

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI AYRINTI DÜZEYLERİNDE ÜÇ BOYUTLU
KENT MODELLEME VE UYGULANABİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Jeodezi ve Fotogrametri Yük. Müh. Mehmet Ali YÜCEL

**FBE Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Programında
Hazırlanan**

DOKTORA TEZİ

Tez Savunma Tarihi : 9 Temmuz 2009

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mehmet SELÇUK (YTÜ)

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ahmet YAŞAYAN (YTÜ)

: Prof. Dr. Doğan UÇAR (İTÜ)

: Prof. Dr. Necla ULUĞTEKİN (İTÜ)

: Y. Doç. Dr. Türkay GÖKGÖZ (YTÜ)

İSTANBUL, 2009

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Kapsamı ve Amacı	2
2. 3B MEKANSAL VERİ EDİNİMİ VE MODELLEME	6
2.1 3B Mekansal Veri Edinimi	7
2.1.1 Hava Fotoğrafları ve Uydu Görüntüleri	8
2.1.2 LIDAR	10
2.1.3 GPS Verileri	11
2.2 3B Mekansal Veri Modelleme	12
2.2.1 Grid	13
2.2.2 Şekil Modeli	14
2.2.3 Yüzey Modeli	15
2.2.4 Sınır Gösterimi (B-Rep)	16
2.2.5 3B Dizi (Voksel)	18
2.2.6 Sekizli Ağaç Yöntemi (Octree)	18
2.2.7 Yapısal Katı Geometri (CSG)	19
2.2.8 3B TIN (TEN)	21
3. GENELLEŞTİRME	22
3.1 Sayısal Arazi Modellerinin Genelleştirilmesi	22
3.2 Bina Genelleştirme	26
3.2.1 2B Bina Genelleştirme	27
3.2.1.1 Bina Sınırlarının Basitleştirilmesi	29
3.2.1.2 Binaların Elenmesi	31
3.2.1.3 Binaların Birleştirilmesi	32
3.2.2 3B Bina Genelleştirme	34
3.2.2.1 3B Binalar için Ayrıntı Düzeyi Kavramı	34
3.2.2.2 3B Bina Bölümleme	38
3.2.2.3 3B Bina Tanımlama	39
3.2.2.4 Çok Gösterimli Veritabanları (MRDB) ve 3B Genelleştirme	39

4.	KENT MODELLERİNİN 3B GÖRSELLEŞTİRİLMESİ VE SANAL GERÇEKLİK.....	41
4.1	Mekansal Ortamlarda Sanal Gerçeklik ve Algılama	43
4.2	Sanal Ortamlarda Mekan Kavramı	45
4.3	Sanal Gerçeklikte Animasyonun Kullanılması.....	49
4.4	Kent Modellerinin 3B Görselleştirilmesi	50
4.4.1	3B Fotorealistik Görselleştirme.....	53
4.4.2	3B Kent Modellemede Kartografik Tasarım	55
4.4.3	3B Tasvirsel Görselleştirme	57
4.4.4	3B Tematik Görselleştirme.....	58
5.	WEB VE 3B MEKANSAL MODELLEME	60
5.1	CityGML	61
5.1.1	Çok Ölçekli Modelleme ve LoD	62
5.1.2	Kapalı Yüzeyler.....	64
5.1.3	Arazi Arakesit Eğrisi	64
5.1.4	Öznitelikler için Kod Listeleri ve Sözlükler	65
5.1.5	Dış Kaynaklar	66
5.1.6	Kentsel Nesne Grupları ve Prototip Nesneler.....	66
6.	UYGULAMA	68
6.1	Uygulamada Kullanılan Yazılımlar	69
6.1.1	LandXplorer Sistem Bileşenleri	71
6.2	Uygulamada Kullanılan Veriler.....	72
6.3	Uygulama Aşamaları	73
6.4	3B SAM'ın Oluşturulması.....	78
6.4.1	3B SYM'nin Oluşturulması.....	78
6.4.2	3B SYM'de Görselleştirme ve Bilgi Edinme	83
6.4.2.1	Yükseklik Bilgilerinin Görselleştirilmesi	84
6.4.2.2	Eğim Bilgilerinin Görselleştirilmesi	85
6.4.2.3	Yükseklik ve Uzaklık Bilgisi Edinme	88
6.4.3	3B SYM'ye Uydu Görüntüsü Ekleme.....	90
6.5	3B Kent Modeline 3B Binaların Eklenmesi	91
6.5.1	LoD1 Ayrıntı Düzeyinde Kent Modelinin Oluşturulması	92
6.5.1.1	Bina Basitleştirme ve Eleme.....	93
6.5.1.2	Bina Birleştirme.....	98
6.5.1.3	3B Bina Modellerini Oluşturma	100
6.5.2	LoD2 Ayrıntı Düzeyinde Kent Modelinin Oluşturulması	103
6.5.2.1	Çatı Tiplerinin Belirlenmesi	103
6.5.2.2	Çatı Modellerinin Belirlenmesi	105
6.5.2.3	Bina Cephe Fotoğraflarının Eklenmesi	107
6.5.2.4	Prototip Nesnelerin Eklenmesi	109
6.5.3	LoD3 Ayrıntı Düzeyinde 3B Kent Modelinin Oluşturulması	109
6.5.3.1	Bina Dış Yüzey Elemanlarının Modeldenmesi	110
6.5.3.2	Mimari Bina Modellerinin Eklenmesi.....	115
6.6	3B Kartografik Kent Modelleme.....	117
6.7	Uygulamanın Değerlendirilmesi.....	118
7.	SONUÇ ve ÖNERİLER	122

KAYNAKLAR.....	125
EKLER	135
Ek 1 LandXplorer yazılımının kullanabildiği SYM dosya biçimleri ve özellikleri	135
Ek 2 LandXplorer yazılımında gökyüzü görüntüsü seçenekleri	136
Ek 3 Bina verilerinin nesne kataloğundan örnekler.....	137
Ek 4 Kat adetlerine göre bina geometrilerinin birleştirilmesi	139
Ek 5 Çatı modellerinin 3B binalara eklenmesi ve renklendirilmesi	140
Ek 6 Bina cephe fotoğraflarından gereksiz detayların ayıklanması	141
Ek 7 Uydu görüntüsü ve hava fotoğraflarının çözünürlük farkı.....	142
Ek 8 Taksim Meydanı 3B kent modeli görüntüleri	143
Ek 9 Sultanahmet Meydanı 3B kent modeli görüntüleri	144
Ek 10 3B kartografik kent modeli görüntüleri.....	145
ÖZGEÇMİŞ.....	146

SİMGE LİSTESİ

°	Derece
%	Yüzde
C	Santigrat
cm	Santimetre
m	Metre

KISALTMA LİSTESİ

2B	2 Boyutlu
2D	2 Dimensional
3B	3 Boyut
3D	3 Dimensional
B-Rep	Boundary Representation
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
CityGML	City Geography Markup Language
CSG	Constructive Solid Geometry
DEM	Digital Elevation Model
DTM	Digital Terrain Model
GeoVRML	Geographical Virtual Reality Modeling Language
GIS	Geographic Information System
GML	Geography Markup Language
GPS	Global Positioning System
IRS	Inertial Reference System
ISO	International Organization for Standardization
LIDAR	Light Detection and Ranging
LoD	Level of Detail
MRDB	Multiple Representation Database
OGC	Open Geospatial Consortium
RAM	Random Access Memory
SAM	Sayısal Arazi Modeli
SSC	Swiss Society of Cartography
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
TEN	Tetrahedral Network
TIN	Triangulated Irregular Network
TRN	Triangulated Regular Network
URI	Uniform Resource Identifier
VR	Virtual Reality
VRML	Virtual Reality Modeling Language
W3C	World Wide Web Consortium
XML	Extensible Markup Language

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Farklı platformlardan algılama için teknolojiler (Tao, 2006).....	6
Şekil 2.2 Ham LIDAR verileri [1].....	10
Şekil 2.3 LIDAR'ın çalışma prensibi [2].....	11
Şekil 2.4 3B Mekansal nesne modelleri (Abdul-Rahman ve Pilouk, 2008).....	13
Şekil 2.5 Grid veri gösterimi [3].....	14
Şekil 2.6 Şekil modeli ile oluşturulmuş sayısal arazi modeli [3]	15
Şekil 2.7 TIN yöntemi ile modellenmiş SAM [4]	16
Şekil 2.8 Bir alanın B-Rep ile gösterimi (Abdul-Rahman ve Pilouk, 2008).....	17
Şekil 2.9 3B bir nesnenin 2B yüzeyler ile B-Rep gösterimi [5].....	17
Şekil 2.10 Bir bina bölümünün 3B dizi yöntemi ile gösterimi [6]	18
Şekil 2.11 Sekizli ağaç veri yapısı [7]	19
Şekil 2.12 CSG ile modellenmiş 3B nesne [6]	20
Şekil 2.13 TEN model örneği (Tang vd., 2008)	21
Şekil 3.1 Sürekli olmayan ve sürekli ölçek	23
Şekil 3.2 SAM verilerinin çok ölçekli gösterimi (Li vd., 2005).....	24
Şekil 3.3 Farklı ayrıntı düzeylerinde modellenmiş SYM [8]	25
Şekil 3.4 TIN tabanlı SAM'ların basitleştirilmesi (Li, 2007).....	26
Şekil 3.5 Bina sınırların genelleştirilmesi (Bildirici, 2000)	28
Şekil 3.6 Genelleştirilmesi gereken bina geometrileri (Damen vd., 2008)	29
Şekil 3.7 Bina sınırlarının basitleştirilmesi (Wang vd., 2005)	30
Şekil 3.8 ArcGIS'de bina sınırlarının basitleştirilmesi [9].....	30
Şekil 3.9 Binanın dikdörtgene basitleştirilmesi [9]	31
Şekil 3.10 Eleme işlemi öncesi ve sonrası binalar (Başaraner, 2005).....	32
Şekil 3.11 Binaların basitleştirilmesi ve birleştirilmesi	33
Şekil 3.12 Bir binanın farklı LoD'lerde gösterimi (Forberg, 2004)	36
Şekil 3.13 Bir binanın yapısal bileşenleri (Ramos, 2004)	37
Şekil 3.14 SAM ve binaların farklı LoD'lerde gösterimi (Heaberling, 2002)	37
Şekil 3.15 Bina çatısındaki (a) ve duvarındaki (b) ayrıntıların tanımlanması (Sester, 2004) ..	38
Şekil 3.16 3B Bina ve çatı tipleri için şablonlar (Meng ve Forberg, 2007)	39
Şekil 3.17 Nesne ayrıntılarının azaltılması (van Kreveld, 2001)	40
Şekil 4.1 Sanal gerçekliğin bileşenleri	41
Şekil 4.2 Karmaşanın azaltılması için kullanılan yöntemler (Bidoshi, 2003).....	42
Şekil 4.3 Önem derecelerine göre nesnelerin sınıflandırılması (Bidoshi, 2003).....	43

Şekil 4.4 Bir nesnenin algılanması	45
Şekil 4.5 Kroki, 2B harita ve 3B harita	46
Şekil 4.6 3B kent modelinde kullanıcıyı yönlendirme [11].....	47
Şekil 4.7 3B Kent modelinde yer araştırma planı (Bidoshi, 2003)	48
Şekil 4.8 Bağlı uzaklıklar ile yaklaşık konum belirleme.....	49
Şekil 4.9 Farklı amaçlar için oluşturulmuş 3B kent modelleri (Döllner vd., 2006a)	51
Şekil 4.10 Fotorealistik olarak görselleştirilmiş 3B kent modeli	53
Şekil 4.11 Genişletilmiş 3B semiotik değişkenler (Jobst vd., 2008).....	55
Şekil 4.12 Tasvirsel olarak görselleştirilmiş 3B bina modelleri (Jobst vd., 2008).....	58
Şekil 4.13 Fotorealistik (a) ve tasvirsel (b) görselleştirme örnekleri (Maass vd., 2008).....	58
Şekil 4.14 Tematik verilerin 3B kent modelinde gösterimi (Buchholz ve Döllner, 2005).....	59
Şekil 5.1 CityGML tarafından belirlenmiş 5 ayrıntı düzeyi.....	63
Şekil 5.2 Farklı uygulamalarda yaya alt geçitlerinin gösterimi (Kolbe vd., 2007)	64
Şekil 5.3 Bir binanın ve tünelin arazi ile arakesitleri [17].....	65
Şekil 5.4 Dış kaynaklar (Gröger vd., 2006).....	66
Şekil 5.5 Prototip nesne örnekleri (Gröger vd., 2006)	67
Şekil 6.1 LandXplorer Studio Professional yazılımı ile hazırlanmış 3B kent modeli [18]	70
Şekil 6.2 LandXplorer sisteminin mimari yapısı ve temel bileşenleri [18].....	72
Şekil 6.3 Uygulamada kullanılan veriler	73
Şekil 6.4 Uygulama aşamaları	77
Şekil 6.5 Uygulama bölgesine ait raster SYM verisi	78
Şekil 6.6 Arazi verilerinin yazılıma yüklenmesi	79
Şekil 6.7 Uygulama bölgesine ait gölgelendirilmiş rölyef.....	79
Şekil 6.8 SYM'nin kuzeybatıdan aydınlatılması.....	80
Şekil 6.9 SYM'nin kuzeydoğudan aydınlatılması.....	80
Şekil 6.10 Düşey ölçek 1:1 olduğunda SYM	81
Şekil 6.11 Düşey ölçek 3:1 olduğunda SYM	81
Şekil 6.12 Durağan gökyüzü görüntüsünü	82
Şekil 6.13 Hareketli gökyüzü görüntüsü	83
Şekil 6.14 Yüksekliklere göre renklendirilmiş SYM	84
Şekil 6.15 Yükseklik eğrilerinin SYM'de gösterilmesi	85
Şekil 6.16 Renkler ve eğim taraması ile görselleştirilmiş SYM.....	86
Şekil 6.17 Renk tonu ve eğim taraması ile görselleştirilmiş SYM.....	87
Şekil 6.18 Yükseklik, eğim ve eğim taraması ile görselleştirilmiş SYM.....	88
Şekil 6.19 SYM'den yükseklik bilgisi edinme.....	89

Şekil 6.20 SYM'den uzaklık bilgisi edinme.....	89
Şekil 6.21 Uydu görüntüsü eklenmiş SAM.....	91
Şekil 6.22 Bina basitleştirme işlemi sonuçları.....	94
Şekil 6.23 Kritik noktaları koruyarak alan basitleştirme işlemi sonuçları	95
Şekil 6.24 Çokgen şeklini koruyarak alan basitleştirme işlemi sonuçları	95
Şekil 6.25 Çokgen şeklini koruyarak alan basitleştirme işlemi sonuçları	97
Şekil 6.26 Birleştirme işleminden önceki bina sınırları	98
Şekil 6.27 Birleştirme işleminden sonraki bina sınırları	99
Şekil 6.28 İkinci basitleştirme işleminden sonraki blok bina sınırları	99
Şekil 6.29 Bina verilerinin kat adedi bilgilerine göre modele eklenmesi.....	101
Şekil 6.30 Blok binalar ile oluşturulmuş LoD1 ayrıntı düzeyinde 3B kent modeli	101
Şekil 6.31 Tek binalar ile oluşturulmuş LoD1 ayrıntı düzeyinde 3B kent modeli.....	102
Şekil 6.32 Çatı tipleri: tonoz çatı (a) ve beşik çatı (b).....	104
Şekil 6.33 Çatı tipleri: düz (a), tek satırlı (b), iki satırlı (c), kırma (d), dört satırlı (e)	104
Şekil 6.34 Çatı tipleri için oluşturulan tablo.....	105
Şekil 6.35 Çatı tiplerinin 3B bina modellerine eklenmesi.....	106
Şekil 6.36 Çatıları modellenmiş 3B binalar.....	106
Şekil 6.37 Çatıların modellenmesinde karşılaşılan sorunlar	107
Şekil 6.38 Bina cephe fotoğrafının genişliğinin ayarlanması.....	108
Şekil 6.39 LoD2 ayrıntı düzeyinde 3B kent modeli	108
Şekil 6.40 3B ağaç ve 3B prototip nesneler ile zenginleştirilmiş 3B kent modeli	109
Şekil 6.41 Bina cephe fotoğrafı ve röleve dosyası	110
Şekil 6.42 SmartBuilding ile 3B bina modelinin düzenlenmesi.....	111
Şekil 6.43 Binanın katlarına ayrılması	111
Şekil 6.44 Katlarına ayrılmış 3B bina modeli	112
Şekil 6.45 Bina çıkıntılarının oluşturulması	113
Şekil 6.46 Çıkıntıları oluşturulmuş 3B bina modeli	113
Şekil 6.47 Pencereleri oluşturulmuş 3B bina modeli	114
Şekil 6.48 Ayrıntı düzeyi arttırılmış 3B bina modeli	115
Şekil 6.49 LoD3 ayrıntı düzeyinde 3B Kent modeli	116
Şekil 6.50 LoD3 ayrıntı düzeyinde 3B Kent modeli	116
Şekil 6.51 Yolların SAM ile örtüşmemesi sorunu.....	117
Şekil 6.52 3B kartografik kent modeli	118

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 4.1 3B tasarım mekanizması ve görsel değişkenler (Jobst vd., 2008).....	56
Çizelge 5.1 CityGML’de ayrıntı düzeyleri için belirlenmiş çözünürlük ölçütleri	63
Çizelge 6.1 Durağan ve hareketli gökyüzünün bilgisayar performansına etkisi	83
Çizelge 6.2 3B kent modellemede kullanılan bina verileri ve ayrıntı düzeyleri	91
Çizelge 6.3 Kullanılan bina verilerin semantik özellikleri	92
Çizelge 6.4 Basitleştirme (6 m) ve eleme (36 m ²) işlemleri sonuçları	96
Çizelge 6.5 Basitleştirme (4 m) ve eleme (16 m ²) işlemleri sonuçları	97
Çizelge 6.6 İkinci basitleştirme (4 m) işlemi sonuçları	100
Çizelge 6.7 3B kent modellerinin bilgisayar performansına etkisi	102
Çizelge 6.8 Çatı tipleri ve çatı ID’leri	105

ÖNSÖZ

Öncelikle kendisinden her zaman destek ve anlayış gördüğüm tez danışmanım, öğretim üyesi Prof. Dr. Mehmet Selçuk'a tezime olan katkısı için teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmam süresince kendilerine danıştığım ve her zaman destek bulduğum öğretim üyeleri Prof. Dr. Necla Uluğtekin ve Yrd. Doç. Dr. Melih Başaraner'e çok teşekkür ederim. Tez yürütme jürimde bulunan öğretim üyeleri Prof. Dr. Ahmet Yaşayan ve Prof. Dr. Doğan Uçar'a destek ve yardımları için teşekkürü bir borç bilirim. Yıldız Teknik Üniversitesi Kartografya Anabilim Dalı'ndan öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Türkay Gökgöz'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, dostluklarını ve desteklerini esirgemeyen Kartografya Anabilim Dalı'ndaki arkadaşlarıma teşekkür ederim. Tezimin uygulama kısmında gerekli olan verileri elde etmemde yardımcı olan İstanbul Büyükşehir Belediyesi Coğrafi Bilgi Sistemleri Dairesi'nden arkadaşım Harita Yüksek Mühendisi Fatih Kafalı'ya ve Beyoğlu Belediyesi'ne teşekkür ederim. Aynı evi paylaştığım sevgili kardeşim Emine Yücel'e stresli tez sürecimde bana göstermiş olduğu anlayış ve destek için çok teşekkür ederim. Her türlü sıkıntıda bana olan desteğini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili annem Hatice Yücel ve sevgili babam Sacit Yücel'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) oluşturmak için üretilmiş sayısal haritalar mekansal nesnelere ait geometrik ve semantik bilgileri içerir ve veri grupları arasında işlem yapmaya ve iletişim kurmaya olanak sağlar. Kartografya mekansal verilerin elde edilmesi, düzenlenmesi ve görselleştirilmesinde geçmişten günümüze önemli ve vazgeçilmez bir yere sahiptir. Kartografyanın en önemli hedeflerinden biri, yeryüzüne ilişkin mekansal bilgilerin en doğru, kolay ve hızlı olarak algılanabilir biçimde görsel iletişimini sağlamaktır. 3 Boyutlu (3B) görselleştirme bu hedeflere ulaşmak için kullanılan araçlardan biridir ve bilgi teknolojilerindeki gelişmelerden sonra popüler hale gelmiştir.

3B kent modelleri değişik uygulama alanlarında kullanılmakta ve gün geçtikçe bu modellere duyulan ihtiyaç artmaktadır. Bu amaçla geliştirilmiş olan yeni yöntemler, veri azaltma, farklı ayrıntı düzeylerinde (LoD: Level of Detail) modelleme, akıcı işlem sağlama ve 3B kent modeli ile CBS arasında ilişki kurma özelliklerine sahiptir. Farklı ayrıntı düzeylerinde modellenmiş 3B kent modellerinde, farklı LoD'lerdeki Sayısal Arazi Modelleri (SAM) ve 3B bina modelleri eş zamanlı olarak aynı model üzerinde birleştirilebilmektedir. Farklı ayrıntı düzeylerinde modelleme ile karmaşık yapı ve büyük kapasiteli olan 3B kent modellerin iletişimi, paylaşımı ve sunumu daha hızlı yapılabilmektedir. 3B kent modelleri, tek bir binanın içyapısından (iç mimari) yerleşim alanlarındaki bina gruplarına kadar farklı ayrıntı düzeylerinde oluşturulabilir. Bu düzeyler, genellikle kaba (düşük) olandan hassas (yüksek) olana sırasıyla LoD0, LoD1, LoD2, LoD3 ve LoD4 olarak adlandırılır.

