Akademik Bilişim 2011 Kongresi, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- Kashlev, D., 2008. Efficient 3D building model generation from 2D floor plans, Master of Science, Massachusetts Institute of Technology, Dept. of Electrical Engineering and Computer Science.
- Kellison, M. T., 2012. Address points and a master address file: improving efficiency in the City of Chino, Master Thesis, Faculty Of The Usc Graduate School, University of Southern California.
- Kılıç, 2017. Adrese Dayalı Coğrafi Kodlama İşleminde Kalite Araştırması. Yüksek Lisans Tezi. Y.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Klosterman, R., E. ve Lew, A., A., 1992. Tiger Products for Planning, *Journal of the American Planning Association*, 58,3, 379-385.
- Kolbe, T. H., 2009. 3D Geo-Information Sciences, Representing and Exchanging 3D City Models with CityGML, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Germany, 15-31.
- Kolbe, T. H., Gröger, G. ve Plümer, L., 2008. CityGML–3D city models and their potential for emergency response, *Geospatial information technology for emergency response*, 257.
- Küçük Matci, D. ve Avdan, U., 2018. Address standardization using the natural language process for improving geocoding results, *Computers, Environment and Urban Systems*, 70, 1-8.
- Kwan, M., P. ve Lee, J., 2005. Emergency response after 9/11: the potential of real-time 3D GIS for quick emergency response in micro-spatial environments, *Computers, Environment and Urban Systems*, 29, 2, 93-113.
- Lee, J., 2009. GIS-Based Geocoding Methods for Area-Based Addresses and 3D Addresses in Urban Areas, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 36,1, 86-106.
- Li, X., Lv, Z., Hu, J., Zhang, B., Shi, L. ve Feng, S., 2015. XEarth: A 3D GIS platform for managing massive city information, *IEEE International Conference on Computational Intelligence and Virtual Environments for Measurement Systems and Applications (CIVEMSA)*, June, 1-6.
- Liu, T., Zhao, D. ve Pan, M., 2016. An approach to 3D model fusion in GIS systems and its application in a future ECDIS, *Computers & Geosciences*, 89, 12-20.
- Moolenaar, M., 1990. A formal data structure for 3D vector maps. *Proceedings First European Conference on Geographical Information Ssystems*, Amsterdam, Netherlands, 2: 770-781.
- Machete, R., Falcão, A. P., Gomes, M. G. ve Moret Rodrigues, A., 2018. The use of 3D GIS to analyse the influence of urban context on buildings' solar energy potential, *Energy and Buildings*, 177, 290-302.
- MAKS Tanımlayıcı Dökümanı, 2012. T. C. İçişleri Bakanlığı. MEKANSAL ADRES KAYIT VE ÇEVİRİMİÇİ EMLAK VE İNŞAAT İZİNLERİ PROJESİ
- Manferdini, A., M. ve Remondino, F., 2012. A Review of Reality-Based 3D Model Generation, Segmentation and Web-Based Visualization Methods, *International Journal of Heritage in the Digital Era*, 1,1, 103-123.

- Martin, J. ve Odell, J., 1993. Principles of object-oriented analysis and design, Prentice-Hall Englewood Cliffs, NJ.
- McLafferty, S., Freeman, V., L., Barrett, R. E., Luo, L. ve Shockley, A., 2012. Spatial error in geocoding physician location data from the AMA Physician Masterfile: Implications for spatial accessibility analysis, Spatial and Spatio-temporal Epidemiology, 3,1, 31-38.
- Mell, P. ve Grance, T., 2010. The NIST Definition of Cloud Computing, National Institute of Standards and Technology, 53,6, 50.
- Müeller, P., Wonka, P., Haegler, S., Ulmer, A. ve Gool, L. V. 2006. Procedural modeling of buildings, ACM SIGGRAPH 2006 Papers, Boston, Massachusetts 614-623.
- Nguyen-Gia, T. A., Dao, M. S. ve Mai-Van, C., 2017. A comparative survey of 3D GIS models, 4th NAFOSTED Conference on Information and Computer Science, 126-131.
- Niem, W. ve Wingbermuhle, J., 1997. Automatic reconstruction of 3D objects using a mobile monoscopic camera, Proceedings. International Conference on Recent Advances in 3-D Digital Imaging and Modeling, 1997, 173-180.
- Nourian, P., Gonçalves, R., Zlatanova, S., Ohori, K. A. ve Vu Vo, A., 2016. Voxelization algorithms for geospatial applications: Computational methods for voxelating spatial datasets of 3D city models containing 3D surface, curve and point data models, MethodsX, 3: 69-86.
- Ohori, K., A., Ledoux, H. ve Stoter, J., 2015. A dimension-independent extrusion algorithm using generalised maps, International Journal of Geographical Information Science, 29,7, 1166
- Ostermann, F.O. ve Spinsanti, L. 2011. A conceptual workflow for automatically assessing the quality of volunteered geographic information for crisis management. The 14th AGILE International Conference on Geographic Information Science: Advancing Geoinformation Science for a Changing World. Association of Geographic Information Laboratories for Europe (AGILE).
- Over, M., Schilling, A., Neubauer, S. ve Zipf, A., 2010. Generating web-based 3D City Models from OpenStreetMap: The current situation in Germany, Computers, Environment and Urban Systems, 34,6, 496-507.
- Parish, Y. ve Müller, P. 2001. Procedural modeling of cities, Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, 301-308.
- Pu, S. ve Zlatanova, S., 2005. Geo-information for Disaster Management, Evacuation Route Calculation of Inner Buildings, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Germany, 1143-1161.
- Rodrigues, E., Sousa-Rodrigues, D., Teixeira de Sampayo, M., Gaspar, A. R., Gomes, Á. ve Henggeler Antunes, C., 2017. Clustering of architectural floor plans: A comparison of shape representations, Automation in Construction, 80, 48-65.
- Roldán, F., Esteban, B. ve Val, S., 2014. 3D Animation of the Transpyrenean Corridor Created by GIS Tools, Procedia - Social and Behavioral Sciences, 160, 244-253.
- Rose, K., 2015. 3D solid modeling and the naval architecture of Vasa, Journal of Archaeological Science: Reports, 2, 596-611.

- Shi, W., Yang, B. ve Li, Q., 2003. An object-oriented data model for complex objects in three-dimensional geographical information systems, International Journal of Geographical Information Science, 17,5, 411-430.
- Shojaei, D., Kalantari, M., Bishop, I., D., Rajabifard, A. ve Aien, A., 2013. Visualization requirements for 3D cadastral systems, Computers, Environment and Urban Systems, 41, 39-54.
- Stark, H., J. 2011. Quality assessment of volunteered geographic information using openweb map services within open addresses, Geospatial crossroads, Berlin: Herbert Wichmann Verlag, 101-110.
- Stergiou, C., Psannis, K., E., Kim, B., G. ve Gupta, B., 2018. Secure integration of IoT and Cloud Computing, Future Generation Computer Systems, 78, 964-975.
- Stoter, J., Beetz, J., Ledoux, H., Reuvers, M., Klooster, R., Janssen, P., Penninga, F., Zlatanova, S. ve van den Brink, L., 2013. Progress and New Trends in 3D Geoinformation Sciences, Implementation of a National 3D Standard: Case of the Netherlands, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Germany, 277-298.
- Sui, D. ve Goodchild, M., 2011. The convergence of GIS and social media: challenges for GIScience, International Journal of Geographical Information Science, 25,11, 1737-1748.
- Tack, F., Buyuksalih, G. ve Goossens, R., 2012. 3D building reconstruction based on given ground plan information and surface models extracted from spaceborne imagery, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 67, 52-64.
- Tang, W. ve Feng, W., 2017. Parallel map projection of vector-based big spatial data: Coupling cloud computing with graphics processing units, Computers, Environment and Urban Systems, 61, 187-197.
- Tashakkori, H., Rajabifard, A. ve Kalantari, M., 2015. A new 3D indoor/outdoor spatial model for indoor emergency response facilitation, Building and Environment, 89, 170-182.
- Taylor, G., 2016. Create Floors from 3D Building Models, Esri Press White Paper, 1-14.
- Taylor, J., Moon, G. ve Twigg, L., 2016. Using geocoded survey data to improve the accuracy of multilevel small area synthetic estimates, Social Science Research, 56, 108-116.
- T.C. Resmi Gazete, 2006. Numaralama El Kitabı. Adres ve Numaralamaya İlişkin Yönetmelik. Sayı: 26245
- T. C. 10. Kalkınma Planı (2014-2018), T. C. Kalkınma Bakanlığı, Ankara, 2013.
- Tsai, W. F., Chang, J. Y., Yan, S. Y. ve Chen, B., 2012. Cloud Based Web 3D GIS Taiwan Platform, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., 19-22.
- TUCBS, Bina Veri Teması Raporu, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, 2012.
- Turan, B. O., 2011. 21. Yüzyıl Tasarım Ortamında Süreç, Biçim ve Temsil İlişkisi, Megaron, 6,3, 162-170.
- URL-1, <http://www.mimarlarodasi.org/tr/teknik-dokumanlar/mimari-uygulama-projesi/> 17 Mart 2018.