Bu tez uygulama bölümü ve sonuç bölümü ile birlikte toplam yedi bölümü içermektedir. Birinci bölüm giriş bölümüdür. İkinci bölümde 3B mekansal verilerin elde edilmesi ve modellenmesi konuları incelenmiştir. Üçüncü bölümde 3B SAM genelleştirme, 2B ve 3B bina genelleştirme konuları ele alınmıştır. Dördüncü bölüm kent modellerini 3B görselleştirilmesi ve sanal gerçeklik konularını içermektedir. Beşinci bölümde 3B mekansal modellerin internet üzerinden sunulmasına olanak sağlayan modelleme dilleri incelenmiştir. Altıncı bölüm tezin uygulama aşamasının anlatıldığı bölümdür. Yedinci ve son bölümde ise sonuçlar değerlendirilmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

Bu çalışmada 3B kent modelleme için güncel ve gelişmekte olan ayrıntı düzeyleri konusu incelenmiştir. Ülkemizde kullanılmakta olan mevcut verilerin bu konudaki yeterliliği araştırılmış ve eksik yanları belirlenmiştir. Daha uygun 3B kent modellerin oluşturulması için veri toplama açısından önerilerde bulunulmuştur. Tezin uygulama aşamasında 3B kent modelleme ve CBS yazılımı olan LandXplorer Studio Professional kullanılmıştır. Kullanılan veriler ise İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve Beyoğlu Belediyesi'nden sağlanmıştır. Uygulama alanı olarak İstanbul'un tarihi yapılarının en yoğun olduğu Sultanahmet ve Beyoğlu bölgeleri seçilmiştir. Bu bölgeye ait dört farklı ayrıntı düzeyinde 3B kent modeli oluşturulmuştur. 5 m çözünürlüklü Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) verileri kullanılarak sayısal arazi modeli (LoD0) ve bu model üzerine giydirilmiş, bölgeye ait 2B topografik veriler kullanılarak LoD1 düzeyine ulaşılmıştır. Bina cephe bilgileri, çatı bilgileri, bina çıkıntıları ve 3B ayrıntılı bina modelleri LoD1 modeli ile bütünleştirilerek LoD2 ve LoD3 ayrıntı düzeyinde 3B kent modelleri elde edilmiştir. LoD4 ayrıntı düzeyi bina içi nesneleri içerdiği için incelenmemiştir. Son olarak LoD1 ayrıntı düzeyinde bina bloklarının oluşturulmasında kullanılan OGC (Open Geospatial Consortium) tarafından önerilmiş minimum çözünürlük ölçütlerinin uygulamada kullanılan verilere uygun olmadığı anlaşılmış ve daha uygun genelleştirme ölçütleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kartografya, 3B kent modelleme, coğrafi bilgi sistemi (CBS), mekansal görselleştirme, sayısal arazi modeli (SAM), ayrıntı düzeyi (LoD).

THREE DIMENSIONAL CITY MODELING AT DIFFERENT LEVELS OF DETAIL AND THE INVESTIGATION OF ITS APPLICABILITY

ABSTRACT

Digital maps, which are produced to use for Geographic Information System (GIS) contain geometric and semantic information of spatial objects and provide a basis for operation and communication among the data groups. Cartography has had, and continues to have, important and indispensable roles in spatial data acquisition, processing, and visualization. Primary objective of cartographic visualization is properly, easily, and quickly perception of spatial information for the map users. The developments in computer technology made 3D representations more popular tools for visualizing information.

The needs for 3D city models are growing rapidly and the applications of those models are appearing in a variety of fields in recent years. In parallel, the speed of the internet communication is being greatly improved by the fast and wide spread of broadband infrastructure. New techniques developed for this purpose, include; reduction of data, Level of Detail (LoD) modeling and streaming, and linkage between 3D city model and GIS. Digital Terrain Models (DTMs) and 3D building models at different LoDs can be unified in order to create 3D city models at different LoDs. Communication, dissemination and presentation of large buildings with complex structure can be performed more rapidly by modeling 3D city models at different LoDs. They contains at different levels of detail of a city from interior of an individual building to built-up areas. These levels are usually denoted with LoD0, LoD1, LoD2, LoD3 and LoD4 from coarser (lower) to finer (higher) respectively.

This study, together with case study and conclusions, consists of seven chapters. The first chapter covers introduction. The second chapter gives information about 3D data handling and 3D data modeling techniques. In the third chapter are examined 3D DTM generalization, 2D and 3D building generalization. The fourth chapter includes 3D spatial visualization of city models and virtual reality. The fifth chapter contains web based dissemination of 3D spatial models by using modeling and mark up languages. In the sixth and seventh chapters include case study and conclusions respectively.

In this study, LoD, which is actual and newly developing domain for 3D city modeling was examined. Sufficiency of existing data in our country was tested for LoD-based 3D city modeling and its deficiency was introduced. Then recommendations were made for data acquisition. In the case study part of this thesis LandXplorer Studio ProfessionalTM, 3D city modeling and GIS software, was used. The data, used, was provided by Istanbul Metropolitan Municipality and the Beyoglu Municipality. Sultanahmet and Beyoglu districts, which are the most historical places of Istanbul, were selected as application area. Models of this region were developed at four different levels of detail. Digital terrain model (LoD0) was created by using 5 m resolution raster DEM (Digital Elevation Model) data. LoD1 model was created by using block buildings, which were generated from 2D GIS data. And then building facades, roof types, and 3D detailed building models were integrated into the LoD1 model so that LoD2 and LoD3 models were created. LoD4 was not created because this LoD contains interior building objects. Finally, it was observed that generalization criteria suggested by Open Geospatial Consortium (OGC) was not appropriate for the data used in the application and more appropriate generalization criteria were determined.

Keywords: Cartography, 3D city modeling, geographic information system (GIS), spatial visualization, digital terrain model (DTM), level of detail (LoD).

1. GİRİŞ

Mekansal bilgilerin kartografik kurallar çerçevesinde haritaya aktarılması ve görselleştirilmesi kartografyanın önemli konularından biridir. Haritalar, mekansal olguların ve aralarındaki ilişkilerin anlaşılması, kaydedilmesi ve iletişimi için bir araçtır. Aynı zamanda harita, çeşitli dönüşümler içeren ve doğrudan ya da dolaylı olarak konum, yön, uzunluk, bağlantı, yakınlık, komşuluk, hiyerarşi ve mekansal ilişki gibi çeşitli bilgi türlerini ileten gerçekliğin özetlenmiş bir modeli olarak tanımlanır (Başaraner, 1997). Haritalar kullanıcılara coğrafi bilginin mekansal ilişkileri ile ilgili analiz, hesaplama, planlama ve bilgi edinme olanaklarını sağlamaktadır.

Bilgi ve iletişim teknolojisi alanındaki gelişmeler her geçen gün haritalara yeni özellikler kazandırmakta ve özellikle sayısal haritalar giderek gelişmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve bilgisayar destekli kartografya haritalara olan ilgiyi artırmış ve haritalara yeni özellikler katmıştır. Sayısal haritalar yalnızca mekansal bilgilerin gösterildiği ürünler değil verilerin düzenlenebildiği, sorgulanabildiği, analiz edilebildiği, 3 Boyutlu (3B) olarak görselleştirilebildiği ürünlerdir. Haritanın yapımında geometri, kartografik gösterim ve iletişim özellikleri kadar estetik sunum özelliklerinin olması da önemlidir. Estetik sunum ile renkler arasındaki uyum, kontrast, desen gibi özelliklerin doğru ve olumlu kullanımı ile harita kullanıcısında doğru algılamının ve etkinin uyandırılması hedeflenir.

Günümüzde veri tabanlarında analitik ve mantıksal sorgulama olanakları ile kullanıcılara harita okuma ve görsel algılama açısından kolaylıklar sağlanmış olsa da bazı eksiklikler bulunmaktadır. Harita kullanıcıları genellikle haritanın tamamını görmeden içerik ve mekansal bilgiler arasındaki ilişkinin ne olduğuna karar verememektedir. Mekansal bilginin haritada doğru gösterimi, kartografik görselleştirme ile doğrudan ilişkilidir. Kartografik görselleştirme, kartografik kuralların yanı sıra kartografik tecrübeye de bağlıdır. Bu kuralların teknolojiye paralel olarak geliştirilmesi günümüzde zorunluluk haline gelmiştir.

Mekansal bilgilerin 3B görselleştirilmesi ile mekansal içeriği kavrama ve algılama daha kolaylaşmaktadır. Haritalarda üçüncü boyutun gösterimi tarama, yükseklik eğrileri, gölgelendirme ve yükseklik eğrileri ile gölgelendirmenin bütünleştirilmesi gibi yöntemler ile gerçekleştirilmektedir. Bunlardan tarama yöntemi, üçüncü boyutun basılı haritalarda gösterimi için kullanılan ve kısmen matematik ve geometrik temelli olan yöntemlerden ilkidir ve günümüzde pek kullanılmamaktadır. Gelişmeler doğrultusunda tarama yönteminin yerini gölgelendirme ve daha sonra matematik ve geometrik açıdan eksiksiz kabul edilen yükseklik

eğrileri yöntemi almıştır. Gölgeleme ve yükseklik eğrileri yöntemlerinin ayrı ayrı veya birlikte kullanımı günümüzde sık olarak görülmektedir. 2 Boyutlu (2B) düzlemde bulunan ve yükseklik bilgilerini de içeren bu tür ürünler 2.5 Boyutlu (2.5B) haritalar olarak adlandırılmaktadır. 3B kabartma haritalar gerçek anlamda 3B mekansal ürünlerdir ve 3B mekansal modellemenin temelini oluşturmaktadır. Günümüzde bilgisayar ortamında üçüncü boyutun olabildiğince gerçekçi olarak gösterimi için çalışmalar sürmektedir

Bilgisayar ortamındaki mekansal çalışmalar sonucunda sanal gerçeklik (VR: Virtual Reality) kavramı ortaya çıkmıştır. Kullanıcılar ile bilgisayar ortamında hazırlanmış 3B modeller arasında tam etkileşim sağlamayı hedefleyen sanal gerçeklik son yıllarda birçok bilim dalı tarafından kullanılan bir araçtır. 1960'lı yıllarda ortaya çıkmıştır, 1970'lerde uçuş simülatörleri ile bu alanda ilk uygulamalar gerçekleştirilmiştir. 1980'lerde kullanım yaygınlaşmıştır. 3B görselleştirme çalışmalarının büyük bir kısmı sanal gerçeklik ortamlarının oluşturulmasına yönelik sürmekte ve tüm duylara hitap edecek sanal gerçeklik ortamların oluşturulmasını hedeflemektedir.

3B kent modelleme farklı bilim dallarından araştırmacıların ilgilendiği konulardan biridir ve kullanıcı alanı geniştir. Sanal ortamlar, kent modellemede kullanılan bir araçtır ve çalışmalara kolaylık sağlamaktadır. Büyük bölgeler için 3B kent modellerinin oluşturulması ve sunumu zordur. Verilerin artması ve veri çeşitliliği, verilerin düzenlenmesini ve etkin biçimde sunumunu güçleştirmektedir. Bu sorun 3B kent modellerinin amaca yönelik olarak farklı ayrıntı düzeylerinde (LoD: Level of Detail) oluşturulması ile giderilmektedir. Böylece karmaşık yapı ve büyük kapasiteli olan 3B kent modellerinin yapılandırılması, paylaşımı ve sunumu/görselleştirilmesi/iletişimi daha hızlı yapılabilmektedir. Bu da ayrıntı düzeylerinin temel hedeflerinden biridir.

1.1 Tezin Kapsamı ve Amacı

3B kent modellemede farklı veri kaynakları kullanılmaktadır ve veri özelliklerine (vektör, raster, nokta, 2B, 3B vb.) bağlı değişik modelleme yöntemleri vardır. Bu nedenle tezin ikinci bölümünde 3B kent modellerinde kullanılan veri türleri ve bu verilerin 3B modellenmesi konuları incelenmiştir. Tezin üçüncü bölümünde ayrıntı düzeyleri kavramı ile yakından ilgili olan ve gelişmesini sağlayan 2B ve 3B bina genelleştirme konuları ele alınmıştır. 2B genelleştirme konusu, bazı ayrıntı düzeylerinde bina geometrilerinde düzenleme yapılması gerektiğinden, yalnız binalar için incelenmiştir. 3B genelleştirme ise hem binalar hem arazi verileri için incelenmiştir. Sanal gerçeklik, 3B mekansal sanal ortamların gelişmesine katkıda

bulunmaktadır. Sanal ortamda kullanıcı bulunduğu ortamın bir parçasıdır. Bu da sanal ortamda yön bulma ve algılama ile ilgili sorunlara neden olmaktadır. Bu nedenle sanal gerçekliğin 3B mekansal modellemeye olan katkısı ve 3B mekansal ortamların algılanması konuları tezin dördüncü bölümünde anlatılmıştır. Teknolojik gelişmeler ve ihtiyaçlar 3B kent modelleme ve görselleştirme ile ilgili yeni yöntemlerin gelişmesini sağlamıştır. Tezin beşinci bölümü 3B kent modellemede kullanılan farklı görselleştirme yöntemleri ve bu yöntemlerin özelliklerini kapsamaktadır. Altıncı bölümde 3B kent modellerinin internet üzerinden yayınlanmasını sağlayan modelleme dillerinden bahsedilmiş, CityGML modelleme dili ve özellikleri incelenmiş ve ayrıntı düzeyleri ile 3B kent modellemeye yapmış oluğu katkılar vurgulanmıştır. Yedinci bölümde ise tez kapsamında yapılan uygulama anlatılmıştır.

Uygulama aşamasında pilot bölgeler olarak Sultanahmet ve Beyoğlu seçilmiş ve bu bölgelere ait farklı ayrıntı düzeylerinde 3B kent modelleri oluşturulmuş ve incelenmiştir. Bu bölgede tarihi yapıların ve turistik tesislerin fazlalığı, bina geometrilerinin karmaşık olması ve binaların detay zenginliği pilot bölgeler olarak seçilmesinde etkili olmuştur. Tarihi bölgeler görselleştirilmesi zor olan, turizm açısından ve kültürel açıdan da önemli bölgelerdir. Ayrıca bina geometrilerinin karmaşık olması 3B bina modellemeyi zorlaştıran etkenlerdendir. Yurt dışında yapılan çalışmalar incelendiğinde şehir yapılarının daha düzenli olması nedeniyle başarılı sonuçlar görülmektedir. Ancak ülkemizdeki gibi cadde ve sokakların dar olduğu, parsellerinin geometrik olarak düzensiz olduğu bölgelere yönelik çalışmalar bulunmamaktadır. Bu nedenle karmaşık yapıları kentsel alanlarda farklı ayrıntı düzeylerinde 3B kent modelleme konusunun incelenmesi gerekmektedir. Ayrıca ülkemizdeki mevcut verilerin bu konuda ne kadar yeterli olduğu araştırılmalıdır. Özellikle LoD1 ayrıntı düzeyinde bina blokları oluşturulurken kullanılan genelleştirme ölçütlerinin bitişik nizamlı ve karmaşık bina geometrilerinin olduğu bölgeler için incelenmesi gerekmektedir.

Şimdiye kadar yapılan 3B kent modelleme çalışmalarında ayrıntı düzeyleri kavramı incelenmemiş yalnız tek bir amaca yönelik çalışmalar yapılmıştır. Örneği, turizme yönelik uygulamalarda daha çok görselliğe önem verilmekte istatistiksel amaçlı kent modellerinde ise hesaplamaya önem verilmektedir. Farklı ayrıntı düzeylerinde 3B kent modelleri ile oluşturulan 3B kent modeli farklı amaçlar için kullanılabilir. Bu nedenle veri paylaşımı ve çok sayıda kullanıcıya ulaşması açısından daha etkili bir yöntemdir. Ülkemiz açısından bakıldığında özellikle büyük şehirlerde farklı ayrıntı düzeyinde 3B kent modelleme çalışmalarına gereksinim vardır. İstanbul, Ankara ve İzmir gibi büyük şehirlerde gün geçtikçe yoğun nüfus artışı olmaktadır. Bu da çarpık kentleşmeye neden olmaktadır. 3B kent modelleri

çarpık kentleşmede özellikle bina yüksekliklerinin şehrin silüetine olan etkisi, şehrin büyümesinin tarım alanlarına ola etkisi, sanayi alanlarının çevresel kirlenmeye etkisi gibi konularda etkin olarak kullanılmaktadır. Ayrıca haberleşmede baz istasyonlarının yerlerinin belirlenmesinde 3B kent modellerine ihtiyaç duyulmaktadır. 3B kent modelleri ile yüksek binaların olduğu bölgeler tespit edilip baz istasyonlarının ne sıklıkta ve hangi yükseklikte olması daha kolay belirlenebilmektedir. Bunun nedeni bina yüksekliklerinin baz istasyonlarının kapsama alanlarını etkilemesidir. Bunun dışında ısınmada kullanılan doğalgaz, elektrik, kömür ve motorin gibi enerji kaynağı ihtiyaçlarının belirlenmesinde ve görselleştirilmesinde de 3B kent modellerine gereksinim duyulmaktadır. Büyük şehirlerin genelinde farklı ayrıntı düzeylerinde 3B kent modellerinin oluşturulması, farklı uygulama alanlarını ilgilendiren bu sorunların izlenmesi ve giderilmesinde etkili olacaktır.

Uygulamanın gerçekleştirilmesinde altyapısı Almanya'nın Potsdam Üniversitesi Hasso-Plattner Enstitüsü Bilgisayar Grafik Sistemleri Bölümü ve 3D Geo GmbH şirketi tarafından ticari olarak geliştirilen ayrıntı düzeylerinde 3B kent modelleme ve CBS yazılımı olan LandXplorer Studio Professional kullanılmıştır. Kullanılan veriler İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve Beyoğlu Belediyesi'nden sağlanmıştır. Ayrıntı düzeyleri oluşturulurken Open Geospatial Consortium (OGC) bünyesinde CityGML (City Geography Markup Language) çalışma grubu tarafından önerilen 5 farklı ayrıntı düzeyi kullanılmıştır. Bu ayrıntı düzeylerinden LoD4, bina içi ayrıntıları içerdiği için incelenmemiştir.

İlk ayrıntı düzeyi olan LoD0'da yalnız Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) oluşturulmuş ve model üzerine uydu görüntüsü yerleştirilerek Sayısal Arazi Modeli (SAM) elde edilmiş ve yükseklik bilgilerine göre renklendirilerek daha estetik ve görsel model elde edilmiştir.

Binaları içeren ilk ayrıntı düzeyi LoD1'de bina geometrileri gerçek yükseklikleri kadar yükseltilerek 3B bina modelleri oluşturulmuştur. Bu düzey için önerilen farklı yaklaşımlar değerlendirilmiş ve bina blokları oluşturulmuştur. Bina bloğu oluşturulması için OGC'nin 06-057r1 numaralı raporunda önerdiği ölçütlerin kullanılan verilere uygunluğu araştırılmış ve yeni önerilerde bulunulmuştur.

LoD2 ayrıntı düzeyinde bina modellerine çatı tipleri ve bina cephe bilgileri (cephe fotoğrafları ve röleleri) eklenmiştir. Kullanılan verilerde çatı tipleri ile ilgili bilgiler bulunmadığı için bölgedeki çatı tipleri incelenmiş ve kat adetleri ile çatı tipleri (tek sathlı, iki sathlı, dört sathlı, kırma ve düz) arasında ilişki kurularak verilere çatı tipleri eklenmiştir. Böylelikle oluşturulan çatı verileri modeldeki tüm binalara otomatik olarak aktarılmıştır. Ayrıca büyük

ağaçlar, bitki örtüsü ve dış mekan nesneleri (sokak lambası, telefon kulübesi, otobüs durağı vb.) 3B kent modeli üzerinde gösterilerek görsel ve içerik olarak modelin zenginleştirilmesi sağlanmıştır.

LoD3 ayrıntı düzeyinde binaların katlara ayrılması, bina çıkıntılarının oluşturulması ve pencerelerin gösterilmesi işlemleri gerçekleştirilmiştir. Tarihi ve önemli yapılara ait 3B mimari modeller 3B kent modeline aktararak, bitki örtüsü, ağaçlar ve dış mekan nesneleri daha ayrıntılı gösterilerek ayrıntı düzeyi daha da arttırılmıştır.

3B kent modellemede kartografik kuralların uygulanabilmesi için semiotik modelleme kavramı gelişmektedir. Bu konu incelenmiş ve uygulamanın son kısmında yazı ve harita işaretlerinin kullanıldığı, önemli yapıların vurgulandığı, önemsiz olanların ise yoğun olarak genelleştirildiği 3B kent modeli oluşturulmuştur. Son olarak ayrıntı düzeyleri ile 3B kent modelleme konusunda geleceğe yönelik kestirimlerde bulunulmuş, uygulama sonuçları değerlendirilerek öneriler yapılmıştır.

2. 3B MEKANSAL VERİ EDİNİMİ VE MODELLEME

Birçok mekansal uygulama, konum ve yükseklik verilerinin toplanmasını gerektirmektedir. Veri toplamaya yönelik değişik yöntemler bulunmaktadır. Bunlar geçmişten günümüze kullanılan klasik yöntemler (klasik jeodezik ve fotogrametrik ölçmeler) ve gelişmeler doğrultusunda ortaya çıkan yeni yöntemler (GPS, uydu görüntüleri, LIDAR) olarak sınıflandırılabilir. Bu bölümde daha çok yeni yöntemlerden bahsedilecektir.

Teknolojik gelişmeler duyarlılığı yüksek verilerin daha hızlı elde edilmesini sağlamaktadır. 3B veri toplamaya yönelik çalışmalar genellikle görüntüye dayalı (image based), nokta kümelerine dayalı (point cloud based) ve karma (hybrid) uygulamalar olarak gruplandırılmaktadır.

Harita üretim teknolojisi hızlı olarak ilerlemekte ve gelişmektedir. Modern sayısal harita üretimi, farklı platformlardan algılama, farklı algılayıcıların bütünleştirilmesi ve farklı kaynaklardan elde edilen verilerin birlikte kullanımı ve birleştirilmesi çerçevesinde gelişerek sürmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Farklı platformlardan algılama için teknolojiler (Tao, 2006)

Algılama teknolojisindeki ilerlemeler 3B veri ediniminde birçok yeni olanak ve seçenek sağlamıştır. Doğrudan coğrafi referanslama ve değişik araçların GPS (Global Positioning System) ile bütünleşmesi sonucu konumlandırma ve yönlendirme açısından yeni olanaklar

ortaya çıkmıştır. Yeni nesil algılayıcı sistemler ile doğrudan coğrafi referanslama olanaklı hale gelmiştir. Böylelikle yer kontrolü olmadan yönlendirme verileri (3 konum ve 3 yön parametresi) belirlenebilmektedir. Ayrıca 3B veri toplama ve veri işleme için iş akış sistemlerinin geliştirilmesini sağlamıştır (Jaynes, 2003; Kim ve Nevatia, 2004).