- URL-2, <https://powerrendering.wordpress.com/category/3d-rendering/> 2 Şubat 2018.
- URL-3, <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/esri-cityengine/overview> 12 Mayıs 2018.
- URL-4, <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/intersect-3d-3d-analyst-.htm>, 13 Temmuz 2017
- URL-5, <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/3d-analyst/buffer-3d.htm>, 30 Nisan 2017
- URL-6, <https://www.youtube.com/watch?v=g2MLmFhsYxc> 4 Mayıs 2018
- URL-7, [http://courses.washington.edu/arch481/1.Tapestry%20Reader/1.3D%20Data/1.Types/5.Point %20Clouds.html](http://courses.washington.edu/arch481/1.Tapestry%20Reader/1.3D%20Data/1.Types/5.Point%20Clouds.html), 3 Haziran 2017
- URL-8, http://www.designfusion.com/designfusion_blog/tag/design/ 2 Mayıs 2017
- URL-9, <http://vterrain.org/Locations/cn/> 7 Ağustos 2018
- Wang, Y., 2016. Indoor navigation for passengers in underground transit stations using smartphones, PhD Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Department of Civil and Environmental Engineering, Boston.
- Warmer, J. B. ve Kleppe, A. G., 1998. The object constraint language: Precise modeling with uml (addison-wesley object technology series), Wokingham, UK.
- Wonka, P., Wimmer, M., Fran, W; Sillion, o. ve Ribarsky, W. 2003. Instant architecture, ACM SIGGRAPH 2003 Papers, San Diego, USA, 669-677.
- Xia, J., Yang, C., Liu, K., Gui, Z., Li, Z., Huang, Q. ve Li, R., 2014. Adopting cloud computing to optimize spatial web portals for better performance to support Digital Earth and other global geospatial initiatives, International Journal of Digital Earth, 8(6), 451-475.
- Yıldırım, 2003. Adres Bilgi Sistemi Tasarımı ve Uygulaması: Trabzon Kent Örneği, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yıldırım, V., Yomralıoğlu, T., Nişancı, R. ve İnan, H., İ, 2014. The Turkish Street Addressing System (TUSAS) and Geocoding Challenges, Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Municipal Engineer, 167.
- Yıldırım, B. 65. Hükümet Planı. Türkiye Büyük Millet Meclisi, 2016, Ankara.
- Yıldırım, V. ve Ural, H. 2017. geographic information system for prevention of property tax evasion, Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Municipal Engineer, 0,0, 1-11.
- Yomralıoğlu, T., 2005. Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar, Birinci Baskı, Güven Kitap Yayın Dağıtım, İstanbul.
- Yuan, L., Yu, Z., Luo, W., Zhou, L. ve Lü, G., 2011. A 3D GIS spatial data model based on conformal geometric algebra, Science China Earth Sciences, 54,1, 101-112.
- Yücel, M. A. ve Selçuk, M., 2009. Üç Boyutlu Kent Modellerinde Ayrıntı Düzeyi (LoD) Kavramı, Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 101, 3-9.
- Zandbergen, P. A., 2008. A comparison of address point, parcel and street geocoding techniques, Computers, Environment and Urban Systems, 32,3, 214-232.

- Zandbergen, P. A., Hart, T. C., Lenzer, K. E. ve Camponovo, M. E., 2012. Error propagation models to examine the effects of geocoding quality on spatial analysis of individual-level datasets, Spatial and Spatio-temporal Epidemiology, 3,1, 69-82.
- Zhang, Y., Zhu, Q., Liu, G., Zheng, W., Li, Z. ve Du, Z., 2011. GeoScope: Full 3D geospatial information system case study, Geo-spatial Information Science, 14,2, 150.
- Zhang, H., Li, Y., Liu, B. ve Liu, C., 2014. The application of GIS 3D modeling and analysis technology in real estate mass appraisal-Taking landscape and sunlight factors as the example, The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 40,4, 363.
- Zlatanova, S., Rahman, A. A. ve Shi, W., 2004a. Topological models and frameworks for 3D spatial objects, Computers & Geosciences, 30,4, 419-428.
- Zlatanova, S., Van Oosterom, P. ve Verbree, E., 2004b. 3D technology for improving Disaster Management: Geo-DBMS and positioning, Proceedings of the XXth ISPRS congress, 628-633.

6. EKLER

Ek 1: Bina 3B model üretimi kaynak CGA kodları

```
/**
 * File: Bina3BModel.cga
 * Author: bdr
 */

version "2017.0"

attr kat_yuk=0
attr bul_kat=0
attr yukseklik=0
attr renk = "#000000"
attr Kat=0
attr bina_id=0

const myRoofTexture = fileRandom("assets/Cati/*.jpg")

@Group("Facade Texturing")@Order(1)
attr cepheTexture =
case bina_id == 1 : ("assets/oncephe/1.JPG")
case bina_id == 2 : ("assets/oncephe/2.JPG")
case bina_id == 3 : ("assets/oncephe/3.JPG")
case bina_id == 4 : ("assets/oncephe/4.JPG")
case bina_id == 5 : ("assets/oncephe/5.JPG")
case bina_id == 6 : ("assets/oncephe/6.JPG")
case bina_id == 7 : ("assets/oncephe/7.JPG")
case bina_id == 8 : ("assets/oncephe/8.JPG")
case bina_id == 9 : ("assets/oncephe/9.JPG")
case bina_id == 10 : ("assets/oncephe/10.JPG")
case bina_id == 11 : ("assets/oncephe/11.JPG")
case bina_id == 12 : ("assets/oncephe/12.JPG")
case bina_id == 13 : ("assets/oncephe/13.JPG")
case bina_id == 14 : ("assets/oncephe/14.JPG")
case bina_id == 15 : ("assets/oncephe/15.JPG")
case bina_id == 16 : ("assets/oncephe/16.JPG")
case bina_id == 17 : ("assets/oncephe/17.JPG")
case bina_id == 18 : ("assets/oncephe/18.JPG")
case bina_id == 19 : ("assets/oncephe/19.JPG")
case bina_id == 20 : ("assets/oncephe/20.JPG")
case bina_id == 21 : ("assets/oncephe/21.JPG")
case bina_id == 22 : ("assets/oncephe/22.JPG")
case bina_id == 23 : ("assets/oncephe/23.JPG")
case bina_id == 24 : ("assets/oncephe/24.JPG")
```