3B mekansal veriler değişik amaçlar için toplanmakta ve CBS veya CAD ortamlarında kullanılmaktadır. CAD yazımlarının 3B destekleme özellikleri, CBS yazılımlarına göre daha gelişmiştir ve CBS yazılımlarına destek sağlamamaktadır. 3B ortamda büyük ölçekli mekansal verilerin kullanıldığı uygulamalarda CAD ve CBS arasındaki uyumun sağlanmasında CAD tasarımcılarına önemli görevler düşmektedir. Mekansal veri üretiminde ve verilerin düzenlenmesi, modellenmesi ve görselleştirilmesinde, üretilen bu verilerin, farklı çalışmalarında da kullanılabileceği göz önünde tutulmalıdır. Örneğin, çizgilerin çizim yönü, çoklu doğru ile mi yoksa parçalardan oluşan çizgiler ile mi çizildiği ya da kapalı alanların tam olarak kapatılıp kapatılmadığı gibi ayrıntılar CBS ortamında topolojik sorgulamalar için önemlidir. CAD ortamında sorunlara neden olmayan bu gibi özellikler CBS ortamında sorgulama, topoloji, modelleme ve renklendirme gibi işlemlerde sorunlara neden olmaktadır. Bu nedenle veri üretiminde verinin kullanılabileceği uygulama alanlarının tümünün ya da çoğunun göz önünde tutulması veri paylaşımı ve verilerin çok amaçlı kullanımı açısından önemlidir (Kolbe ve Plümer, 2004; Oosterom vd., 2006).

2.1 3B Mekansal Veri Edinimi

Bilgi işleme açısından bakıldığında 3B nesnelerin elde edilmesine yönelik üç temel yöntem vardır (Sohn, 2004; Tao, 2006);

- **Görüntü Tabanlı Yöntem:** Yakın mesafeden çekilmiş yersel fotoğrafları, hava fotoğraflarını ya da uydu görüntülerini kullanarak 3B bina bilgilerinin toplanmasıdır. Bu yöntem görüntülerden 3B yapısal ve metrik bilgilerin elde edilmesini sağlar. İşlem aşamaları iyi olarak belirlenmiş bu yöntemde işlemler henüz yarı otomatik olarak yapılmaktadır. Tam otomatik veri üretimine yönelik çalışmalar sürmektedir.
- **Nokta Kümesi Tabanlı Yöntem:** Lazer tarayıcılar gibi aktif algılayıcılar, 3B nesnelerin ayrıntılı olarak ölçümüne olanak sağlamıştır. Böylelikle 3B haritaların daha hızlı ve daha gerçekçi üretimine büyük katkıda bulunulmuştur. Yersel veya havadan yapılan ya da bu ikisinin birleşimi olan lazer tarama yöntemleri sonucu, hassas ve yoğun 3B nokta kümeleri elde edilir. Bu verilerden, nesnelere ait yükseklik verileri

nokta bazında otomatik olarak kolaylıkla elde edilebilmesine rağmen çok yoğun nokta kümelerini içermeleri sorunlara neden olmaktadır.

- **Karma Yöntemler:** Teknolojik eğilimlerden biri de optik görüntüler, nokta kümesi verileri ve diğer veri kaynaklarının (örneğin 2B haritalar, LIDAR verileri ve CBS/CAD veri tabanları) bütünleştirilmesine yöneliktir. Bu yöntemler, güçlü ve etkili olmalarına rağmen farklı yöntemlerle üretilen veriler kullanıldığında verilerin bütünleştirilmesinde zorluklarla karşılaşmaktadır. Karma yöntemler ile elde edilmiş veriler CBS uygulamaları için altlık oluşturabilmektedir. Örneğin, günümüzde LIDAR verileri 3B CBS uygulamalarına altlık oluşturabilmektedir. Ancak henüz bu verileri otomatik olarak CBS ortamına aktarabilecek yazılım sayısı oldukça azdır.

CBS verilerinin farklı dosya biçimlerinde olması veri paylaşımında sorunlara neden olmaktadır. Bu sorunlar geçmişte, kullanılan yazılımlara veri dönüşüm modüllerinin eklenmesi ile çözülmekteydi. Ancak CBS’de kullanılan veri türlerinin giderek artması bu sorunların giderilmesini engellemektedir. Veri değişiminde standartların tam olarak oluşturulması veri türlerinin artmasından ortaya çıkan karmaşanın azaltılmasını sağlayacaktır. Henüz CBS için evrensel olarak kabul edilmiş veri standartları yoktur. Bununla birlikte CBS yazılımı satıcılarının liderliğinde 1994 yılında kurulan OGC bünyesinde standartların oluşturulmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu kapsamda OGC tarafından CBS verileri için GML ve 3B kent modelleri için de CityGML dilleri geliştirilmiş ve bu alanlarda standartların oluşturulmasına destek sağlamıştır. Günümüzde 3B kent modellerinin CityGML dosya biçimine dönüştürülerek farklı yazılımlarda kullanımı olanaklıdır.

2.1.1 Hava Fotoğrafları ve Uydu Görüntüleri

Fotogrametrinin temel amaçlarından biri nesneler ve görüntü arasındaki geometrik ilişkiyi dikkatli bir biçimde kurup görüntüden nesneler hakkındaki bilgiyi doğru olarak elde etmektir. Hava fotogrametrisi geometrik veri elde etmede kullanılan ilk uzaktan algılama yöntemidir. Hava fotoğrafları, fotogrametrik kameralar kullanılarak uçaktan yeryüzünün fotoğraflarının çekilmesi ile oluşturulur. Hava fotoğrafları, fotoğrafı çekilen alana ait anlık görüntülerdir ve o anda ilgili alana giren tüm nesneleri kamera çözünürlüğüne bağlı olarak gösterirler. Hava fotoğrafları ile veri elde etmeye yönelik çalışmalar yıllardır süregelmektedir.

Uydu görüntüleri, uydularda bulunan algılayıcı sistemler ile yeryüzüne ait bilgilerin elektronik sinyaller olarak toplanıp bilgisayar ortamında işlenmesi sonucu elde edilir. Uydu görüntüsü elde etmede pasif sistemler ve aktif sistemler adı verilen iki farklı sistem vardır.

Pasif sistemler değişik hava koşularından etkilenir ve her zaman aktif değildir. Aktif sistemler de ise bu sorun yoktur.

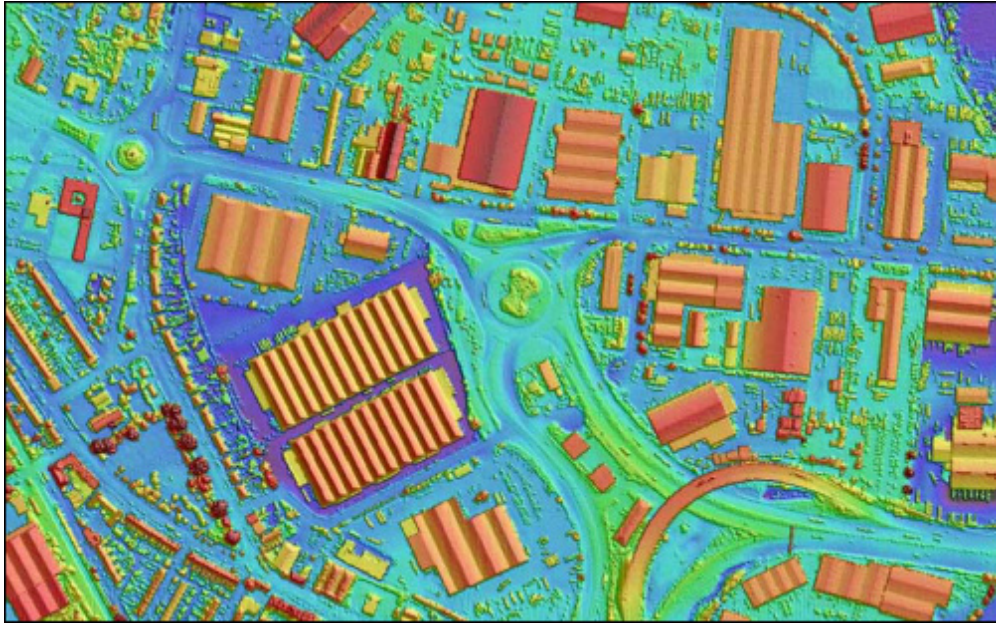
Uydu görüntülerinden veri elde edilirken görüntüler üzerinde görüntü işleme adı verilen işlemler yapılmaktadır. Farklı görüntü işleme yöntemleri kullanılarak aynı verilerden değişik görüntüler elde edilebilmektedir. Yeryüzünün belirli bölgesine ait bu veriler bilgisayar ortamında pikseller olarak depolanır. Elde edilen görüntünün znrlğ piksellerin büyüklüğüne bağlıdır. Piksel büyüklüğü ne kadar küçük olursa znrlk o kadar iyidir. Örneğin, Landsat uydusu 30m×30m znrlğnde veri sağlamaktadır. Günümüzde 1m×1m znrlğnde uydu görüntüsü elde etmek mümkündür. znrlk uydu görüntülerinin en önemli mekansal özelliğidir ve uydu görüntülerin önemlilik derecesi pratik olarak znrlk ile ifade edilir. Bir Landsat uydu görüntüsünün znrlğ yapılaşmış bölgelerin algılanabilmesi için yeterlidir. Genellikle kentsel bölgelerde kentsel dokunun ve kırsal bölgelerde de toprak kullanım durumlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bina sınırlarının belirlenebilmesi için znrlğ yüksek görüntülere gereksinim duyulmaktadır. (Carleer ve Wolff, 2004; Heywood vd., 2006).

Bu tezin uygulamasında sayısal arazi modelinin görsel ve bilgi olarak zenginleştirilmesi için hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri kullanılmıştır. Uydu görüntüleri hava fotoğraflarına göre daha kolay elde edilmektedir ve kullanımı daha yaygındır. Hava fotoğrafları daha maliyetlidir ve yoğun çalışmalar sonucu elde edilir. Buna karşın hava fotoğraflarının znrlkleri daha yüksektir. Geniş bölgelere ait hava fotoğraflarının oluşturulması tek hava fotoğraflarının birleştirilmesi işlemlerini kapsar. Bu da çok geniş alanlara (rneğin 3B kent modeli oluşturulan kentin tümüne) ait hava fotoğraflarının tamamının elde edilmesini zorlaştırmaktadır. Bununla birlikte hava fotoğraflarının znrlğ yüksektir ve büyük bir bölgenin znrlğ yüksek hava fotoğrafının tek parça olarak depolanması zordur. Çünkü bilgisayarda çok fazla yer kaplamaktadır ve veri paylaşımı zordur. Bu zellikler değerlendirildiğinde küçük ölçekli çalışmalarda uydu görüntülerinin kullanılması daha doğrudur. Büyük lekli çalışmalarda ise 3B kent modellerine yakın planda ihtiyaç duyulur ve znrlğn yüksek olması önemlidir. Bu nedenle ayrıntı düzeyinin arttığı çalışmalarda znrlğ yüksek hava fotoğrafları tercih edilmelidir. Bu tezde 1m×1m znrlkl uydu görüntüleri ve 30cm×30cm znrlkl hava fotoğrafları kullanılmıştır.

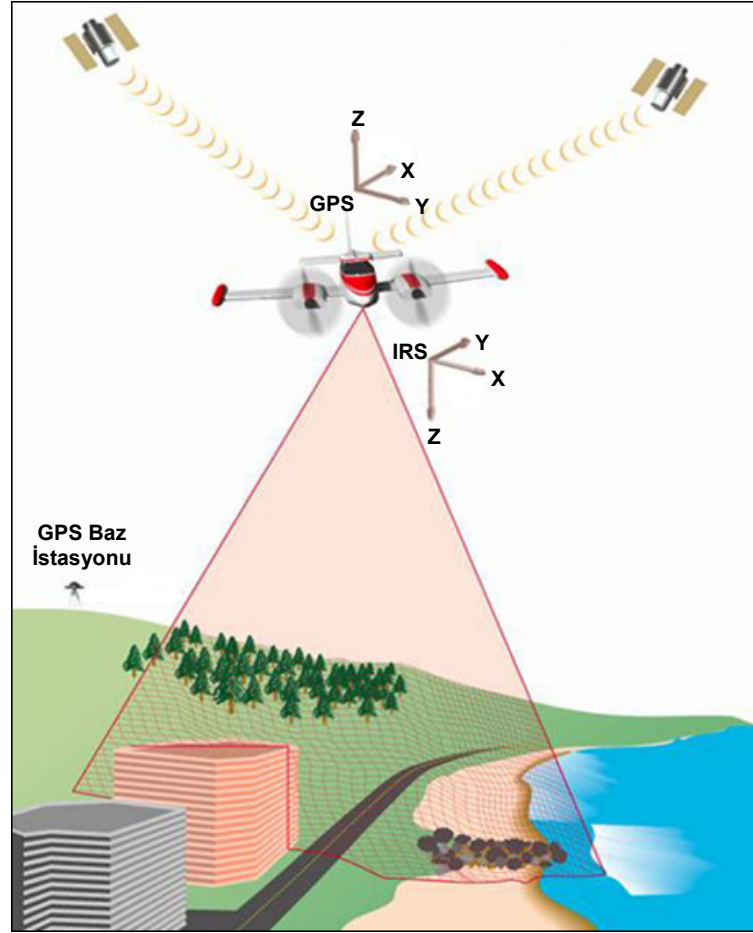
2.1.2 LIDAR

LIDAR (Light Detecting and Ranging) ya da lazer tarama yöntemi yüksek duyarlılıkta yükseklik ve konum bilgisi elde etmede en güncel ve hızlı yöntemlerden biridir. LIDAR teknolojisinin gelişmesinde hiç şüphesiz doğrudan coğrafi referanslama olanağı sağlayan GPS alanındaki ve lazer teknolojisindeki gelişmeler ve bu iki teknolojinin birlikte kullanılması etkili olmuştur. Bu yöntemde nesnelerden yansıyan her bir lazer sinyalinin coğrafi referansı basit bir uzaklık açısı hesaplaması (distance angle calculation) ile belirlenmektedir. LIDAR ile bir kent merkezinde bulunan detaylar hızlı, yüksek çözünürlüklü ve hassas olarak 3B nokta kümeleri halinde toplanabilmektedir.

Şekil 2.2’de LIDAR yöntemi ile toplanmış ve bilgisayar ortamına aktarılmış ham LIDAR verileri görülmektedir. Şekil 2.3’de ise LIDAR’ın çalışma prensibi gösterilmektedir. Ham LIDAR verilerinden amaca göre değişik ayrıntı ve çözünürlükte veriler alınarak kullanılabilir. Çözünürlüğü yüksek (çok sık aralıklar ile toplanmış) LIDAR verileri ile bilgisayar ortamında çalışmak, bu verileri modellemek oldukça zordur. Bu verilerin toplanmasında ve kullanılmasında çözünürlük çalışma koşullarını ve maliyeti etkilemektedir. Bu nedenle veri toplama işleminden önce detaylı araştırma yapılarak veri çözünürlüğü belirlenmelidir (Hopkinson ve Chasmer, 2008). Havadan ya da yersel lazer tarama ile 3B nesne (yapay veya doğal) verilerinin elde edilmesine yönelik değişik yöntemler bulunmaktadır. Tezin uygulama aşamasında ülkemize mevcut olmaması nedeniyle LIDAR verileri kullanılamamıştır.



Şekil 2.2 Ham LIDAR verileri [1]



Şekil 2.3 LIDAR'ın çalışma prensibi [2]

2.1.3 GPS Verileri

GPS güncel ve gelişmekte olan bir diğer veri elde etme yöntemidir. GPS uydulardan ve kontrol sistemlerinden oluşan ve günün herhangi bir anında yeryüzüne ait konum bilgilerinin elde edilmesini sağlayan bir sistemdir. Bu alanda Amerika'nın NAVSTAR, Rusya'nın GLONASS, Avrupa'nın ise 2008 yılında kullanılmaya başlayan GALILEO adında sistemleri vardır. Amerikan sistemine ait 24 adet uydu dünya etrafında kendi yörüngelerinde dolaşmaktadır. Bu uyduların yörünge süreleri 12 saattir ve yörüngeleri sürekli gözlenerek konumları hassas bir şekilde belirlenmektedir (Heywood vd., 2006). Uydular ve yeryüzündeki algılama istasyonları benzer radyo dalgası ve kodlama sistemi kullanır. Radyo dalgalarının algılama istasyonu tarafından alınması ve veri dönüşümü sırasında bir gecikme meydana gelmektedir. Bu gecikme miktarı uydu ve algılama istasyonu arasındaki uzaklığa bağlıdır. GPS kullanıcıları bulundukları konumun 3B koordinatlarını (x, y, z) kullandıkları GPS aletinin kapasitesine göre farklı duyarlılıkta elde eder.

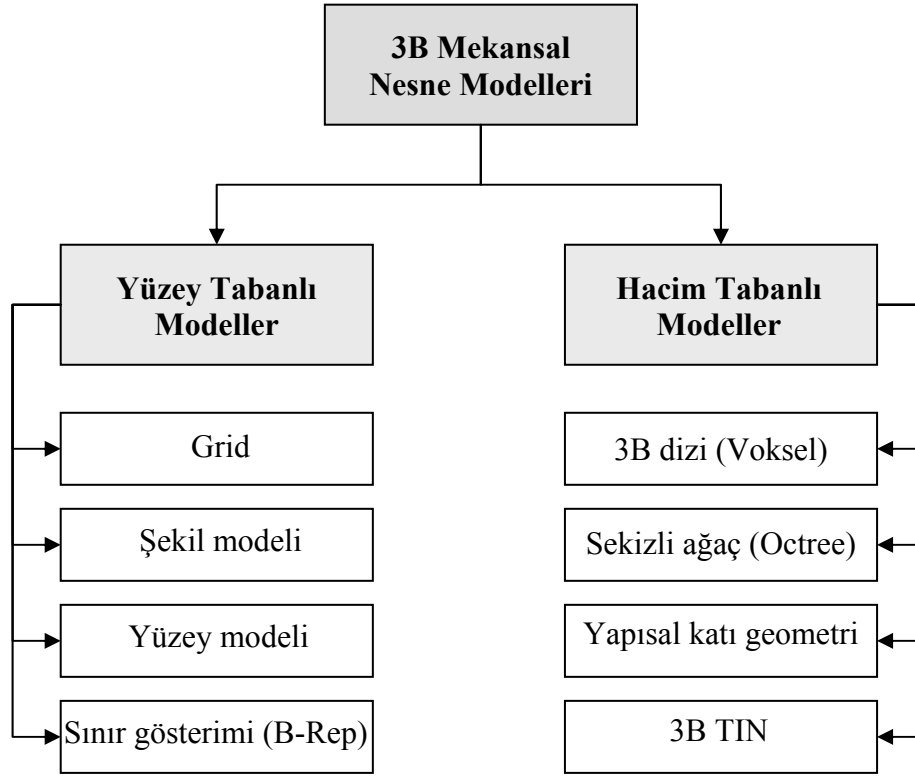
2.2 3B Mekansal Veri Modelleme

Coğrafi bilgiler 2B ve 3B mekansal veriler olarak depolanmakta ve farklı amaçlar için kullanılmaktadır. 2B verilerin 3B verilerden daha fazla kullanıldığı bir gerçektir. Bu durum, özellikle 3B verilerin elde edilmesi ve topolojik yapılandırılmasındaki güçlüklerden kaynaklanmaktadır.

Mekansal veriler 2B, 2.5B ve 3B olarak gösterilebilmektedir. 2B’de, veriler XY düzleminde geometrik (konumu ve şekli ile) olarak gösterilir. 2.5B’de ise 2B’deki geometrik veriler ile semantik veriler ilişkilendirilir ve görsel hale getirilir. Örneğin binalar, sınırları ile XY düzleminde 2B olarak gösterilir ve yükseklik verileri öznitelik olarak her bir binaya atanır. 3B’de ise veriler, X,Y ve Z eksenleri ile tanımlanan 3B mekanda gösterilir. Gerçek dünyada var olan mekansal nesnelerin bazıları düzenlidir, bazıları da belirli bir düzensizlik gösterir. Binalar gibi yapay nesneler düzenli dağılımlı nesneler; arazi engebeleri, ormanlar, denizler ve ağaçlar ise düzensiz dağılımlı nesnelerdir. Bütün gerçek dünya nesneleri üç boyutludur. Nesnelerin diğer nesneler ile olan durum, davranış ve topolojik ilişkileriyle ilgili bilgilerinin doğru olarak alınabileceği bir sistemin nasıl olacağı ile ilgili net bir cevap yoktur.

CBS’de mekansal nesneler planimetrik geometrileri bakımından nokta, çizgi ve alan olarak basit alt birimler (primitives) ile gösterilir. Bu basitleştirerek gösterim, Peucker ve Chrisman (1975) tarafından tanımlanmıştır ve 2B nesneler için iyi sonuçlar vermektedir. Ancak bu araştırmacılar 3B nesneleri dikkate almamıştır. Günümüzde 3B CBS uygulamalarına olan talep artmaktadır ve temel veri modelleme yöntemleri artık yetersiz kalmaktadır.

Mekansal veri modelleme ile ilgili yöntemler yüzey tabanlı ve hacim tabanlı olmak üzere ikiye ayrılır. Bir nesne basit alt birimlerine ayrıldığında yüzeylerden oluşuyorsa yüzey tabanlı modelleme, hacimli plastik görünümdeyse de hacim tabanlı modelleme olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2.4). Yüzey tabanlı modeller grid, şekil modeli (shape model), yüzey modeli (facet model) ve sınır gösterimi (B-Rep: Boundary Representation) olmak üzere dörde ayrılmaktadır. Hacim tabanlı modeller de 3B dizi (Voksel), sekizli ağaç yapısı (Octree), yapısal katı geometri (CSG: Constructive Solid Geometry) ve 3B TIN (Triangulated Irregular Network) ya da TEN (Tetrahedral Network) olmak üzere dörde ayrılmaktadır.

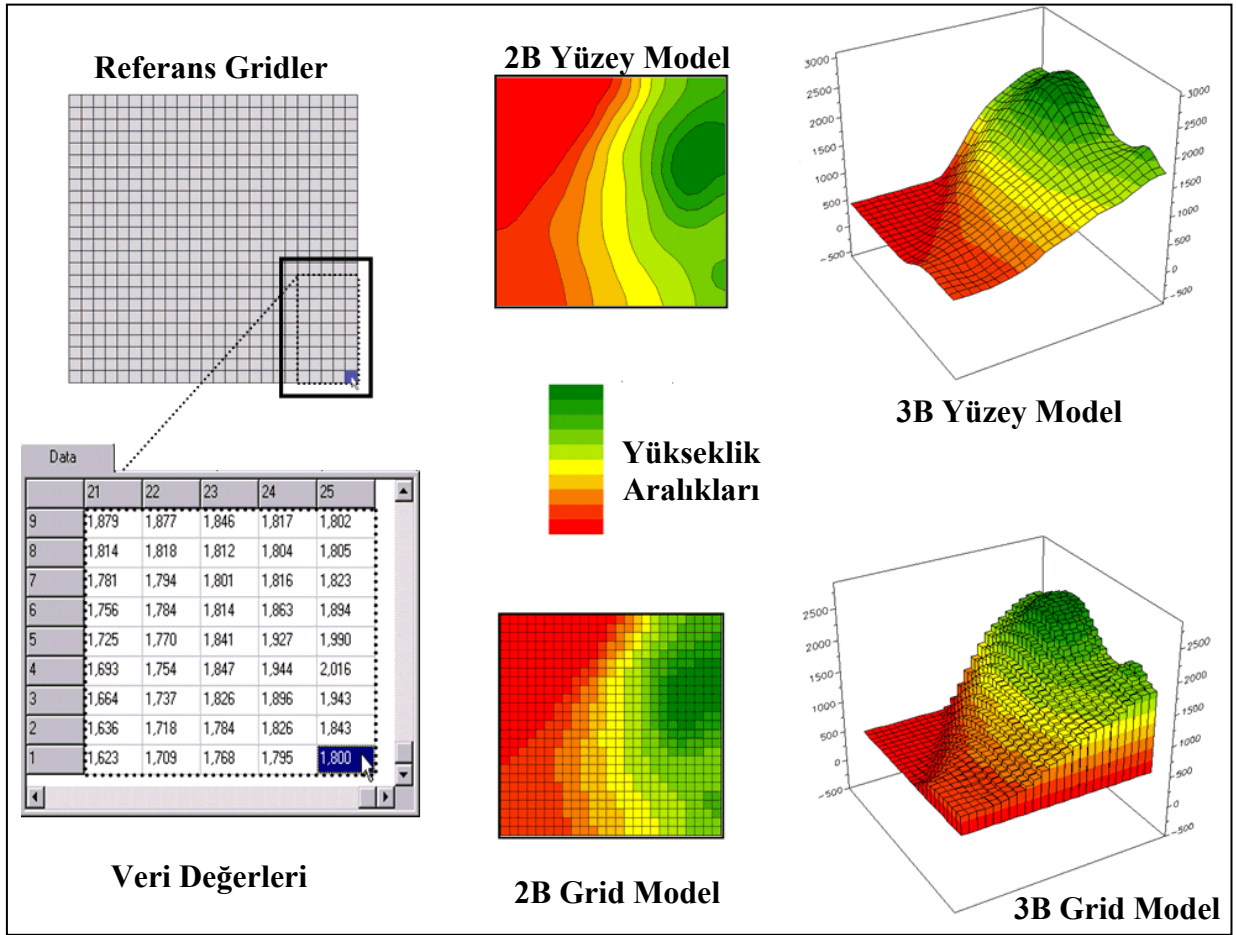


Şekil 2.4 3B Mekansal nesne modelleri (Abdul-Rahman ve Pilouk, 2008)

2.2.1 Grid

Grid gösterimler CBS’de, sayısal harita üretiminde ve SAM’da yaygın olarak kullanılmaktadır. Grid gösterimlerde yükseklik değerleri düzenli olarak depolanmaktadır ve oluşturulacak modele görsel olarak 2B veya 3B aktarılabilmektedir (Şekil 2.5). Grid yöntemi ile model oluşturulması kolaydır ve topoloji bilgisi (konum bakımından) tanımlıdır. Her grid noktası diğer noktalar ile belirli bir bağıl ilişkiye sahip olduğundan grid noktaları arasındaki topoloji kolayca tanımlanabilmektedir. Bilgisayar programlamada bir dizi yapısı halinde kullanılır. Her dizi elemanı, gridlerin XY konumu ile gösterilir (Richards ve Jia, 1999; Abdul-Rahman ve Pilouk, 2008). Grid yöntemi daha çok uzaktan algılama yöntemi ile elde edilen uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarının gösteriminde kullanılmaktadır.

Grid noktalarının bağıl konumları (örneğin, topoloji veya komşuluk noktaları) düzenli veya düzensiz olabilir. Grid veri yapısı dik duvarlar veya çıkıntılar gibi düşey yüzeylerin modellenmesi için uygun değildir. Bu durum grid veri yapılarının en önemli olumsuz özelliğidir. SAM’da iyi sonuçlar vermesine karşın arazinin karakteristik özelliklerinin doğru olarak gösterildiği SAM’ların oluşturulması için ilave geometrik hesaplamalara ve enterpolasyonlara gereksinim duyulmaktadır (Peucker, 1978).



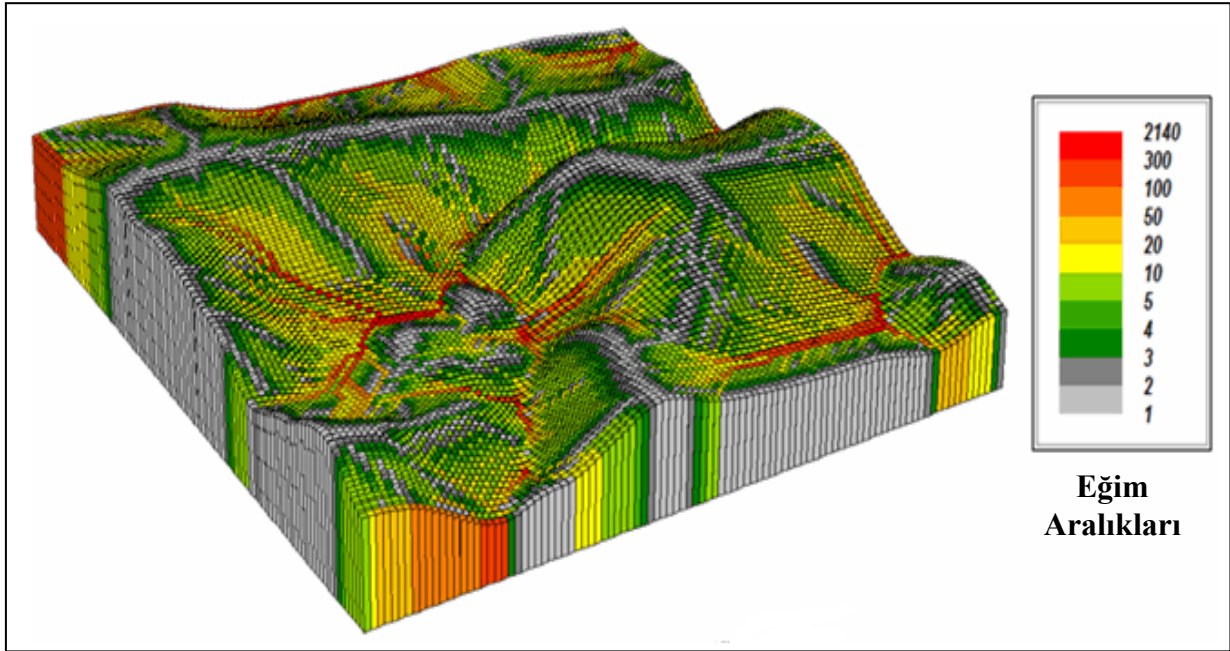
Şekil 2.5 Grid veri gösterimi [3]

Ülkemizde özellikle büyük şehirlerde yerel yönetimler, SAM oluşturmak için belirli zaman aralıkları ile değişik çözünürlükte grid verileri toplamaktadır. SAM için ayrıntı düzeyi verilerin çözünürlüğüne bağlıdır. Yüksek çözünürlükte verilerden daha ayrıntılı SAM'lar üretilebilmektedir. Buna karşın küçük ölçeklerde ayrıntılı gösterimlere gereksinim duyulmamaktadır. Tek bir SAM oluşturup modele olan uzaklığa göre en uygun çözünürlüğün ekranda görüntülenmesi için farklı ayrıntı düzeylerinde modelleme yapmak gerekmektedir.

2.2.2 Şekil Modeli

Şekil modeli ile bir şeklin modeli, şeklin yüzeyi ile ilgili nokta verileri değerlendirilerek ve yüzey üzerindeki eğim özellikleri de kullanılarak oluşturulur (Şekil 2.6). Bu modelde, her grid noktası Z değeri yerine, eğim değerine sahiptir. Bilinen eğimler ile her grid noktasındaki en büyük eğim doğrultusu vektör olarak tanımlanabilir ve yüzey şeklinin belirlenmesinde kullanılabilir. Grid noktalarının eğiminin belirlenmesinde görüntü işleme tekniği kullanılır. Rongxing Li (1994) tarafından yapılan araştırmalarda, bu yöntem akarsu yataklarının belirlenmesinde iyi sonuçlar vermiştir. Teknik olarak akarsu yatak sınırlarının belirlenmesi

için kullanılmış olmasına rağmen, arazi yüzeylerinin belirlenmesi için de uygundur. Ancak farklı yöntemlerle elde edilmiş veriler için de denenerek uygunluğu test edilmelidir (Abdul-Rahman, 1994; Abdul-Rahman ve Pilouk, 2008).

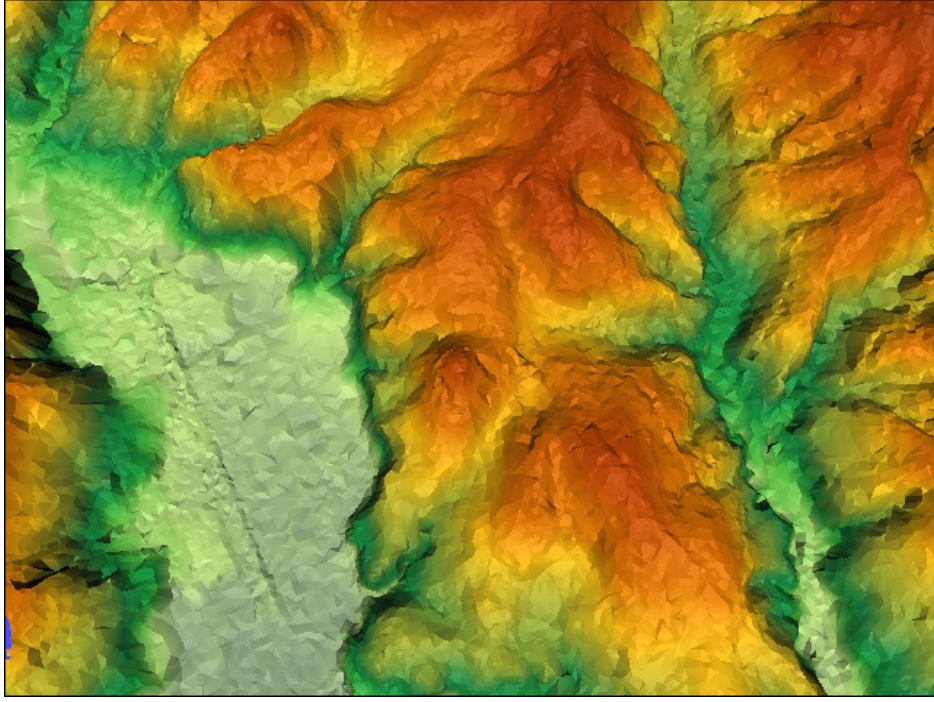


Şekil 2.6 Şekil modeli ile oluşturulmuş sayısal arazi modeli [3]

2.2.3 Yüzey Modeli

Yüzey modelleme, biçim ve büyüklük olarak farklı düzlemsel yüzeyleri kullanarak bir nesnenin yüzeyini tanımlar. Düzensiz üçgen ağları (TIN: Triangulated Irregular Network) yüzey modellemede en sık kullanılan yöntemlerden biridir. Modellenecek yüzey üzerinde x, y, z koordinatları ile tanımlanmış ve düzensiz olarak yüzeye dağılmış noktalar belirli kurallar çerçevesinde birbirleri ile birleştirilerek üçgen yüzeyler oluşturulur (Şekil 2.7).

Arazi modelleme için uygunluğu, sağlam matematiksel alt yapısı, veriler arasında enterpolasyonun kolay olması ve görselleştirmeye uygunluğu TIN yönteminin 3B modelleme yazılımları tarafından tercih edilmesini sağlamaktadır. TIN yöntemindeki üçgenleme işlemlerinde genellikle Delaunay üçgenleri kullanılmaktadır. Delaunay üçgenlemesinde birbirine en yakın noktalar eşkenara en yakın üçgenler ile modellenir. Böylelikle yüzey modelinin doğru olmasını engelleyen çok dar veya çok geniş açılı üçgenlerin oluşması önlenmektedir. Her üçgenin çevrel çemberi içerisine nokta düşmemesi durumunda en uygun üçgen ağı oluşturulmuştur.



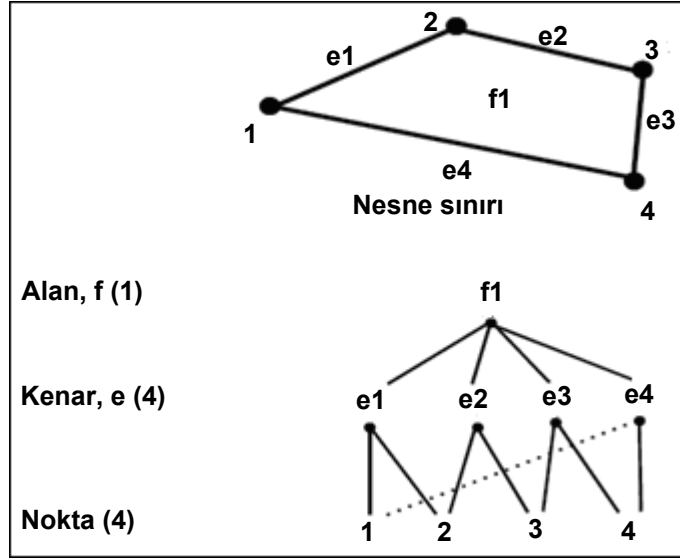
Şekil 2.7 TIN yöntemi ile modellenmiş SAM [4]

TIN ile yüzey modellemede noktasal veriler kullanılır. Bu veriler de jeodezik ölçmelerle veya LIDAR yöntemi ile elde edilebilmektedir. Jeodezik ölçmeler ile büyük bölgelere ait verilerin toplanması zor ve daha yavaştır. LIDAR ile daha hızlı ve kolaydır. LIDAR yönteminde düzeli dağılmış nokta kümeleri (TRN: Triangulated Regular Network) kullanılır. Ancak ülkemizde henüz LIDAR yöntemi ile toplanmış topografik veriler bulunmamaktadır. Bu tezde yapılan uygulamada nokta verili bölge bulunamaması nedeniyle SAM'ın oluşturulmasında grid verileri kullanılmıştır.

2.2.4 Sınır Gösterimi (B-Rep)

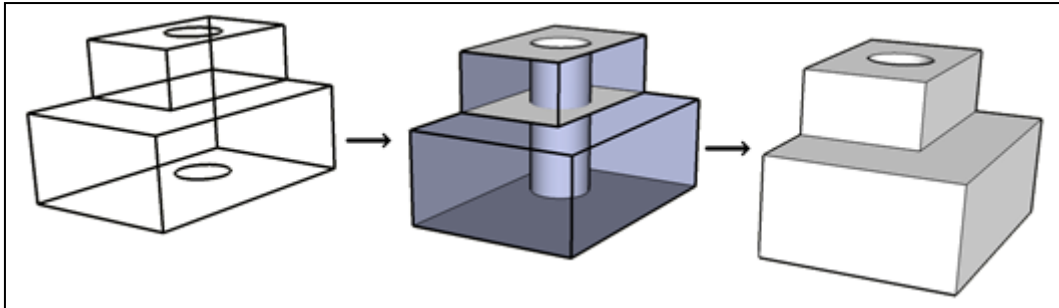
Sınır gösteriminde nesneler nokta, kenar ve alan gibi basit elemanlar ile modellenir. Rastgele toplanmış noktalar, yükseklik eğrileri üzerindeki noktalar ve bir eğri veya yüzey üzerindeki karakteristik noktalar, noktalara örnek olarak verilebilir. Düz çizgiler, yaylar ve eğriler kenar elemanı örnekleridir. Alan örnekleri ise çokgenler, koni ve silindir yüzeyler gibi mekansal nesne yüzeyleridir. Bu yöntemde en çok kullanılan basit alan gösterimleri üçgen ve karelerdir. Çünkü üçgen ve kareler karmaşık yapıli yüzeylere kolaylıkla uyarlanabilir ve bilgisayar ortamında grafik gösterimleri de kolaydır (Tsai ve Voderhe, 1991; Lattuada, 2006). Hacimler bu basit alt birim elemanları ile gösterilir. Bu yöntemde bir nesne modellenirken, her elemanın bir geometrik veri elemanı, bir tanımlama kodu ve diğer elemanlarla ilişkisi olması gerekir. Şekil 2.8'de basit bir alanın B-Rep gösterimin nasıl olduğu görülmektedir. Bu

yöntem ile bir nesneyi yapılandırmanın temel özelliği basit birimlerinin kombinasyonlarıdır. Bir kenarı oluşturan noktaların kombinasyonu veya bir alanı oluşturan kenarların kombinasyonu buna örnek olarak verilebilir. Şekil 2.9’da ise 3B bir nesnenin 2B yüzeyler ile modellenmesi görülmektedir.



Şekil 2.8 Bir alanın B-Rep ile gösterimi (Abdul-Rahman ve Pilouk, 2008)

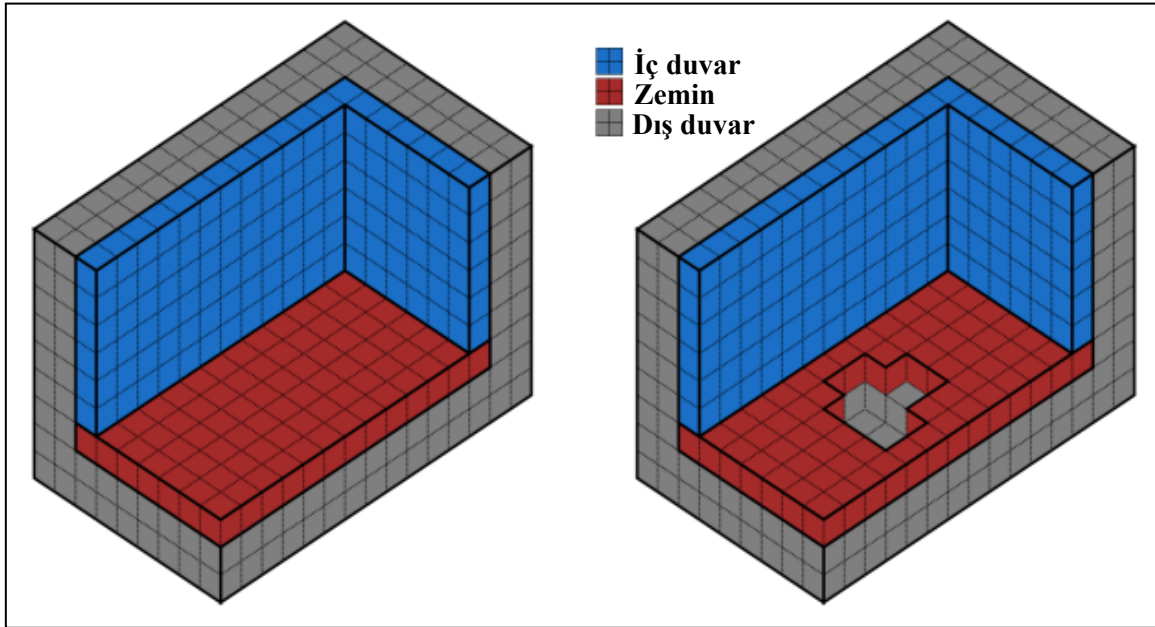
Düzlemsel olmayan yüzeylerin B-Rep gösteriminde çok fazla geometrik ve kompleks hesaplamalar gereklidir. Bu nedenle genellikle düzenli ve düzlemsel olan nesnelerin gösteriminde kullanılmaktadır. B-Rep bilgisayar destekli tasarımda (CAD) ve bilgisayar destekli üretimde de (CAM) kullanılmaktadır. CBS’de, mekansal nesnelerin gösterimi için B-Rep’lerin kullanımı çok sınırlıdır. Ayrıca verilerin geometrik ve semantik olarak nesne tanımlama işlemleri ile aynı topolojide birlikte saklanacak şekilde yeniden düzenlenmesi gerekmektedir. Bu işlemlerin karmaşık ve düzensiz yapıda olan CBS verilerinde gerçekleştirilmesi zordur (Lattuada, 2006).



Şekil 2.9 3B bir nesnenin 2B yüzeyler ile B-Rep gösterimi [5]

2.2.5 3B Dizi (Voksel)

3B dizi, 3B veri yapılarının en basitidir ve tanımlanması kolaydır. Ancak bazı uygulamalarda yetersiz kalmaktadır. Bilgisayar ortamında her bir dizi elemanı kullanılan yazılım tarafından belirlenip kontrol edilir ve her dizi elemanı bilgisayarda eşit miktarda alan kaplar. Dizi elemanlarının (voksel) çoğu aynı değeri taşıyorsa bilgisayarda depolama alanı ve bellek kullanımı olarak büyük ama gereksiz yer tutar. Bu nedenle bu yöntem ile büyük verilerin gösterimi zor olmaktadır. Bu da bu veri gösterim yönteminin çok fazla kullanılmamasının nedenlerinden biridir. Bu yöntemde yüksek çözünürlükte depolama alanı ve bellek kullanımı arttığı için düşük çözünürlüklü nesne gösterimi için daha uygundur. Şekil 2.10'da bu yöntem ile modellenmiş bir binaya ait, zemin ve duvarlar görülmektedir.



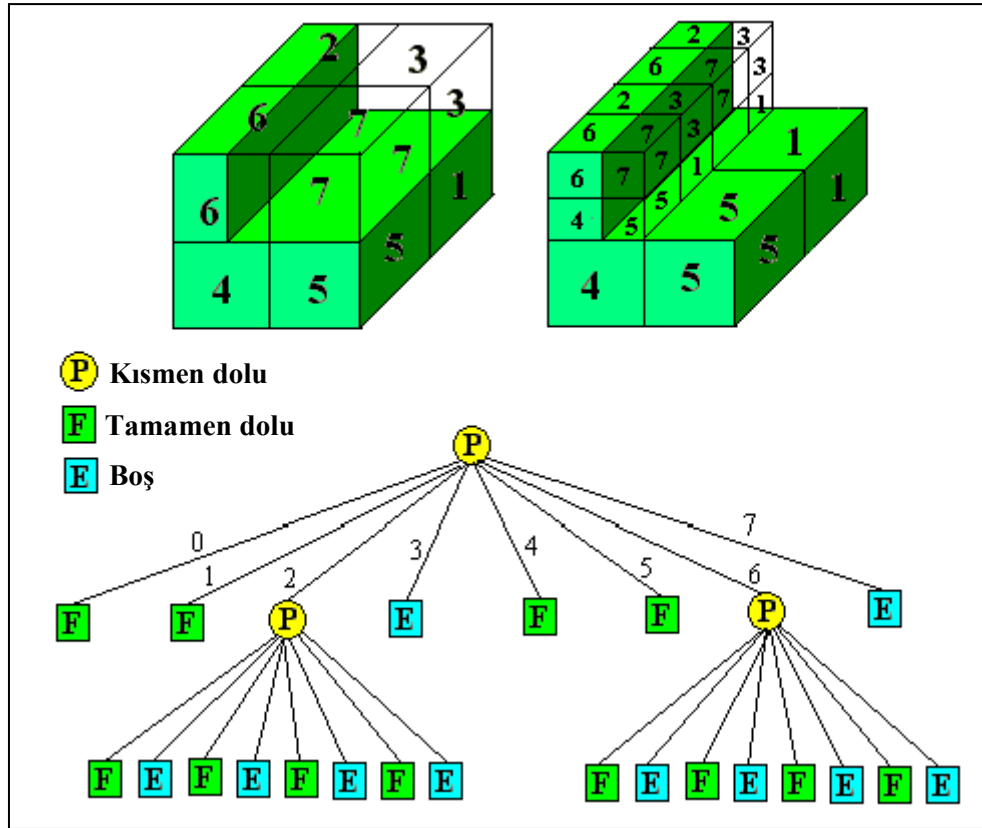
Şekil 2.10 Bir bina bölümünün 3B dizi yöntemi ile gösterimi [6]

Sekizli ağaç yöntemi 3B nesnelerin gösteriminde kullanılan voksellerin farklı büyüklükte olabildiği daha iyi bir yöntemdir.