Ek 1' in devamı: Bina 3B model üretimi kaynak CGA kodları

```

case bina_id == 25 : ("assets/oncephe/25.JPG")
case bina_id == 26 : ("assets/oncephe/26.JPG")
case bina_id == 27 : ("assets/oncephe/27.JPG")
case bina_id == 28 : ("assets/oncephe/28.JPG")
case bina_id == 29 : ("assets/oncephe/29.JPG")
case bina_id == 30 : ("assets/oncephe/30.JPG")
case bina_id == 31 : ("assets/oncephe/31.JPG")
case bina_id == 32 : ("assets/oncephe/32.JPG")
case bina_id == 33 : ("assets/oncephe/33.JPG")
case bina_id == 34 : ("assets/oncephe/34.JPG")
case bina_id == 35 : ("assets/oncephe/35.JPG")
case bina_id == 36 : ("assets/oncephe/36.JPG")
case bina_id == 37 : ("assets/oncephe/37.JPG")
case bina_id == 38 : ("assets/oncephe/38.JPG")
case bina_id == 39 : ("assets/oncephe/39.JPG")
case bina_id == 40 : ("assets/oncephe/40.JPG")
case bina_id == 41 : ("assets/oncephe/41.JPG")
case bina_id == 42 : ("assets/oncephe/42.JPG")
case bina_id == 43 : ("assets/oncephe/43.JPG")
case bina_id == 44 : ("assets/oncephe/44.JPG")
case bina_id == 45 : ("assets/oncephe/45.JPG")
case bina_id == 46 : ("assets/oncephe/46.JPG")
case bina_id == 47 : ("assets/oncephe/47.JPG")
case bina_id == 48 : ("assets/oncephe/48.JPG")
case bina_id == 49 : ("assets/oncephe/49.JPG")
case bina_id == 50 : ("assets/oncephe/50.JPG")
case bina_id == 51 : ("assets/oncephe/51.JPG")
case bina_id == 52 : ("assets/oncephe/52.JPG")
case bina_id == 53 : ("assets/oncephe/53.JPG")
case bina_id == 54 : ("assets/oncephe/54.JPG")
case bina_id == 55 : ("assets/oncephe/55.JPG")
case bina_id == 56 : ("assets/oncephe/56.JPG")
case bina_id == 57 : ("assets/oncephe/57.JPG")
case bina_id == 58 : ("assets/oncephe/58.JPG")
case bina_id == 59 : ("assets/oncephe/59.JPG")
case bina_id == 60 : ("assets/oncephe/60.JPG")
case bina_id == 61 : ("assets/oncephe/61.JPG")
case bina_id == 62 : ("assets/oncephe/62.JPG")
case bina_id == 63 : ("assets/oncephe/63.JPG")
case bina_id == 64 : ("assets/oncephe/64.JPG")
case bina_id == 65 : ("assets/oncephe/65.JPG")
case bina_id == 66 : ("assets/oncephe/66.JPG")
case bina_id == 67 : ("assets/oncephe/67.JPG")
case bina_id == 68 : ("assets/oncephe/68.JPG")
case bina_id == 69 : ("assets/oncephe/69.JPG")
case bina_id == 70 : ("assets/oncephe/70.JPG")
case bina_id == 71 : ("assets/oncephe/71.JPG")

```

Ek 1' in devamı: Bina 3B model üretimi kaynak CGA kodları

```

case bina_id == 74 : ("assets/oncephe/74.JPG")
case bina_id == 75 : ("assets/oncephe/75.JPG")
case bina_id == 76 : ("assets/oncephe/76.JPG")
case bina_id == 77 : ("assets/oncephe/77.JPG")
case bina_id == 78 : ("assets/oncephe/78.JPG")
case bina_id == 79 : ("assets/oncephe/79.JPG")
case bina_id == 80 : ("assets/oncephe/80.JPG")
case bina_id == 81 : ("assets/oncephe/81.JPG")
case bina_id == 82 : ("assets/oncephe/82.JPG")
case bina_id == 83 : ("assets/oncephe/83.JPG")
case bina_id == 84 : ("assets/oncephe/84.JPG")
case bina_id == 85 : ("assets/oncephe/85.JPG")
case bina_id == 86 : ("assets/oncephe/86.JPG")
case bina_id == 87 : ("assets/oncephe/87.JPG")
case bina_id == 88 : ("assets/oncephe/88.JPG")
case bina_id == 89 : ("assets/oncephe/89.JPG")
case bina_id == 90 : ("assets/oncephe/90.JPG")
case bina_id == 91 : ("assets/oncephe/91.JPG")
case bina_id == 92 : ("assets/oncephe/92.JPG")
case bina_id == 93 : ("assets/oncephe/93.JPG")
case bina_id == 94 : ("assets/oncephe/94.JPG")
case bina_id == 95 : ("assets/oncephe/95.JPG")
case bina_id == 96 : ("assets/oncephe/96.JPG")
case bina_id == 97 : ("assets/oncephe/97.JPG")
case bina_id == 98 : ("assets/oncephe/98.JPG")
case bina_id == 99 : ("assets/oncephe/99.JPG")
case bina_id == 100 : ("assets/oncephe/100.JPG")
else : fileRandom("assets/oncephe/*.jpg")