2.2.6 Sekizli Ağaç Yöntemi (Octree)

Sekizli ağaç yöntemi, 3B nesneleri kübik alt birimlerine ayırıp depolanmasını sağlayan hiyerarşik ve 3B veri yapısıdır. Görüntü işleme ve bilgisayar grafiklerinde sık olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemde nesnelerin 3B mekanda dağılımı tanımlanır. Sekizli ağaç yapısı 2B nesne gösteriminde kullanılan dörtlü ağaç yapısının 3B nesneler için geliştirilmiş halidir (Meagher, 1982; Samet, 1984; Jones, 1989; Chen, 1991; Brunet, 1992; Rongxing Li,

1994; Dong, 1996). Bu yöntem kavramsal olarak, bir küpün alt parçalarına yani voksellere ayrılması prensibiyle çalışmaktadır. Her voksel nesnenin içinde veya dışında olarak tanımlanır. Modelleme ortamı oktan olarak tanımlanan sekiz özdeş küpe ayrılmıştır. Eğer bir oktanın bir kısmı nesnenin içinde bir kısmı nesnenin dışında ise “gri düğüm” olarak adlandırılır ve bir başka sekiz özdeş küpe ayrılır (Lattuada, 2006). Bu işlem, oktanların tamamen nesnenin içinde “siyah düğüm” veya tamamen nesnenin dışında “beyaz düğüm” kalıncaya kadar sürekli tekrarlanır (Şekil 2.11). Bu işlemin amacı en az sayıda vokselde nesnenin tanımlanmasıdır. Böylelikle bilgisayarda kullanılan depolama alanı en aza indirilmiş olur.



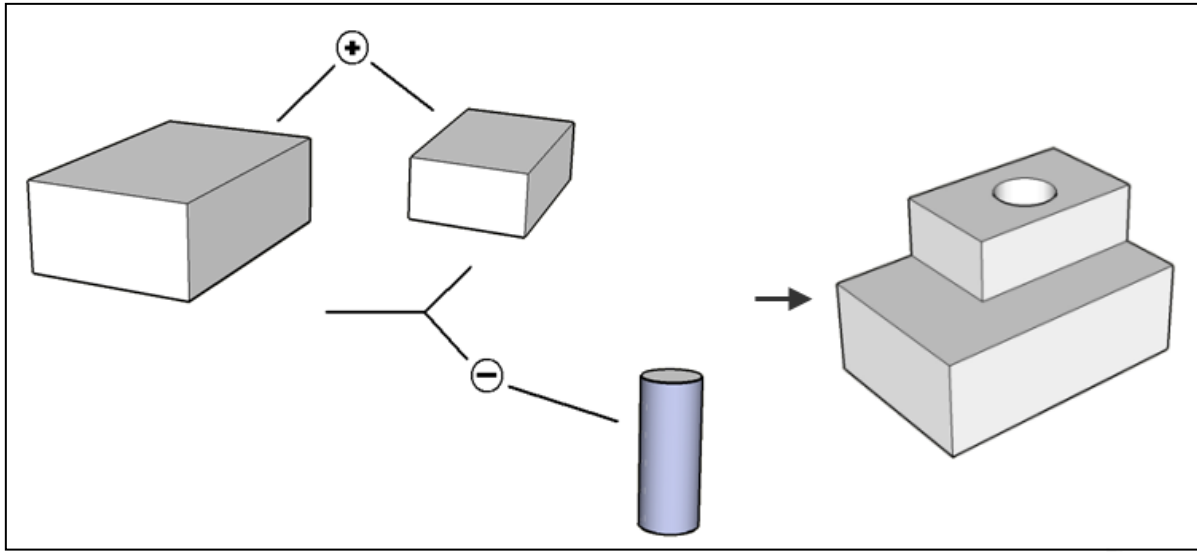
Şekil 2.11 Sekizli ağaç veri yapısı [7]

2.2.7 Yapısal Katı Geometri (CSG)

Yapısal katı geometri bir nesneyi, önceden tanımlanmış yalın yapılardan oluşan 3B basit geometrik alt birimlerinin (primitives) bir kombinasyonu ile gösterir (Şekil 2.12). Basit geometrik alt birimlere örnek olarak küpler, silindirler, koniler, küreler veya dikdörtgen prizmalar verilebilir. Bunlar doğrusal dönüşümler ile bütünleştirilerek karmaşık yapıları nesneler oluşturulur.

Yapısal katı geometri, CAD/CAM gibi alanlarda sık olarak kullanılmaktadır. Bu gösterim aynı zamanda mühendislik ve mimari görselleştirmede de kullanılır. Çünkü kullanılan basit geometrik alt birimlerin yapısı ve geometrisi basit ve nettir.

Yapısal katı geometri yönteminde kullanılan basit geometrik alt birimler, düzenli olarak biçimlendirilmiş hacimsel yapıdır ve geometrik dönüşüm ve Boolean işlemleri kullanılarak bütünleştirilmektedir. Geometrik dönüşümler öteleme, döndürme ve ölçeklendirmeyi, Boolean işlemleri de birleşim, kesişim ve çıkarmayı kapsar. Basit geometrik alt birimlerin sayısı arttıkça depolama alanı da artar (Dong, 1996; Buchele ve Crawford, 2003). Şimdiye kadar yapılan araştırmalar yapısal katı geometri yönteminin yalnızca düzenli yapıdaki nesneler için uygun olduğunu göstermiştir. Çünkü düzensiz yapıdaki nesneler için çok fazla sayıda basit geometrik alt birim oluşturulmasını gerektirmektedir. Bu nedenle bu yöntem düzensiz nesneler için çok uygun değildir ve sayısal arazi modellerinde kullanılmamaktadır (Abdul-Rahman ve Pilouk, 2008).



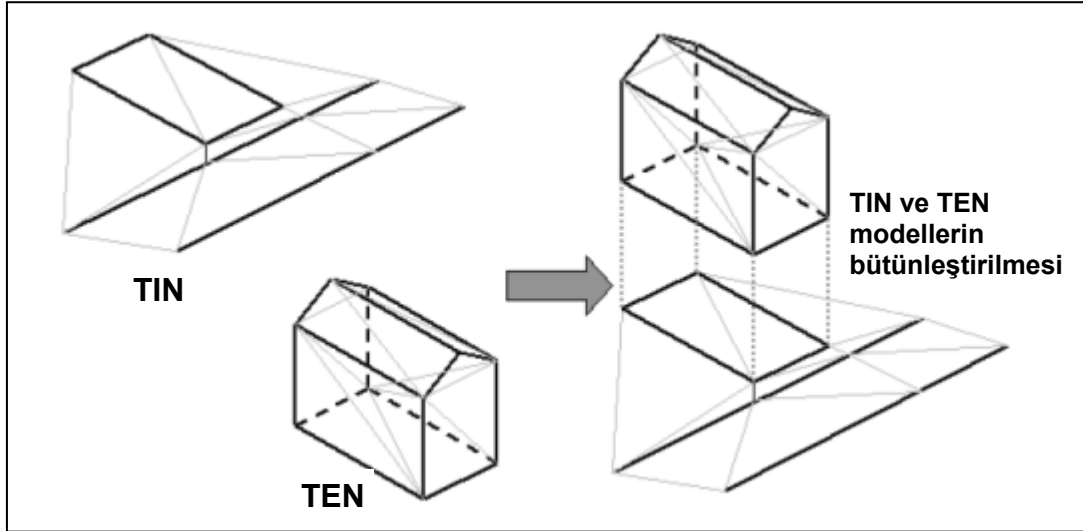
Şekil 2.12 CSG ile modellenmiş 3B nesne [6]

Yapısal katı geometri veri yapısı farklı ayrıntı düzeylerinde bina modellerinin oluşturulmasında sık olarak kullanılmaktadır. 3B bina modelleri, 3B basit geometrik alt birimlerin birleştirilmesi ile modellenebilir. Örneğin binanın gövdesi, odaları, balkonları ve bacaları için dikdörtgen prizmalar kullanılabilir. Üçgen yapı bina çatısı ise piramit ile modellenebilir. Ayrıntı düzeyi düşük bina modellerinde binalar tek bir dikdörtgen prizma ile modellenirken ayrıntı düzeyi arttıkça binanın çatısı, bacası ve balkonları gibi detayları modele eklenir. Bu tezin uygulamasında 3B kent modeline ait binalar ayrıntı düzeyleri ile

modellenmiştir. Kullanılan yazılım binaların modellenmesinde yapısal katı geometri veri yapısını kullanmaktadır. Bu konu tezin 3.2.2 kısmında “3B Bina Genelleştirme” başlığı altında incelenmiştir.

2.2.8 3B TIN (TEN)

3B TIN (Triangulated Irregular Network), TIN’in 3B modeller için geliştirilmesi sonucu ortaya çıkmıştır. Bazı çalışmalarda TEN (Tetrahedral Network) olarak da adlandırılmaktadır. 3B bina modellemede kullanılmaktadır. TIN’e benzer olarak TEN de manüel düzenleme, gösterim ve analiz açısından pek çok üstünlüğe sahiptir. Bir TEN dört köşeli, altı kenarlı ve dört yüzlü bir üçgen piramitten yapılmıştır (Şekil 2.13). Bu modelleme yöntemi, yer bilimleri ve bina modelleme konusunda çalışan araştırmacılar tarafından incelenmektedir. TIN için kullanılan yöntemler TEN’e de uygulanabilmektedir (Penninga, 2005; Tang vd., 2008). Eğer 2B ortamda Voronoi diyagramları ile bir TIN oluşturuldu ise Voronoi diyagramları 3B’ye aktarılabilir. 3B TIN 3B Voronoi diyagramlarından türetilmektedir (Midtbo, 1996; Qingquan ve Deren, 1996).



Şekil 2.13 TEN model örneği (Tang vd., 2008)

TEN yönteminin diğer 3B hacimsel gösterim yöntemlerine karşı üstünlükleri bulunmaktadır. TEN yöntemi 3B nesneleri nokta, çizgi, alan ve hacimlerden oluşan alt birimlere indirgeyebilen en basit veri yapılarından biridir. Topolojik sorgulamalarda ve görselleştirme işlemlerinde hızlı işlem yapılabilir (Zlatanova vd., 2004; Verbee vd., 2005).

3. GENELLEŞTİRME

Bir işlem olarak genelleştirme, hedef ölçeğe ve amaca göre, bazı coğrafi verilere ya da coğrafi verilerin grafik gösterimlerine uygulanan işlemler olarak kabul edilebilir. Başka bir ifade ile genelleştirme, ayrıntılı mekansal veri kaynağından ya da setinden, semantik ve geometrik dönüşümlerle istenen özelliklere uygun, sayısal ya da işaretssel olarak kodlanmış, daha az ayrıntıya sahip bir veri seti türetme işlemi olarak tanımlanabilir (Smaalen, 1996; Jones, 1997; Weibel, 1997; Jaakkola, 1998; Başaraner, 2005). Amaç ölçeği küçültmek ise, veriler genelleştirme ile okunaklı hale dönüőtürülmeye çalışılır. Amaç tematik ise, genelleştirme ile belirli konular vurgulanırken diğerleri azaltılır (Regnauld, 2001). Klasik anlamda kartografik genelleştirme, türetme haritaların eldSe edilmesi sırasında ortaya çıkan bilgi karmaşıklığının azaltılması, önemsiz bilgilerin atılması, harita nesneleri arasındaki belirgin mantıksal ilişkilerin ve estetik kalitenin korunması işlemlerinin bileşkesi olarak tanımlanabilir. Genelleőtirmede temel amaç grafik netliği çok iyi olan haritalar üreterek haritanın görünümünün ve aktarılmak istenen bilginin kolayca anlaşılmasını sağlamaktır (Bildirici ve Uçar, 1996; Bildirici, 2000).

Genelleştirme ile ilgili çalışmalar, 2B ve 3B ortamlarda genelleştirme işleminin otomatikleştirilmesine yönelik devam etmektedir. 3B kent modellerinde genelleştirme sayısal arazi modellerinin genelleştirilmesi ve haritaların içerdii diğer (bina, yol, bitki örtüsü vb.) nesnelerin genelleştirilmesi olmak üzere ikiye ayrılabilir. Yapay nesnelerinin genelleştirilmesi ile ilgili çalışmalar binaların ve yolların genelleştirilmesi konularında yoğunlaşmıştır. 3B genelleştirme 2B genelleőtirmeye göre daha karmaşıktır ve 3B kent modellerinin farklı ayrıntı düzeylerinde görselleştirilmesini sağlamaktadır. 3B kent modellerinde binaların farklı ayrıntı düzeylerinde modellenmesine yönelik son dönemlerdeki araştırmalar 2B bina sınırlarının genelleştirilmesi (basitleőtirilme ve birleştirme) ve 3B binaların 3B geometrik alt birimlerine ayrılması konularına odaklanmıştır.

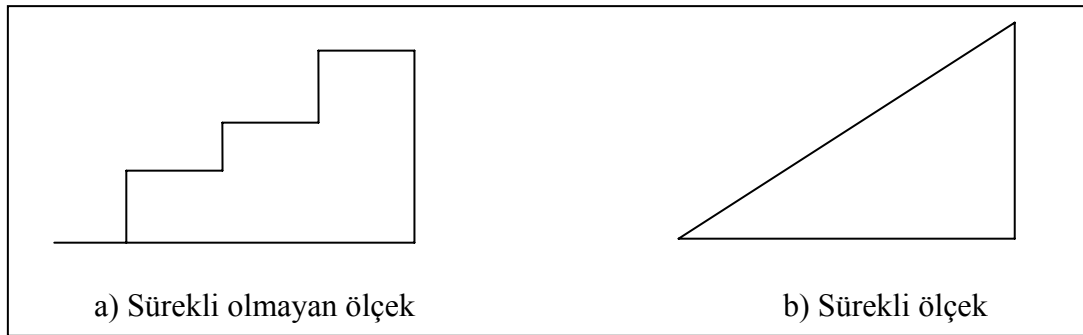
3.1 Sayısal Arazi Modellerinin Genelleştirilmesi

Arazi yüzeylerinin sayısal ve 3B olarak görselleştirilmesi yaygın olarak kullanılmaktadır ve sayısal arazi modelleri (SAM: DTM) ile sayısal yükseklik modellerini (SYM: DEM) kapsamaktadır. SAM, belirli bir bölgeye ait konum ve yükseklik bilgileri ile oluşturulmuş ve ilgili bölgeyi tüm arazi detaylarıyla yansıtan 3B modellere denir. SYM'ler ise bina, bitki örtüsü vb. detayları içermeksizin yalnızca çıplak yeryüzü yüksekliklerini içeren 3B modellerdir. Günümüzde sel baskınları, peyzaj, savaş simülasyonları, çevre analizleri ve

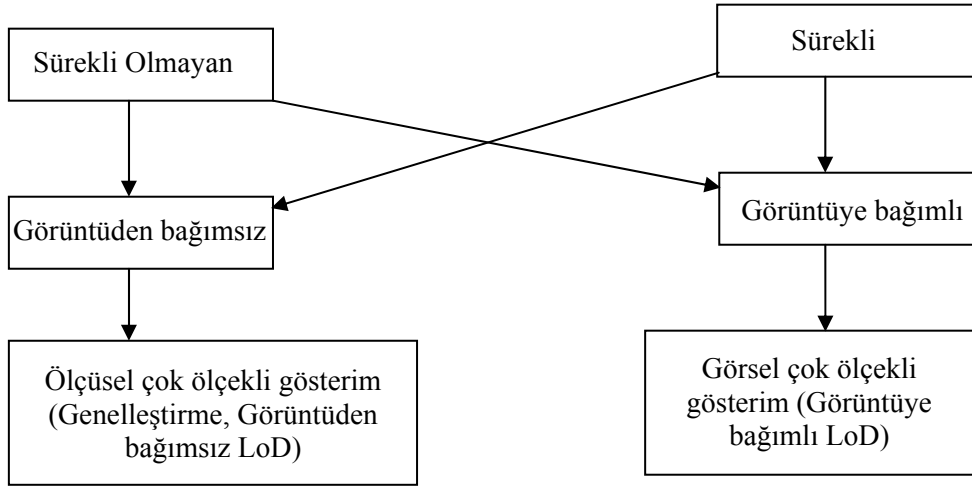
mekansal analizler gibi uygulamalarda SAM ve SYM'lere gereksinim duyulmaktadır. Ayrıca 3B kent modellerinde etkin olarak kullanılmaktadır.

Farklı ayrıntı düzeylerinde SAM'ların oluşturulması bilgisayar ortamında daha hızlı çalışmayı, amaca yönelik detayların gösterilmesini ve daha büyük bölgelerin modellenmesini sağlamaktadır. Bu işlem metrik ve görsel çok ölçekli gösterimler olarak ikiye ayrılmaktadır. Bir SAM'ın metrik çok ölçekli gösterimi ile büyük ölçekli SAM verilerinden daha küçük ölçekte SAM'lar oluşturulmaktadır. Bu işlem genelleştirme işlemleri ile gerçekleştirilebilir ve SAM verilerinin hepsine aynı şekilde uygulanır. Böylelikle alan içindeki veriler arasında homojenlik sağlanmış olur. Görsel çok ölçekli gösterimde ise ölçek bütün alan üzerinde aynı olmaz ve uzaklığın bir fonksiyonudur. Bir başka deyişle bir modeldeki ayrıntı düzeyi model üzerinde bir yerden bir yere farklılık gösterir. Bu yaklaşıma bilgisayar grafiklerinde ayrıntı düzeyleri (LoD) denmektedir. SAM'da ayrıntı düzeyleri görüntüye-bağımlı LoD (görsel çok ölçekli gösterim için) ve görüntüden-bağımsız LoD (metrik çok ölçekli gösterim için) adlarıyla ikiye ayrılır (Bai ve Chen, 2001; Li vd., 2005).

Ölçek dönüşümlerinde de sürekli olmayan (discrete) ve sürekli (continuous) olmak üzere iki farklı yöntem vardır. Sürekli olmayan yöntemde 1:10.000, 1:100.000 ve 1:1.000.000 gibi birkaç ölçek kullanılabilir. Dönüşüm 1:10.000 ölçeğinden 1:100.000 ölçeğine ve daha sonra da 1:1.000.000 ölçeğine yapılır. Sürekli olmayan dönüşüm bir merdivendeki eşit aralıklı basamaklara benzer (Şekil 3.1a). Sürekli yöntem de ise herhangi bir ölçekte (örneğin 1:50.000 veya 1:56.999) dönüşüm yapılabilir. Sürekli dönüşüm doğrusal eğimli bir çizgi ile gösterilebilir (Şekil 3.1b). SAM'ların çok ölçekli gösterimlerine ilişkin yaklaşımlar Şekil 3.2'de gösterilmiştir (Li vd., 2005; Li, 2007).



Şekil 3.1 Sürekli olmayan ve sürekli ölçek

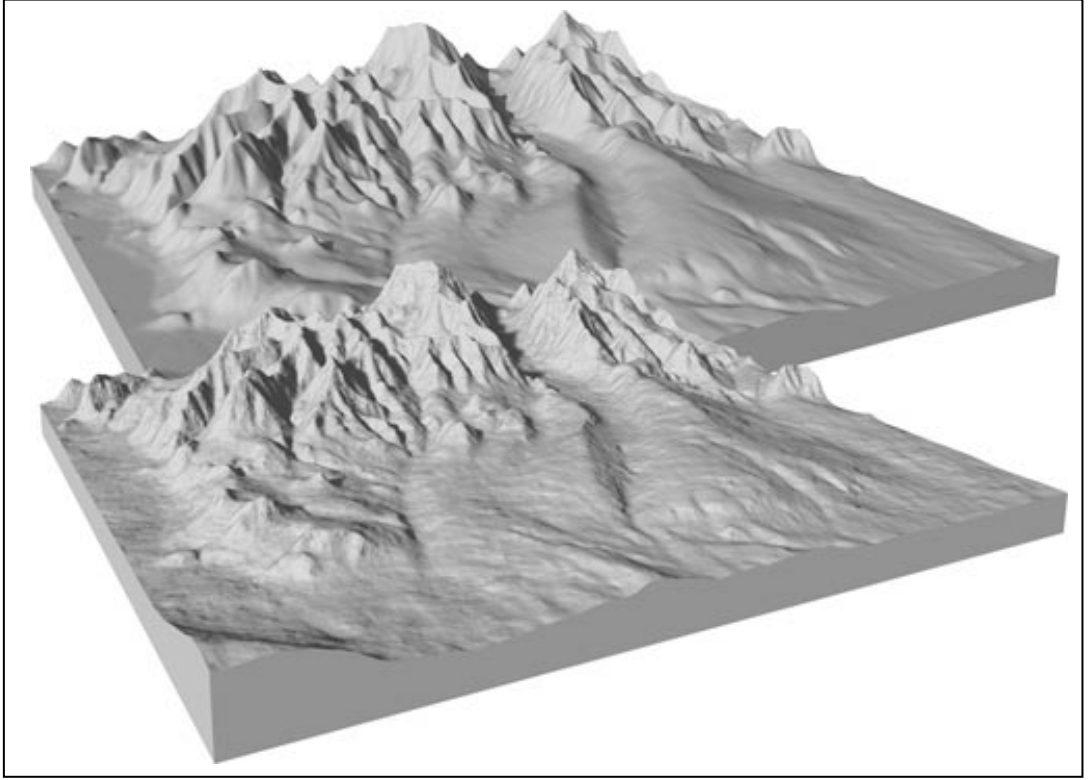


Şekil 3.2 SAM verilerinin çok ölçekli gösterimi (Li vd., 2005)

1970’li yılların sonundan itibaren SAM’ların metrik çok ölçekli gösterimi araştırma konusu olmuştur. Bu konuda Weibel (1987) altı ölçüt belirlemiştir:

- Mümkün olduğu kadar otomatik olarak çalışması,
- Geniş bir ölçek aralığında uygulanabilmesi,
- Rölyef özelliklerine uyarlanabilir olması,
- Doğrudan SAM’a dayalı olarak çalışması,
- Sonuçların analizine olanak sağlaması,
- Önemli topografik ayrıntılar ve bağımsız arazi şekillerinin tanınmasına (analizine) dayalı olarak nesne öteleme olanağı sağlamasıdır.

Şekil 3.3’de sürekli olmayan yöntem ile farklı ayrıntı düzeyinde oluşturulmuş SYM gösterilmektedir. SYM’de kusursuz 3B modele ulaşmak için veri çözünürlüğünün yüksek olması gerekmektedir. Bu yaklaşım yalnız SYM için hızlı olarak görselleştirme olanağı sağlamaktadır (Brenner vd., 2003; Yang vd., 2004; Li vd., 2005; Li, 2007).



Şekil 3.3 Farklı ayrıntı düzeylerinde modellenmiş SYM [8]

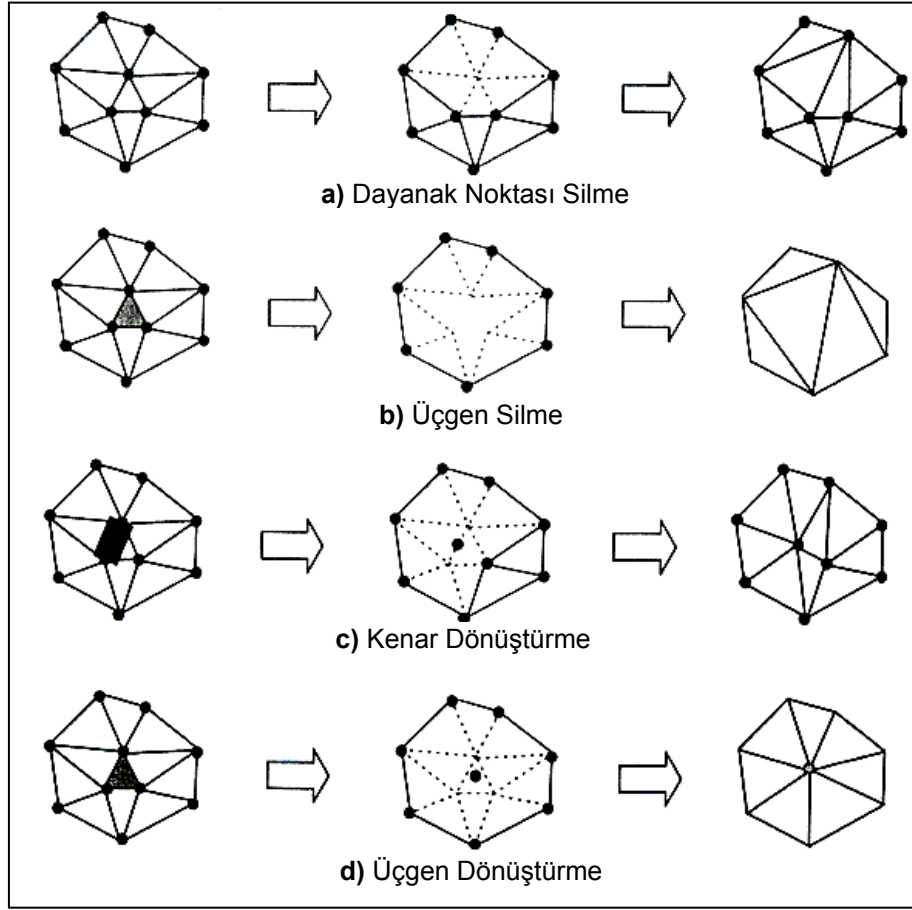
Grid veriler ile modellenmiş bir SAM'da bakış açısından daha uzakta olan nesnelerin gösterimi için daha büyük grid hücreleri kullanılır. TIN ile modellenmiş SAM'da ise görüş açısından daha uzakta olan nesnelerin gösterimi için büyük üçgenler kullanılır. Çözünürlüğün azaltılması ister grid ister üçgen olsun, dönüştürme (collapse) veya silme (removal) gibi geometrik işlemler sonrası yüzey elemanlarının büyütülmesi ile oluşturulur (Şekil 3.4) (Duchaineau vd.,1997; Luebke vd., 2003; Li, 2007).

Dayanak noktası silme: Bir üçgen ağındaki dayanak noktası silinir ve üçgenleme yeniden yapılır (Şekil 3.4a).

Üçgen silme: Bir üçgeninin tamamı silinir ve üçgenleme yeniden yapılır (Şekil 3.4b).

Kenar dönüştürme: Bir sınır çizgisi iki köşesiyle birlikte bir noktaya dönüştürülür ve üçgenleme yeniden yapılır (Şekil 3.4c).

Üçgen dönüştürme: Bir üçgen üç köşesiyle birlikte bir noktaya dönüştürülür ve üçgenleme yeniden yapılır (Şekil 3.4d).



Şekil 3.4 TIN tabanlı SAM'ların basitleştirilmesi (Li, 2007)

3.2 Bina Genelleştirme

3B kent modellerinde bina genelleştirme amaca ve ölçeğe bağlı olarak binaların 3B alt birimlerine ayrılması ve 2B bina sınırlarının ayrıntılarının azaltılması ile gerçekleştirilmektedir. Görselliğin önemli olduğu 3B kent modellerinde binalar çatı tipleri ve balkonlar gibi çıkıntıları da içeren daha ayrıntılı özellikleri ile gösterilir. Bu tür uygulamalarda binalar 3B olarak genelleştirilir. Binaların alan, hacim, yükseklik, kat adedi vb. özelliklerinin önemli olduğu yani bina ayrıntılarına gerek duyulmayan uygulamalarda ise 2B olarak bina sınırlarında genelleştirme işlemi yapıldıktan sonra binalar gerçek yükseklikleri kadar yükseltilerek 3B olarak modellenir. Bu tür uygulamalarda binaların tüm ayrıntıları ile gösterilmesinden çok genelleştirmeden sonraki matematiksel (alan, hacim, yükseklik vb.) değerlerinin gerçek değerleri ile aynı olması önemlidir. Bu nedenle bina genelleştirilmesi konusu 2B bina genelleştirme ve 3B bina genelleştirme başlıkları altına incelenecektir.

3B bina genelleştirmesi işlemleri 2B bina genelleştirmesine göre çok daha zor ve karmaşıktır. Çok sayıda ve karmaşık geometrili binaları kapsayan 3B kent modellerinde 3B bina

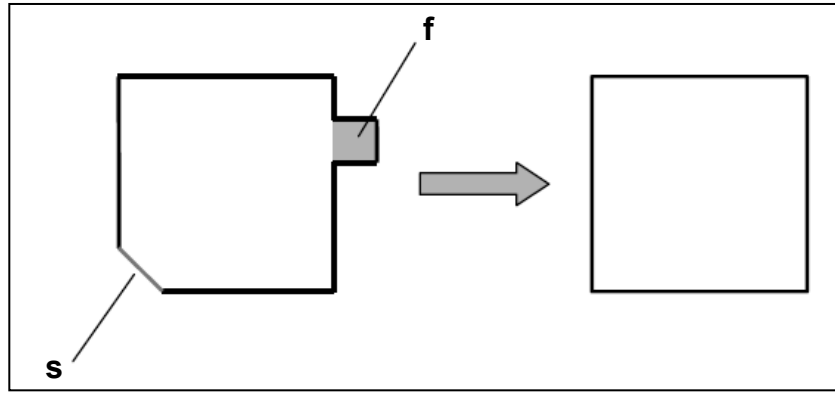
genelleştirme bilgisayar performansı (hız ve görüntü akıcılığı) açısından gerçekleştirilmesi zor bir işlemdir. 2B genelleştirmeden sonra binaların üçüncü boyuta taşınması ile işlem yapma hızı artmaktadır. Günümüzde 3B kartografik modelleme kavramı ortaya çıkmıştır. 3B kartografik modelleme ile semiotik (işaret teorisi / göstergebilim) değişkenlerin kullanıldığı 3B kent modelleri oluşturulmaktadır. 3B semiotik değişkenler 2B harita yapımında kullanılan grafik değişkenleri (biçim, büyüklük, renk, renk tonu, doğrultu, dolgu) de içermektedir. Böylelikle sanal ortamda daha hızlı ve vurgulanmak istenen özellikleri daha iyi yansıtan 3B kent modelleri oluşturulabilmektedir. Bu konu tezin 4. bölümünün 4. kısmında daha ayrıntılı olarak incelenmiştir.

3B kent modellerinin kartografik görselleştirilmesi tezin hedefleri arasında olduğu için 3B semiotik modelleme incelenmiştir. Ayrıca LoD1 ayrıntı düzeyi için Thiemann ve Sester (2004) tarafından önerilen binaların blok gösterimi yöntemi incelenmiştir. Bu yöntem 2B bina geometrilerinin genelleştirme (basitleştirme ve birleştirme) işlemlerinin uygulanmasını gerektirmektedir.

3.2.1 2B Bina Genelleştirme

Mekansal verilerin kartografik genelleştirilmesi uzun yıllar önemli bir araştırma konusu olmuştur. Bu çalışmalarda ana hedef, verilere otomatikleştirilmiş en uygun genelleştirme işlemlerinin uygulanmasıdır. Bu amaçla 1997 yılında Avrupa Birliği tarafından desteklenen AGENT (Automated Generalisation - New Technology: Otomatik Genelleştirme - Yeni Teknoloji) projesi başlatılmıştır. AGENT projesi bu yönde büyük bir adım atmıştır (Lamy vd., 1999). Bu projede topografik harita nesnelerinin genelleştirilmesi için birçok yöntem incelenmiş ve yeni yaklaşımlar geliştirilmiştir.

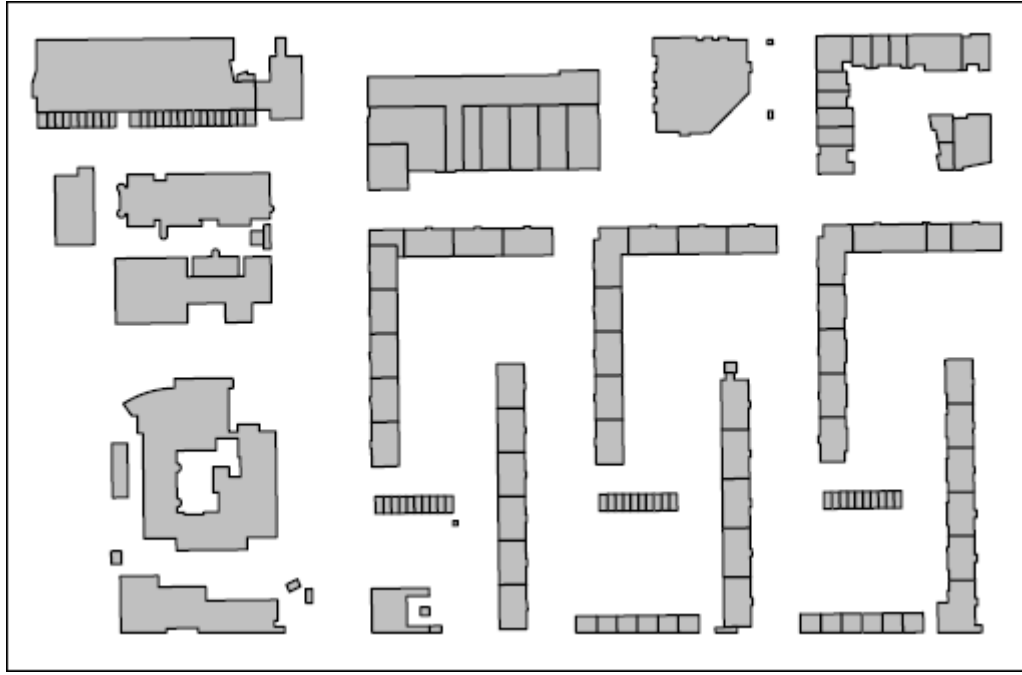
2B bina genelleştirmesi işlemleri çoğunlukla büyük ölçekli veritabanlarına ve haritalardaki bina sınırlarına uygulanır. 1: 25.000 ölçeğinden itibaren daha küçük ölçeklere geçildikçe tek bina gösterimleri giderek azalır, bloklar halinde bina gösterimleri kullanılır, önemli binalar nokta nesnelere dönüştürülerek işaretlerle gösterilmeye başlanır. Buradan bina genelleştirmesinin 1:25.000 ve daha büyük ölçekli verilere uygulanabileceği sonucu çıkartılabilir. Bina geometrilerinin genelleştirilmesinin temel amacı, bina sınır çizgilerinde grafik limitlerin altına düşen kenarları, girinti ve çıkıntıları binanın karakterine uygun olarak elemektir. Şekil 3.5’de görülen s kenarı ve f alanı grafik limitlerin altında kaldıklarından, başka bir ifade ile türetme harita ölçeğinde gösterilebilir olmadıklarından elenmektedir (Bildirici, 2000).



Şekil 3.5 Bina sınırların genelleştirilmesi (Bildirici, 2000)

2B binalar için kartografik genelleştirme; basitleştirme, eleme, öteleme, birleştirme, abartma, tipikleştirme işlemlerini kapsamaktadır (Bildirici, 2000; Başaraner, 2005). Şekil 3.6 binaların genelleştirilmesinin gerektiği tipik bir durumu göstermektedir. Bu şekilde çok küçük yapılar bulunmaktadır. Ölçek küçüldüğünde bu küçük yapıların gösterimi olanaksız hale gelecek ve eleneceklerdir. İstenen harita ölçeğine göre birbirine çok yakın olan ya da yoldan çok uzak olan binaların birbirini örtmesi durumunda bu binalara öteleme işlemi uygulanır. Birbirine yakın binalar birbirini örteceği için birleştirme işlemi ile gruplar veya bloklar haline getirilir. Bina kısa kenarlarının kaldırılması basitleştirme işlemidir ve haritanın daha anlaşılır olmasını sağlar. Köşeleri dik açılı olmayan bina köşelerinin dikliğini sağlamak görselliği arttırmaktadır. Büyük bir bina grubu içindeki düzenli yapıların aynı düzenli yapıya sahip daha küçük bir grup haline getirilmesi ise tipikleştirme işlemi ile gerçekleştirilmektedir ve orta ölçekli haritalarda uygulanmaktadır. Bu tezde büyük ölçekli veriler ile çalışıldığı için tipikleştirme işlemi incelenmemiştir. Basitleştirme, eleme ve birleştirme işlemleri incelenmiş ve 3B kent modellemeye olan katkısı değerlendirilmiştir.

2B Bina genelleştirmesi için birçok yöntem geliştirilmiştir. Öteleme işlemine yönelik yöntemler Ruas (1998), Lonergan ve Jones (2001), Mackaness ve Purves (2001), Bader vd. (2005) ve Sester (2005), bina sınırlarının basitleştirilmesine yönelik yöntemler Jones vd. (1995), Sester (2000) ve Sester (2005) tarafından geliştirilmiştir. Binaların birleştirilmesine yönelik çalışmalar ise daha fazladır ve bu konuyu Oosterom (1995), Ware vd. (1995), Su vd. (1997), van Putten ve Oosterom (1998), Camara ve Lopez (2000), Li vd. (2004), Mayer (2005), Regnauld ve Revell (2007) ve Damen vd. (2008) araştırmıştır.

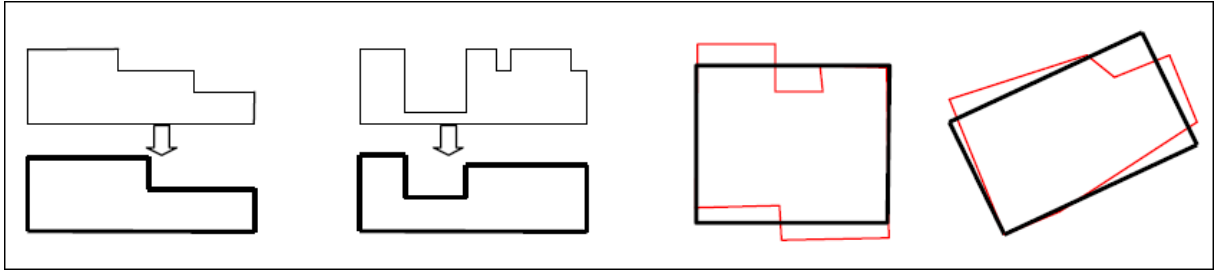


Şekil 3.6 Genelleştirilmesi gereken bina geometrileri (Damen vd., 2008)

3.2.1.1 Bina Sınırlarının Basitleştirilmesi

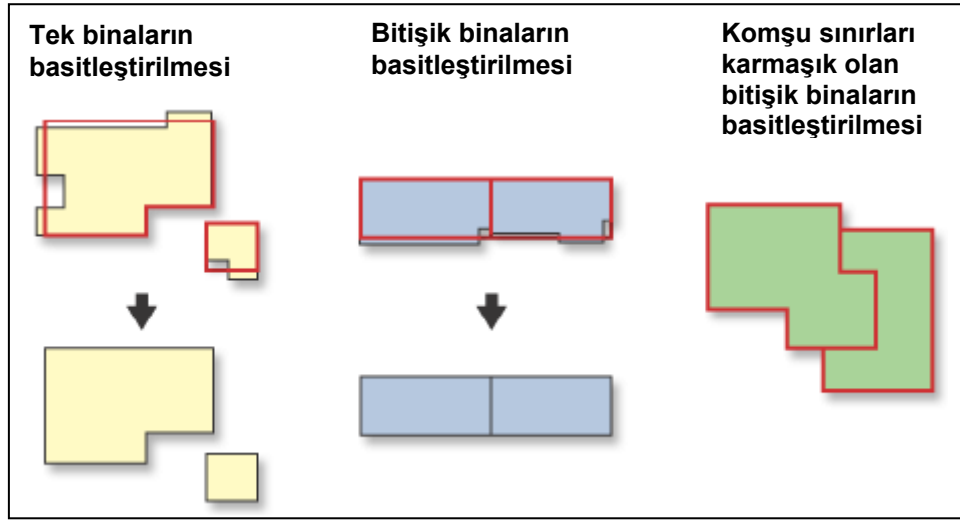
Binaların basitleştirilmesi işlemi, orijinal binaların temel şekil ve ölçülerini koruyarak bina sınırlarındaki ayrıntıların azaltılması ile daha basit biçimde gösterimini amaçlamaktadır (Lee, 1999; Bildirici, 2000; Başaraner, 2005; Damen vd., 2008). Bina basitleştirmede “binanın karakteristik özelliklerinin korunması”, “bina alanlarının korunması” ve “mümkün olduğunca dikdörtgen binaların oluşturulması” gibi temel ilkeler bulunmaktadır (Şekil 3.7) (SSC, 1987; Lee ve Hardy, 2005; Wang vd., 2005). Basitleştirme işleminde uyulması gereken kurallar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Binanın eşik değerden (haritada 0.3 mm) daha kısa olan kenarları silinir.
- Binalar genellikle dik açıdır. Basitleştirmeden sonra bu özellik korunmalıdır. Dik köşeli olmayan binalar mümkün olduğu kadar dik köşeli hale getirilir.
- Eğer bina basitleştirildikten sonra dikdörtgene dönüşür ise dikdörtgenin uzun kenarı boyunca olan doğrultusu orijinal binanın en uzun kenarının doğrultusu ve alanı dikkate alınarak belirlenir.
- Bina basitleştirilerek bir dikdörtgene dönüştürülür ise daha fazla basitleştirilemez, ölçeğe bağlı olarak işarete dönüştürülebilir.



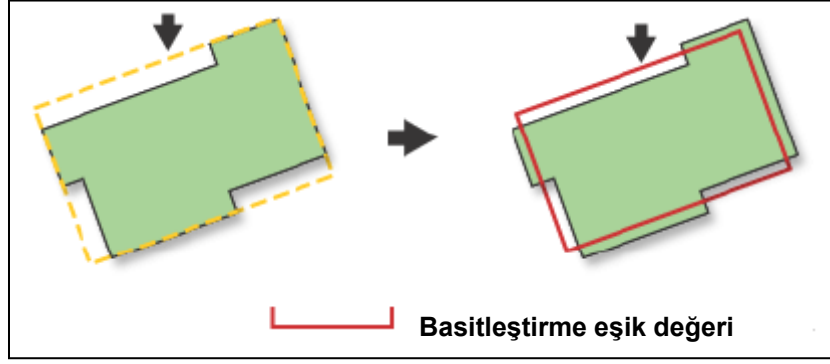
Şekil 3.7 Bina sınırlarının basitleştirilmesi (Wang vd., 2005)

Günümüzde CBS yazılımları bina genelleştirme işlemlerini kapsayacak şekilde gelişmektedir. Bu alanda en gelişmiş yazılımlardan biri olan ArcGIS genelleştirme (basitleştirme, eleme ve birleştirme) işlemlerini kapsamaktadır. ArcGIS’de bina basitleştirme işleminin değişik yapıdaki binalara nasıl uygulandığı Şekil 3.8’de gösterilmiştir. Bu işlemler SSC (1987)’de belirtilen kurallar çerçevesinde gerçekleştirilmektedir. İşlem adımları; bina köşelerinin dikleştirilmesi, verilen eşik değerlerden daha kısa bina kenarlarının silinmesi, daha küçük tek binaların ortadan kaldırılması ve binalar içinde kalan boşlukların doldurulması şeklindedir.



Şekil 3.8 ArcGIS’de bina sınırlarının basitleştirilmesi [9]

Bina kenarları için verilen eşik değerin basitleştirilebilecek bina kenarlarının hepsinden büyük olması durumunda bina dikdörtgene dönüştürülür (Şekil 3.9). Aynı zamanda orijinal bina doğrultusu ve alanı korunur.