```

```

#@Group("Facade Texturing")@Order(1)
#attr OncepheTexture =
#case bina_id == 1 : ("assets/oncephe/oncephe1.jpg")
#case bina_id == 2 : ("assets/oncephe/oncephe2.jpg")
#case bina_id == 3 : ("assets/oncephe/oncephe3.jpg")
#case bina_id == 4 : ("assets/oncephe/oncephe4.jpg")
#else : fileRandom("assets/oncephe/*.jpg")

```

```

#@Group("Facade Texturing")@Order(2)
#attr SolcepheTexture =
#case bina_id == 1 : ("assets/oncephe/oncephe1.jpg")
#case bina_id == 2 : ("assets/oncephe/oncephe2.jpg")
#case bina_id == 3 : ("assets/oncephe/oncephe3.jpg")
#case bina_id == 4 : ("assets/oncephe/oncephe4.jpg")
#else : fileRandom("assets/oncephe/*.jpg")

```

```

#@Group("Facade Texturing")@Order(3)
#attr ArkacepheTexture =

```

Ek 1' in devamı: Bina 3B model üretimi kaynak CGA kodları

```

#case bina_id == 2 : ("assets/oncephe/oncephe1.jpg")
#case bina_id == 3 : ("assets/oncephe/oncephe1.jpg")
#case bina_id == 4 : ("assets/oncephe/oncephe1.jpg")
#else : fileRandom("assets/oncephe/*.jpg")

#@Group("Facade Texturing")@Order(4)
#attr SagepcheTexture =
#case bina_id == 1 : ("assets/oncephe/oncephe1.jpg")
#case bina_id == 2 : ("assets/oncephe/oncephe1.jpg")
#case bina_id == 3 : ("assets/oncephe/oncephe1.jpg")
#case bina_id == 4 : ("assets/oncephe/oncephe1.jpg")
#else : fileRandom("assets/oncephe/*.jpg")

#cati kurallari

@Group("Building Parameters",1) @Order(1) @Range(0,20) @Description("Distance
from ground to bottom of roof")
attr Eave_Ht = Kat*3

@Group("Building Parameters") @Order(2) @Range(0,20) @Description("Distance
from ground to top of roof")
attr Ridge_Ht = (Kat*3+5)

@Group("Building Parameters") @Order(3) @Range(
    "flat","shed","pyramid","gable","hip",
    "half-hip","gablet",
    "gambrel","mansard",
    "gambrel-flat","mansard-flat",
    "vault","dome",
    "saltbox","butterfly")
# basic roof types
#
#
#
#
# gable &
shed combinations
attr Roof_Form = "hip"

@Group("Building Parameters") @Order(4)
attr Bldg_ID = 2

@Hidden
attr Roof_Ht = (Ridge_Ht - Eave_Ht) * unitScale

# -----

```

Ek 1' in devamı: Bina 3B model üretimi kaynak CGA kodları

```

# roof texturing (using aerial map)

@Group("Roof Texturing",3) @Order(1) @Description("Use same values as in
corresponding map layer.")
  attr Aerial_Image = "data/aerial/aerial.jpg"

@Group("Roof Texturing") @Order(2) @Description("Use same values as in
corresponding map layer.")
  attr Aerial_Size_X = 1519.035

# -----
# controlled by user

@Group("Options",4) @Order(1)
  attr Material_Transparent = false

@Group("Options") @Order(2) @Description("Unit of Object Attributes")
@Range("Meters","Feet")
  attr Unit = "Meters"

@Group("Options") @Order(3) @Description("CityEngine interprets the inner polygons
of donut geometries as hole i.e. the attribute is needed to drive the rules")
  attr isHole = false

# user-driven constants
const opacity = case Material_Transparent: 0.45 else: 1
const unitScale = case Unit=="Feet": 1/0.3048006096012192 else: 1

# for curved roofs such as dome or vault
const curvedAngleResolution = 10

#Functions

# for curved roofs such as dome or vault
calcSegmentHt(n) = Roof_Ht * (cos(n*curvedAngleResolution) -
cos((n+1)*curvedAngleResolution))

# for roof texturing
getRoofTextureSizeScale = case scope.sx > 30 && scope.sy > 20: 3 else: 1

# for roof texturing
#getRoofTextureSizeScale = case scope.sx > 30 && scope.sy > 20: 3 else: 1

@StartRule
Lot -->
  extrude (Kat*3)