Şekil 3.9 Binanın dikdörtgene basitleştirilmesi [9]

Bu tezin uygulamasında Gröger vd. (2006)'da verilen (OGC 06-057r1 referans numaralı rapor) eşik değerler kullanılarak tüm ayrıntı düzeylerinde basitleştirme işlemi uygulanmıştır. Önerilen eşik değerler ile yapılan denemeler sonucunda verilere uygunluğu incelenerek uygulama bölgesi için farklı eşik değerler belirlenmiştir. Ayrıca eşik değerler ve haritalar için en küçük gösterim boyutları (grafik limitler) kullanılarak her ayrıntı düzeyine karşılık gelen yaklaşık ölçek aralıkları belirlenmiştir. Basitleştirme için yukarıda belirtilen kurallar dikkate alınarak ArcGIS yazılımı ile aşağıdaki işlemler gerçekleştirilmiştir:

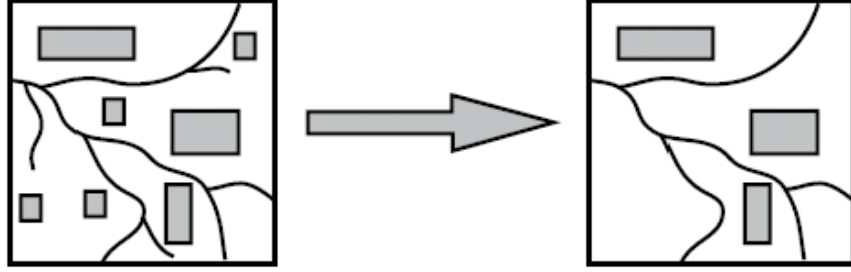
- Eşik değerden daha küçük bina sınırları silinmiştir.
- Orijinal verideki binaların karakteristik şekilleri korunmuştur.
- Binaların alanları, basitleştirme işleminden sonra korunmuştur.
- Bina karakteristik şekilleri bozulmadığı sürece dikdörtgene yakın geometrik şekillerin oluşması sağlanmıştır.
- Uygulama bölgesi bitişik nizam olduğu için basitleştirmeden sonra binaların komşu bina sınırlarına tecavüz etmemesi sağlanmıştır. Böylelikle topolojik sorunların oluşması engellenmiştir.

Bu konuda ayrıntılı bilgiye bu tezin 6.5.1.1 kısmında ulaşılabilir.

3.2.1.2 Binaların Elenmesi

Eleme, bir sınıf içindeki nesnelerin sayısını azaltır (AGENT Consortium, 1999). Basit fakat hedef harita için önemsiz görülen nesneleri eleyerek harita üzerinde boş alan oluşturan etkili bir işlemdir (Şekil 3.10). Eleme işlemlerinin denetimi, harita üzerinde uygun bilgi yoğunluğunun bilinmesine dayalıdır. Harita ölçeğine bağlı olarak harita üzerindeki nesne

sayısının değişimine ilişkin basılı harita serilerinin karşılaştırıldığı Töpfer tarafından yapılan deneysel çalışmaları, “Töpfer’in Radikal Kanunu” ya da “Seçme İlkesi” olarak adlandırılan bazı ilkeleri ortaya koymuştur (Jones, 1997; Weibel, 1997; Başaraner, 2005).

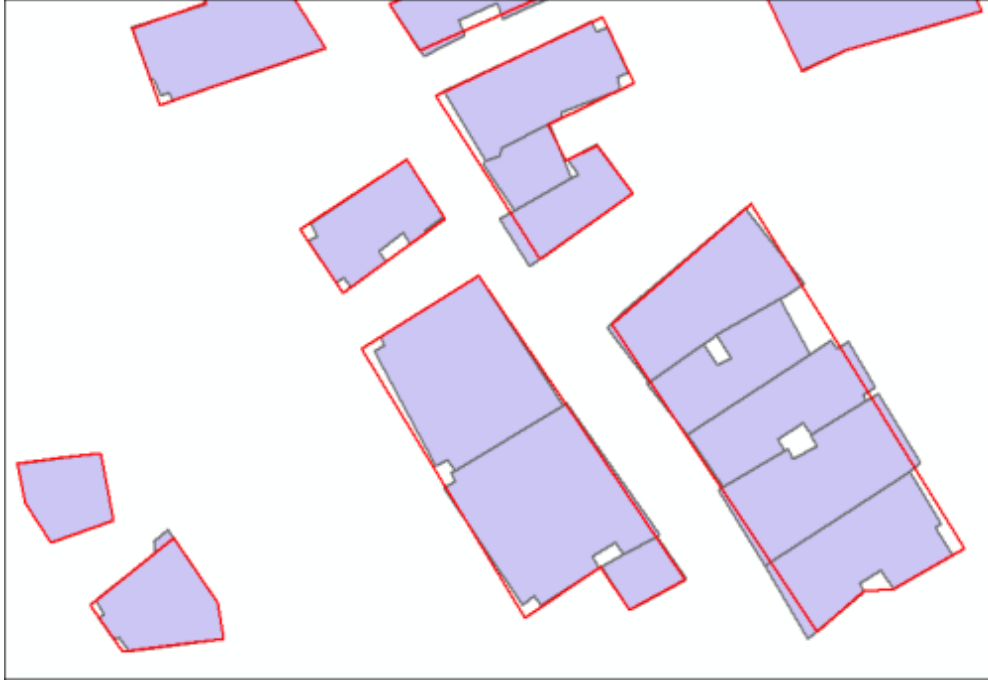


Şekil 3.10 Eleme işlemi öncesi ve sonrası binalar (Başaraner, 2005)

3.2.1.3 Binaların Birleştirilmesi

Binalar arasındaki uzaklıklar grafik limitlerin altında ise binalar birleştirilir. Birleştirme öznitelikler dikkate alınarak ya da alınmayarak iki şekilde yapılabilir. Öznitelikler dikkate alınmazsa, geometrik koşullar uygun oldukça birleştirme yapılır. Öznitelikler dikkate alındığında nesneler ikişer ikişer karşılaştırılarak öznitelikler uyuyorsa birleştirme yapılır, uyuyuyorsa yapılmaz (Bildirici, 2000; Bildirici ve Uçar, 2001).

ArcGIS yazılımında bina birleştirme yapılırken aynı anda bina eleme de yapılabilir. Her iki işlem için de eşik değerler belirlenerek genelleştirme gerçekleştirilir (Şekil 3.11). Ancak birleştirilen verilerin özniteliklerinden yalnız biri dikkate alınmaktadır. Bu da diğer özniteliklerin kaybolmasına neden olmaktadır.



Şekil 3.11 Binaların basitleştirilmesi ve birleştirilmesi

Bu tezin uygulamasında LoD1 ayrıntı düzeyi için tek binaların blok haline getirilmesi amacıyla birleştirme ve eleme işlemleri yapılmıştır. LoD1 ayrıntı düzeyinde büyük bir bölgenin 3B kent modeli oluşturulurken binaların blok haline getirilmesi bilgisayar performansı açısından hızı arttırmasına rağmen görsel olarak bir kayba neden olmamaktadır. Schilcher (1998), Kolbe (2004) ve Gröger vd. (2004) blok hale getirme işlemini dikkate almamasına rağmen Thiemann ve Sester (2004)'de ortaya atılan bu yöntem bu tezin 6.5.1.3 kısmında kullanılan veriler açısından incelenip değerlendirilmiş ve faydalı olduğu görülmüştür. Bina birleştirme ve eleme işlemleri ArcGIS yazılımında gerçekleştirilmiş ve aşağıdaki özelliklere dikkat edilmiştir:

- Uygulama bölgesinin büyük bir kısmı bitişik nizamlıdır ancak az da olsa ayrık nizam binalar bulunmaktadır. Ayrıca bitişik nizamlı binaların da arka cepheleri birbirinden ayrıktır. Bu nedenle bitişikleri kaynaştırma ve ayrıkları kaynaştırma işlemleri ile birleştirilmiştir.
- Orijinal verideki bina adalarının şekillerinin bozulmamasına ve toplam bina alanlarının değişmemesine dikkat edilmiştir.
- Bina gruplarından ayrık tek binalar elenmiş, gruplar arasında kalan binalar ise elenmemiştir. Böylelikle bina bloklarının cephelerinde boşlukların oluşması engellenmiştir.

3.2.2 3B Bina Genelleştirme

Üçüncü boyutun eklenmesi ile bina modellerinin hem geometrik hem de semantik bağlamda karmaşıklığı artmıştır. Büyük ölçekte bir bina 2B’de geometrik olarak bir tek yüzey ile gösterilirken, 3B’de çok sayıda yüzey elemanı ile gösterilmektedir. Semantik bilgilerin 3B’de geometrik bilgiler ile ilişkilendirilmesi bu karmaşık yapı nedeniyle daha zordur. 2B binalar arasındaki ilişki, konum, şekil, yön, yakınlık ve yatay paralellikler ile belirlenirken, 3B binalarda, bunlara ek olarak düşeydeki paralellikler, çatı şekli, yükseklik bilgisi veya yüzey dokusuyla belirlenir.

3B bina genelleştirme ve farklı ayrıntı düzeylerinde modelleme çalışmaları birbirine bağlantılı olarak gelişmektedir. Bu alandaki son çalışmalar, tek binaların gruplanarak blok halde gösterilmesi için bina geometrilerinin basitleştirilip birleştirilmesi ile blok binaların oluşturulması, tek binaların veya bina bloklarının 3B geometrik alt birimlerine ayrıştırılması ve çatı tiplerinin modellenmesi konularına odaklanmıştır. Bu konular birbirine bağımlıdır ve bina verilerinin amaca yönelik uygun ölçek veya çözünürlükte 3B olarak modellenmesini hedeflemektedir.

3B bina bloklarının oluşturulması, düşük/kaba ayrıntı düzeylerinde gösterilmesi, gerekli olmayan ayrıntılardan kurtulmak ve binaların olabildiğince az yüzeyle modellenmesini sağlamaktır. Böylelikle çok sayıda binayı içeren 3B kent modellerinin oluşturulması daha olanaklı hale gelmektedir. 3B bina genelleştirme işlemi, binaların geometrik alt birimlerine ayrıştırılması, bina tanıma, tanımlanmış binaların daha düşük ayrıntı seviyesine indirgenmesi (model genelleştirme) ve farklı ayrıntı düzeyindeki 3B bina modellerinin grafik olarak iyileştirilmesi ve gösterimi (grafik genelleştirme) gibi konularda yoğunlaşmıştır. Çatı tiplerinin modellenmesi ise 3B çatı şablonlarının oluşturulması ve bu şablonların değişik yapıdaki binalara yerleştirilebilmesi konularını kapsamaktadır.

3.2.2.1 3B Binalar için Ayrıntı Düzeyi Kavramı

3B binalar için ölçek kavramı, ayrıntı düzeyleri (LoD) ile ifade edilmektedir. Her bir LoD belirli bir genelleştirme düzeyini gösterir. Standart olarak belirli ölçeklerdeki 2B topografik haritaların aksine, 3B binalar için genel olarak kabul edilmiş ayrıntı düzeyleri yoktur. Aşağıdaki listede açıklandığı gibi, şu anda geçerli olan LoD’ler çoğunlukla veri çözünürlüğü, semantik bilgilerin içeriği ve uygulamalara bağlı olarak belirlenmiştir. Farklı ayrıntı düzeylerinde 3B kent modelleme, 3B mekansal verinin edinimi ve kullanımında maliyetlerin düşürülmesine de katkıda bulunmaktadır.

Thiemann ve Sester (2004) yerleşim yerleri ve binalar için üç farklı LoD önermiştir:

LoD1: Aynı yükseklikteki binaları eşik değerlere göre birleştirme,

LoD2: Çatı tiplerini içermeyen tek binalar,

LoD3: Basitleştirilmiş çatılı binalar.

Netlexikon Akademisi binalar için beş LoD önermiştir [10]:

LoD1: Binaları haritalardaki sınırlarından gerçek yükseklikleri kadar yükseltme,

LoD2: Cephe fotoğraflarının bina yüzeylerine eklenmesi,

LoD3: Çatı tiplerinin ve bina yüzeyindeki çıkıntıların (balkon vb.) modele eklenmesi,

LoD4: LoD3 modelindeki binalara cephe fotoğraflarının eklenmesi,

LoD5: LoD4'e bina içi detaylarının da eklenmesi.

Gröger vd. (2004) arazi modellerini de içeren 5 LoD'i önermiştir:

LoD0: Uydu görüntüsü, ortofoto vb. görüntülerin arazi modeli yüzeyine giydirilmesi,

LoD1: Binaları haritalardaki sınırlarından gerçek yükseklikleri kadar yükseltme,

LoD2: Çatı tipleri, çatı elemanları ve önemli ağaçlar ile zenginleştirilmiş LoD1,

LoD3: Bitki örtüsü, sokak nesneleri (sokak lambaları, elektrik direkleri vb.) ve mimari özellikleri ile modellenmiş binalar,

LoD4: Bina içi ayrıntıların da modele eklenmesi.

Schilcher vd. (1998) binalar için 3 LoD önermiştir:

LoD1: Binalar haritalardaki sınırlarından gerçek yükseklikleri kadar yükseltme,

LoD2: LoD1'e düz çatılı binaların eklenmesi,

LoD3 = LoD2'deki binalara cephe fotoğraflarının eklenmesi.

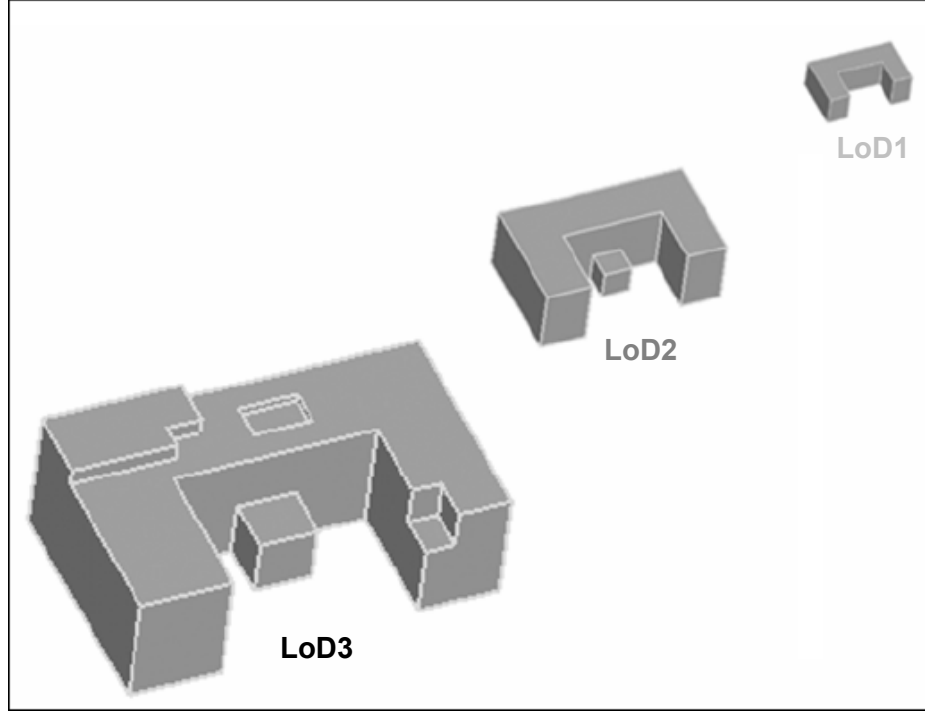
Benzer üç LoD'yi, Kolbe (2004)'de önermiştir:

LoD1: Binalar haritalardaki sınırlarından gerçek yükseklikleri kadar yükseltme,

LoD2: Düz çatılı ve duvar dokusu ile zenginleştirilmiş LoD1,

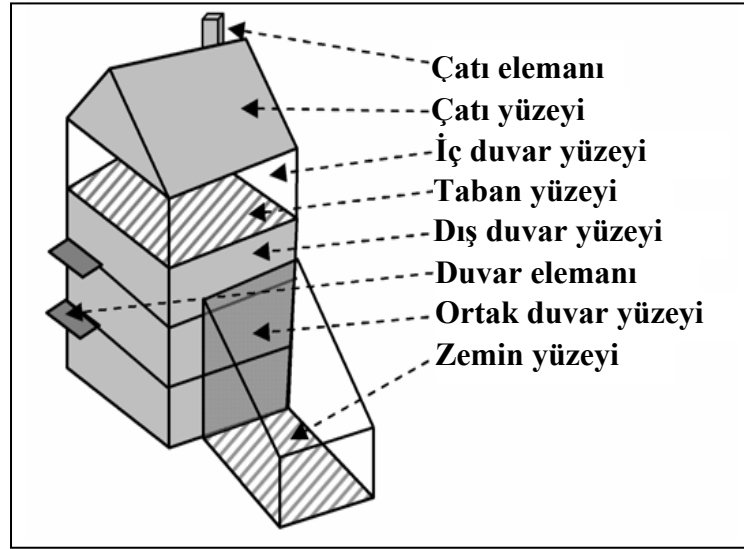
LoD3: Ayrıntılı çatılar, bina yüzeyindeki çıkıntıların gösterildiği ve fotoğraflarla zenginleştirilmiş LoD2.

Bu tanımlamalar incelendiğinde aralarındaki bazı farklılıklara rağmen hepsi, düşük çözünürlüklü alt düzey LoD'lerden, daha yüksek çözünürlüklü daha üst düzey LoD'lere doğru bir geçiş içermektedir. Şekil 3.12'de bir bina 3 farklı ayrıntı düzeyinde gösterilmiştir.



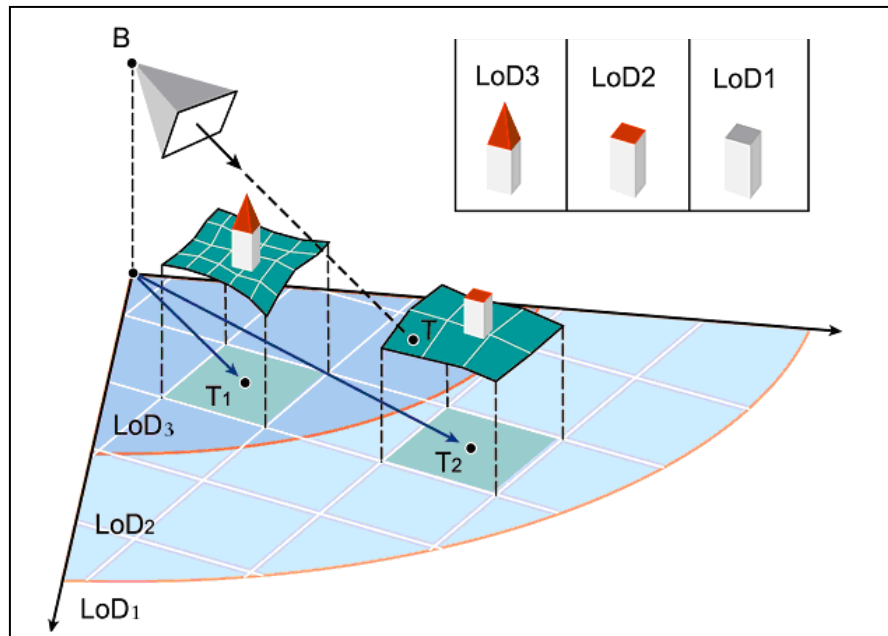
Şekil 3.12 Bir binanın farklı LoD'lerde gösterimi (Forberg, 2004)

En ayrıntılı LoD'de, bir bina Şekil 3.13'de gösterildiği gibi, dış bileşenleri; çatı yüzeyi, çatı elemanı, dış duvar yüzeyi ve duvar elemanı ile iç bileşenleri; iç duvar, oda duvar yüzeyi, zemin yüzeyi, tavan yüzeyi ile tanımlanabilir (Ramos vd., 2004). Binalar orijinal geometrileri ile farklı ayrıntılarda gösterilebilir. Her bina katı, örneğin boş olup olmadığı gibi ek bilgileri içerebilir. Ayrıca iç veya dış bileşenlerde, güneş enerjisi sisteminin olup olmadığı, kullanılan yakıt türü veya yapı türü gibi ek bilgileri içerebilir (Forberg, 2004).



Şekil 3.13 Bir binanın yapısal bileşenleri (Ramos, 2004)

Farklı ayrıntı düzeylerinde oluşturulan 3B kent modelleri birden fazla LoD içerir. Model üzerinde gezinme sırasında her LoD kullanıcının bakış uzaklığına göre dinamik olarak sırayla görüntülenir (Şekil 3.14) (Heaberling, 2002). Binaların birden fazla ayrıntı düzeyinde olması bitişik binalar arasında bitişme sorununa neden olabilmektedir. Akıcı bir grafik geçiş için ayrıntı düzeyi sayısının artırılması ile sağlanabilir.

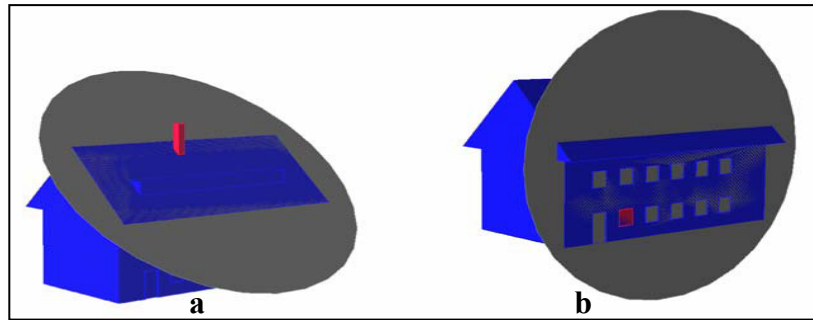


Şekil 3.14 SAM ve binaların farklı LoD'lerde gösterimi (Heaberling, 2002)

3.2.2.2 3B Bina Bölümleme

Bu konuda Ribelles vd. (2001) çokyüzlü bölümleme (polyhedron segmentation) yöntemi, Thiemann ve Sester (2004) ise detay bulma (feature finding) yöntemi geliştirmiştir. Bu yöntemlerde bir yüzeyin arkasında kalan bölge kolaylıkla ayrılan bağlantılı bölge olarak tanımlanır. Bu yaklaşımda B-Rep veri yapısında düzlem yüzeylerden oluşan bir bina, CSG veri yapısında hücrelerden oluşan alt birimleri ayrıştırılır. Hücreler topolojik komşuluğun belirlenmesinde, CSG veri yapısı da bölümleme işleminde kullanılır.

Şekil 3.15’de bir binanın iki ayırma düzlemi ile bölünmesi gösterilmektedir. Her ayırma düzlemi ilgili bölgeyi iki bölgeye böler. Bunlardan ayırma düzleminin arkasında kalan bölgeyi dolu, önünde kalan bölgeyi ise boş olarak tanımlar. Bu düzlemlerin bir veya daha çok uzayla arakesiti (bina yüzeyi), çıkıntı (bacalar vb.) ve girinti (pencereler vb.) gibi detayların belirlenmesini sağlar. Ayırma düzleminin arkasında kalan kısmı, ya çıkıntıların kesip çıkarılmasıyla ya da girintilerin doldurulmasıyla oluşturulur. Bu işlem ayırma düzlemi ile bina arasında herhangi bir arakesit nesnesi kalmayınca kadar yeni ayırma düzlemleri kullanılarak tekrarlanır (Forberg, 2004; Meng ve Forberg, 2007; Thiemann ve Sester, 2004).