```

Ek 1' in devamı: Bina 3B model üretimi kaynak CGA kodları

```
comp(f){top:Roof|side:cephe}
```

```
cephe -->
```

```
setupProjection(0, scope.xy, scope.sx, scope.sy)projectUV(0)
  scaleUV(0,1,1)
    texture(cepheTexture)
```

```
#Solcephe -->
```

```
#  setupProjection(0, scope.xy, scope.sx, scope.sy)  projectUV(0)
#  scaleUV(0,1,1)
#      texture(SolcepheTexture)
```

```
#Oncephe -->
```

```
#  setupProjection(0, scope.xy, scope.sx, scope.sy)  projectUV(0)
#  scaleUV(0,1,1)
#      texture(OncepheTexture)
```

```
#Arkacephe -->
```

```
#  setupProjection(0, scope.xy, scope.sx, scope.sy)  projectUV(0)
#  scaleUV(0,1,1)
#      texture(ArkacepheTexture)
```

```
#Sagcephe -->
```

```
#  setupProjection(0, scope.xy, scope.sx, scope.sy)  projectUV(0)
#  scaleUV(0,1,1)
#      texture(SagcepheTexture)
```

```
# Roof Generation
```

```
Roof -->
```

```
case Roof_Form == "shed"           : ShedRoof
case Roof_Form == "pyramid"         : PyramidRoof
case Roof_Form == "gable"           : GableRoof
case Roof_Form == "hip"             : HipRoof
case Roof_Form == "half-hip"        : HalfHipRoof
case Roof_Form == "gablet"          : GabletRoof
```

Ek 1' in devamı: Bina 3B model üretimi kaynak CGA kodları

```

    case Roof_Form == "gambrel"           : GambrelRoof
    case Roof_Form == "mansard"           : MansardRoof
    case Roof_Form == "gambrel-flat": GambrelFlatRoof
    case Roof_Form == "mansard-flat": MansardFlatRoof
    case Roof_Form == "vault"             : VaultRoof
    case Roof_Form == "dome"              : DomeRoof
    case Roof_Form == "saltbox"           : SaltboxRoof
    case Roof_Form == "butterfly"         : ButterflyRoof
    else                                  : FlatRoof

# basic roof types

ShedRoof -->
    roofShed(15) RoofMassScale

GableRoof -->
    roofGable(45,0,0,false,0) RoofMassScale

HipRoof -->
    roofHip(45) RoofMassScale

PyramidRoof -->
    roofPyramid(45) RoofMassScale

# gable & hip combinations

HalfHipRoof -->
    roofGable(45,0,0,false,0) s('1,Roof_Ht',1) # creates a gable roof and sets its height
to the given roof height
    split(y){ '0.5: RoofMass(true)                # cuts the lower part ...
                                comp(f){           bottom:  NIL      | horizontal:
set(Roof_Ht,Roof_Ht*0.5) HipRoof } } # ... and invokes a hip roof on the top

GabletRoof -->
    roofHip(45) s('1,Roof_Ht',1)
    split(y){ '0.5: RoofMass(true)
                                comp(f){           bottom:  NIL      | horizontal:
set(Roof_Ht,Roof_Ht*0.5) GableRoof } }

# gable/hip double-pitched
GambrelRoof -->
    roofGable(70,0,0,false,0)
    split(y){ Roof_Ht*0.7: RoofMass(true)
                                comp(f){           bottom:  NIL      | horizontal:
set(Roof_Ht,Roof_Ht*0.3) GableRoof } }

MansardRoof -->
    Ek 1' in devamı: Bina 3B model üretimi kaynak CGA kodları

```

```

    split(y){ Roof_Ht*0.7: RoofMass(true)
                                comp(f){ bottom: NIL | horizontal:
set(Roof_Ht,Roof_Ht*0.3) HipRoof } }

# gable/hip with flat top

GambrelFlatRoof -->
  roofGable(45,0,0,false,0)
  split(y){ Roof_Ht: RoofMass(false) }

MansardFlatRoof -->
  roofHip(45)
  split(y){ Roof_Ht: RoofMass(false) }

# round roofs

VaultRoof -->
  VaultRoof(90/curvedAngleResolution-1)

VaultRoof(n) -->
  case n > 0:
    roofGable(n*curvedAngleResolution,0,0,false,0)
    split(y){ (calcSegmentHt(n)): RoofMass(n!=1)
horizontal: VaultRoof(n-1) } }
    else: NIL                                comp(f){ bottom: NIL |

DomeRoof -->
  DomeRoof(90/curvedAngleResolution-1)

DomeRoof(n) -->
  case n > 0:
    roofHip(n*curvedAngleResolution)
    split(y){ (calcSegmentHt(n)): RoofMass(n!=1)
horizontal: DomeRoof(n-1) } }
    else: NIL                                comp(f){ bottom: NIL |

# gable & shed combinations

SaltboxRoof -->
  roofShed(45) s('1,1.5*Roof_Ht','1)
  split(y){ '0.333: RoofMass(true)
                                comp(f){ bottom: NIL | horizontal:
set(Roof_Ht,Roof_Ht*0.5) roofGable(45,0,0,false,geometry.nVertices-1) RoofMassScale
} }

```

Ek 1' in devamı: Bina 3B model üretimi kaynak CGA kodları


```

# flat roof

FlatRoof -->
    case Roof_Ht > 0.1:
        RoofPlane offset(-0.4,border) extrude(Roof_Ht) RoofMass(false)
    else:
        RoofPlane

# roof volume

RoofMassScale -->
    s('1,Roof_Ht','1')
    RoofMass(false)

RoofMass(removeBottomAndTop) -->
    case removeBottomAndTop:
        comp(f){ horizontal: NIL | vertical: RoofFacade | all: RoofPlane }
    else: # remove only the bottom face
        comp(f){ bottom: NIL | vertical: RoofFacade | all: RoofPlane }

# roof surfaces

@Group("Roof Texturing") @Order(1)
attr Use_Generic_Textures = false
@Group("Roof Texturing") @Order(2)
attr myRoofTexture1 = fileRandom("assets/cati/*.jpg")

RoofPlane -->
    case Use_Generic_Textures:
        alignScopeToGeometry(zUp, 0, world.lowest)
        setupProjection(0,scope.xy,'1','1') projectUV(0)
        texture(myRoofTexture1)
    else:
        setupProjection(0,world.xz,Aerial_Size_X,-
Aerial_Size_Z,Aerial_Offset_X,Aerial_Offset_Z) projectUV(0)
        texture(Aerial_Image)
        alignScopeToGeometry(zUp,0,longest)

        setupProjection(2,scope.xy,~20*getRoofTextureSizeScale,~13*getRoofTextureSizeScale) projectUV(2)
        set(material.dirtmap,fileRandom("buildings/roofs/*.bw.jpg")) # some
visual candy: adding some structure to the aerial image

# RoofFacade Generation
# set facade texture and project the texture coordinates accordingly

```

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Gaziantep'te doğdu. Akınal Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2010 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği'nden mezun oldu. Turkcell Superonline Fiberoptik kablo hattı projesinde görev aldı. 2012 yılında K.T.Ü. Harita Mühendisliği Bölümüne Araştırma Görevlisi olarak atandı, halen bu görevine devam etmektedir. 2012 Yılında KTÜ Harita Mühendisliğinde Coğrafi Bilgi Sistemleri Laboratuvarı'nda yüksek lisansını tamamladı ve doktora eğitimine başladı. 2017 yılında 6 ay Wrocław'da doktora araştırmaları yaptı. Doktora eğitimine devam etmektedir. İyi derecede İngilizce bilmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.