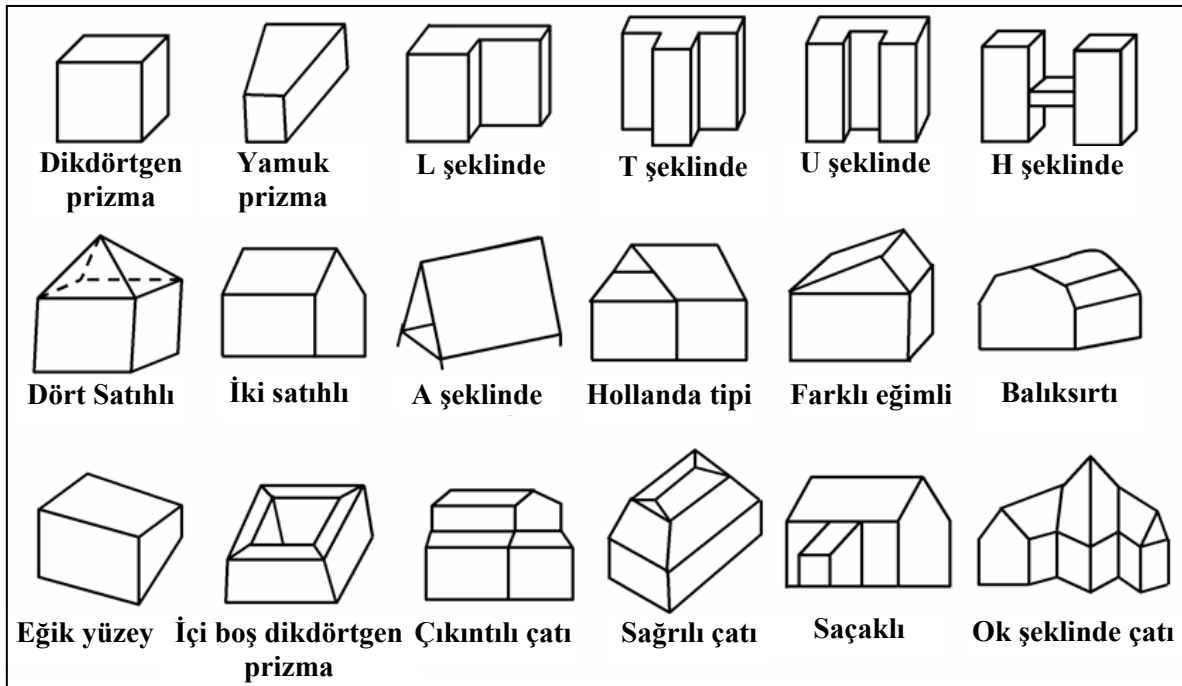
Şekil 3.15 Bina çatısındaki (a) ve duvarındaki (b) ayrıntıların tanımlanması (Sester, 2004)

Bir sonraki işlem adımında, oluşturulan her bir bölümün özellik açısından nitelendirilmesi gerekir. Bu nitelikler, baca, balkon, duvar bölmesi, pencere, kapı ve çatı gibi bina parçalarına ait özelliklerdir. Bu özellikler, büyüklük ve konum, eğim, şekil, yön bakımından önemlerine göre sıralanır ve CSG yapısı ile köklerden dal uçlarına kadar önem derecelerine göre bir hiyerarşi oluşturulur. Böylelikle veri geri dönüşümü sağlanmış olur. Bu da genelleştirme sonucu oluşabilecek veri kayıplarını önler. Paralellik, üçgenlik, yataylık gibi özellikleri ile belirlenen binanın ayrıntı düzeyi, basitleştirme işlemi ile azaltılabilir. Gerekğinde bina daha ayrıntılı olarak bir üst düzeyde geri getirilebilir (Rottenstainer, 2001; Kada, 2002; Forberg ve Mayer, 2004; Sester, 2007).

3.2.2.3 3B Bina Tanımlama

3B bina genelleştirme işlemleri sırasında bina özellikleri korunmalıdır. Lal ve Meng (2003) tarafından geliştirilen yöntem ile 3B binalar, tek binalar, bitişik binalar ve bina kümeleri olarak üç gruba ayrılmış ve bina geometrileri ile ilgili şablonları üretmiştir. Şekil 3.16’da üst sırada binalar, orta ve alt sırada ise çatı tipleri için oluşturulmuş şablonlar görülmektedir.

Düzgün yapıli bina şekillerinin otomatik olarak tanınması amacıyla Lal ve Meng (2004) hiyerarşik yapıli bir algoritma geliştirmiştir. Algoritma ilk olarak, köşelerin 3B koordinatlarını, kenar sayısını ve kapalı yüzeylerin sayısını kullanarak bina şeklini belirler. İkinci adımda çatılara ait köşelerin 3B koordinatları, kenar sayısı, kapalı yüzeylerin sayısı ve komşu yüzeyler arasındaki açıları kullanarak çatı şekillerini belirler. Son olarak da tanımlanmış bina şekilleri ile çatı şekilleri, köşelerin 3B koordinatları, kenar sayısı, yüzeylerin sayısı veya paralel kenarların sayısı gibi modelin bileşen parçalarını tanımlayan parametreleri kullanarak 3B bina modellerini oluşturur (Anders, 2005; Sester, 2007).



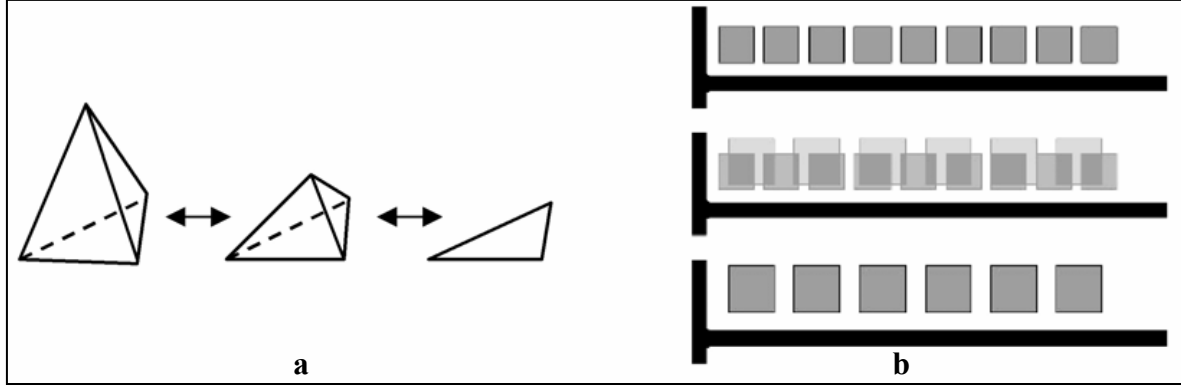
Şekil 3.16 3B Bina ve çatı tipleri için şablonlar (Meng ve Forberg, 2007)

3.2.2.4 Çok Gösterimli Veritabanları (MRDB) ve 3B Genelleştirme

Son yıllarda veri tabanlarını çok amaçlı ve verimli kullanma isteği, bugün “veri tabanı güdümlü kartografya” ve “çok gösterimli veri tabanı” (MRDB: Multi Representation Database) kavramlarını ortaya çıkarmıştır. Böylelikle çeşitli çözünürlüklerde/ölçeklerde veya

çeşitli konularda veritabanları ve haritaların tek bir veri tabanında türetilmesi ve güncelleştirilmesi hedeflenmektedir (Hampe vd., 2003; Selçuk vd., 2006). Çok gösterimli veri tabanları, genel anlamıyla, tek bir mekansal veritabanının farklı ölçek, amaç ve çözünürlükteki gösterimleri içermesidir. Çoklu gösterimler söz konusu olduğunda; zaman, doğruluk, duyarlık, mekansal veri modeli, uygulama kapsamı vb. konular da gösterimlerde farklılığa sebep olan birer parametre olarak algılanmalıdır. MRDB’de aynı mekansal nesnenin farklı gösterimleri bir veritabanında toplanır. Yani MRDB’nin temelinde farklı gösterimlerin tek bir veritabanından (temel veri tabanı) otomatik olarak üretilmesi ya da bu veritabanından üretilmiş gösterimlerden türetilmesi mantığı yatmaktadır (Doğru ve Uluğtekin, 2007).

3B modellemelerde MRDB’nin kullanılması ile eş zamanlı gösterimler daha hızlı ve kolay olarak gerçekleştirilebilir. Bununla birlikte, fazla LoD içeren modellerde komşu LoD’ler arasındaki ani geçişler ekranda ani görüntü değişimlerine neden olabilir. Her binanın geometrik ayrıntıları, bir LoD’den diğer LoD’lere geçişte sürekli olarak azalır veya artar. Örneğin, bir üçgen prizma dönüştürme işlemi ile üçgene indirgenebilir (Şekil 3.17a). Bir LoD’deki n sayıda bina, komşu LoD’deki m sayıdaki binaya sönümleme (fading) yöntemi ile dönüştürülebilir (Şekil 3.17b) (van Kreveld, 2001; Bronsvoort ve Noort, 2004).



Şekil 3.17 Nesne ayrıntılarının azaltılması (van Kreveld, 2001)

Meng (2002) LoD’nin otomatikleştirilmesine yönelik olarak paralel perspektif gösterimleri önermiştir. Bu yöntemde 3B binalar model olarak değişikliğe uğramaz. Binaların gözlemciye aynı uzaklıkta oldukları kabul edilir ve görüntü mesafesi önceden belirlenmiş bir eşik değerinin ötesine geçtiğinde bütün nesnelerin görünümü eş zamanlı olarak komşu LoD’ye aktarılır.

4. KENT MODELLERİNİN 3B GÖRSELLEŞTİRİLMESİ VE SANAL GERÇEKLİK

Sanal gerçeklik, etkileşimli araçlar ile desteklenmiş 3B ortamların oluşturulması için insan-bilgisayar arayüzlerinin kullanılmasıdır. Sanal gerçeklik üç bileşenden oluşmaktadır. Bunlar; sanal ortam sistemi, teleoperatör sistemi ve güçlendirilmiş gerçeklik (augmented reality) sistemidir (Şekil 4.1). Sanal ortam sistemi programlanmış bilgisayarlarla sanal ortamların oluşturulduğu, sentezlendiği ve operatörün etkileşim içinde olduğu sistemdir. Teleoperatör sistemi operatörün ortamı hissetmesine ve müdahale etmesine izin veren bir robot sistemidir. Güçlendirilmiş gerçeklik sistemi sanal gerçeklik ürünlerinin ekstra bilgiler ile zenginleştirilmesini sağlayan operatörün gerçek dünya ile olan etkileşimini kolaylaştıran sistemdir. Güçlendirilmiş gerçeklik sanal nesnelerin algılamasını kolaylaştırmaktadır (Brodie ve El Khalili, 2002; Taylor, 2003; Taylor, 2005a; Taylor, 2005b; Yücel ve Selçuk, 2005b).



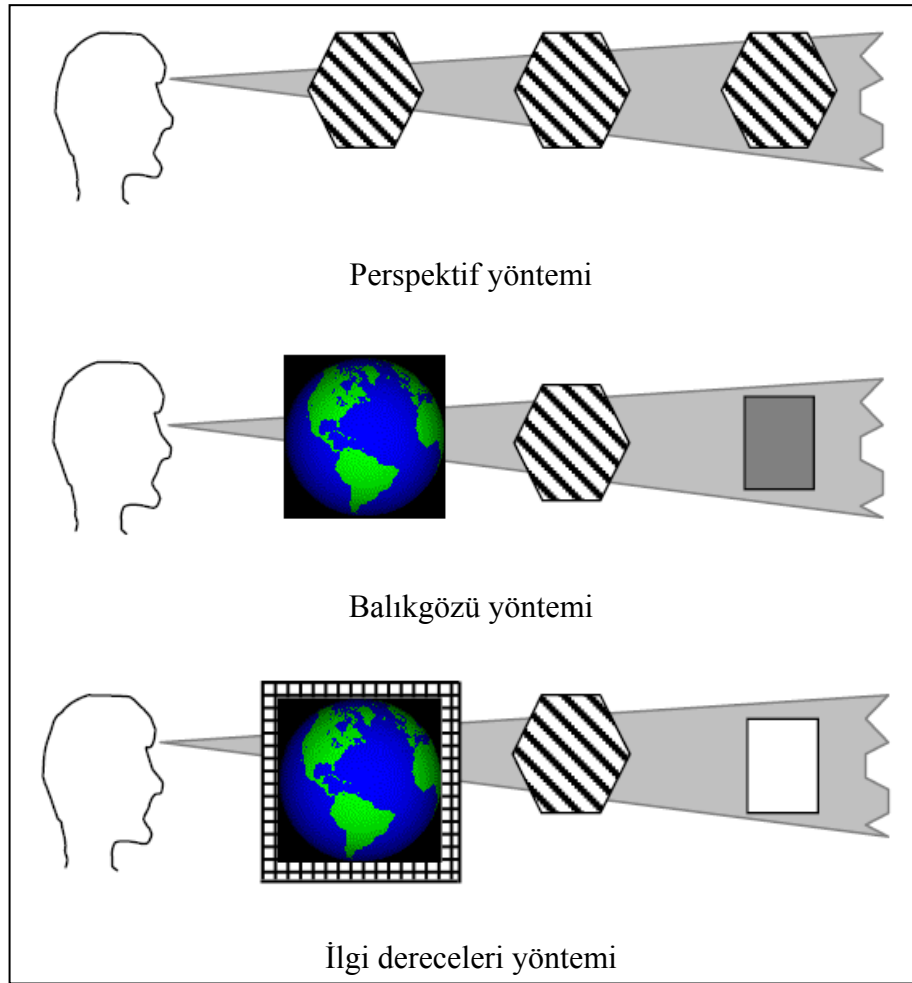
Şekil 4.1 Sanal gerçekliğin bileşenleri

Bilgisayarlar çok fazla bilgiyi işleme olanağı sağlamakta ama insanlar karmaşık sonuçları algılamakta zorluk çekmektedir. Sanal gerçeklik alanındaki gelişmeler multimedya teknikleri ve görselleştirme olanakları ile 3B olarak gösterilebilmektedir. Mekansal bilgilerin (geometrik ve semantik) karmaşık yapısının kullanıcı tarafından kolay algılanabilmesi için ayrıntılı gösterimlere gerek duyulmaktadır.

Kullanıcı ihtiyaçları ve uygulamalar arasındaki farklılıklar görselleştirme işleminde belirleyici etkenlerdir. Farklı alt bilgi gruplarının dinamik olarak değişimi ve gösterimi olanaklı olmalıdır. Alt bilgi grupları (subsets of information) bilgilerin tamamını oluştururlar. Bir görselleştirme işlemi karmaşanın en az olduğu verimli bir model oluşturmayı amaçlamalıdır.

Kullanıcıya modeli geliştirmek için alt grupları kontrol etmesine olanak sağlayan ilgi dereceleri (degrees of interest) ve balıkgözü bakışı (fish eye view) yöntemleri

geliştirilmiştir. Balıkgözü bakışı detayları üst ve alt düzey olarak sınıflandırır. İlgi dereceleri yöntemi her nesneyi anlamsal uzaklık ve önsel (a priori) uzaklık olmak üzere iki değerle ilişkilendirmektedir. Anlamsal uzaklık bakış noktası ile nesne arasındaki gerçek uzaklıktır. Önsel uzaklık ise bir nesnenin kullanıcı için ne kadar önemli olduğunu belirleyen bir değerdir. Perspektif görüntüler bu yöneme örnek olarak verilebilir. Bakış noktasından aynı uzaklıkta bulunan nesneler aynı detayda gösterilir (Fairchild, 1993; Card ve Nation, 1997; Bidoshi, 2003). Nesnelerin fazla olduğu durumlarda karmaşa meydana gelebilmektedir. Fairchild (1993) bu tip durumlarda karmaşanın azaltılması için üç yöntem kullanmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Karmaşanın azaltılması için kullanılan yöntemler (Bidoshi, 2003)

Perspektif yöntemi: Bu doğal bir yöntemdir ve gözlemciye yakın nesneler daha büyük ve ayrıntılı, uzakta olanlar ise daha küçük ve daha az ayrıntılıdır.

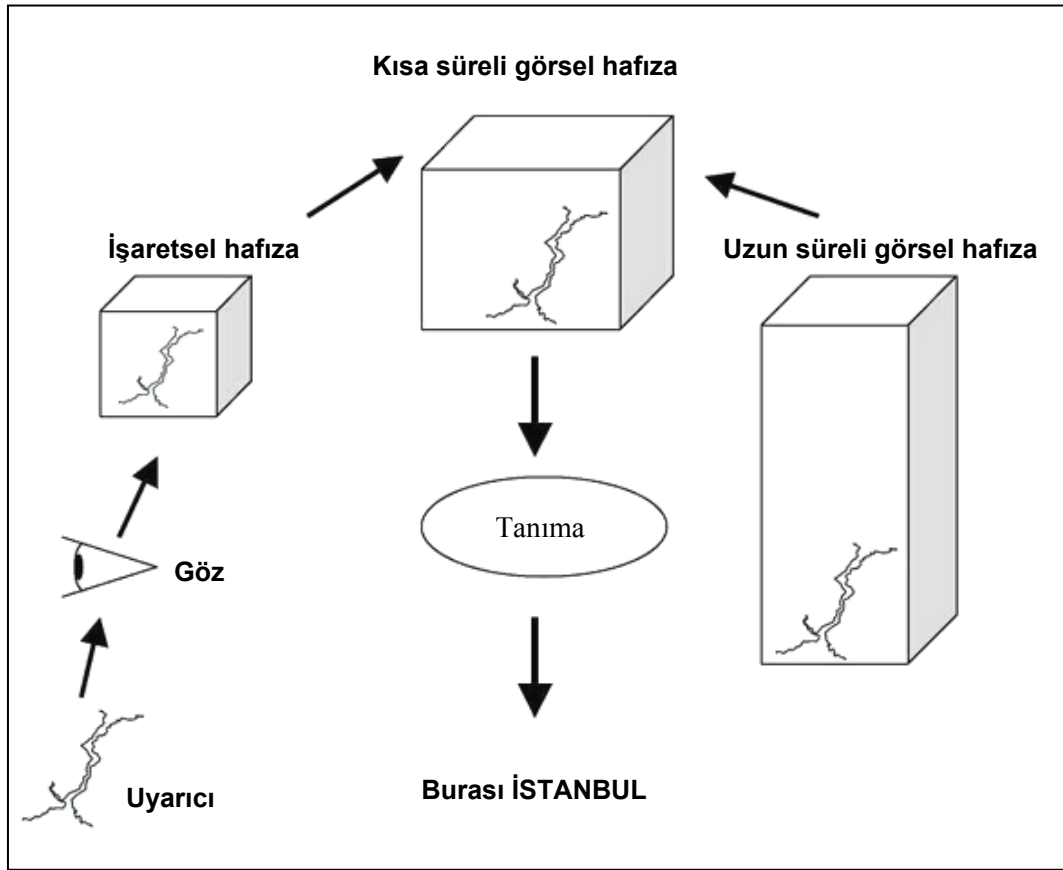
Balıkgözü yöntemi: Bu yöntemde önemli olan nesneler önemsiz olan nesnelerden daha çok dikkate alınır ve daha detaylı gösterilir. Önemli olan nesneler vurgulanarak uzak mesafelerden de ayırt edilebilmeleri sağlanır.

düşünülebilir ve kişinin hafızasında uzun süreli olarak kalır ve gerektiğinde kullanılır. Örneğin, “Bir binanın çatı şekli nasıldır?” sorusu sorulduğunda cevap verecek kişi öncelikle hafızasına binayı getirir daha sonra da çatısını göz önüne getirir. Ayrıca zihinsel görüntüler birbirinden bağımsız tek olarak kullanılan görüntüler değildir. İnsan zihni bu görüntüleri mekansal ilişkileri ile birlikte hafızada tutmaktadır. Yani bir nesnenin veya nesnenin bir parçasının hatırlanmasının, nesnenin kesin yerinin veya diğer belirli bir nesneyle olan ilişkisinin hatırlanması ile gerçekleştiği anlamına gelmektedir. Bu da kartografik gösterimde işaretletirmede kullanılır. İnsanın bilgiyi kavrama ve işleme yetisinin artmasında mekansal ilişkiler etken olduğuna göre, 3B haritaların kullanılması bu yetiyi arttırmaktadır.

Zihinsel görüntüler, örneğin haritalar, mekansal ilişkiler arasındaki bilgileri betimlerler ve gerçekliğin genelleştirilmiş resimleridir. Peterson (1999) zihinsel görüntülerin tasarımının insanın zihninde olduğunu vurgulamaktadır. Aynı zamanda zihinsel görüntüler içsel bir görselleştirmedir. Bilgi işleme hafızada depolanan bilgilerin serileri olarak düşünülebilir. Her bir seri sınırlı miktarda bilgi işleme işlemi ile tanımlanır. Bu teori işaretli (iconic) hafıza, kısa süreli görsel hafıza ve uzun süreli görsel hafıza olarak adlandırılmış 3 farklı hafıza deposunu tanımlamaktadır.

Şekil 4.4’de harita kullanıcısının hafızasındaki bilgi işlemenin nasıl çalıştığı gösterilmektedir. İnsanın bilgi işleme sistemi işaretli hafıza ile başlamaktadır. Bilgi, işaretli hafızada çok kısa bir süre tutulur. Fakat sınırsız kapasiteye sahiptir ve karmaşık şekillerden olumsuz etkilenmez. Kısa süreli görsel hafıza bilgileri sınırlı kapasitede fakat daha uzun süreli olarak tutabilmektedir. Kısa süreli hafızaya alınan bilgi daha önceki bilgilerle karşılaştırılarak değerlendirilir ve uzun süreli hafızaya gönderilerek sonuca ulaşılır. Bu kısımda, görülen nesnenin tanımlanması şablon karşılaştırma, detay tanımlama ve işaretli tanımlama işlemlerini içermektedir.

Kısa süreli hafızadan gelen bilgiler ile uzun süreli hafızadaki bilgiler eşleştirildiğinde elde edilen sonuç ile gerçekte var olanlar örtüştüğünde doğru sonuca ulaşılır. Şekil 4.4’deki örnekte olduğu gibi İstanbul Boğazı’nı gören kişi eğer İstanbul’da yaşıyor ise büyük olasılıkla görünen yerin İstanbul olduğunu anlar. Eğer kişi Türkiye’de yaşıyor ise olasılık biraz daha azalır. Türkiye dışından ise olasılık daha da azalır.

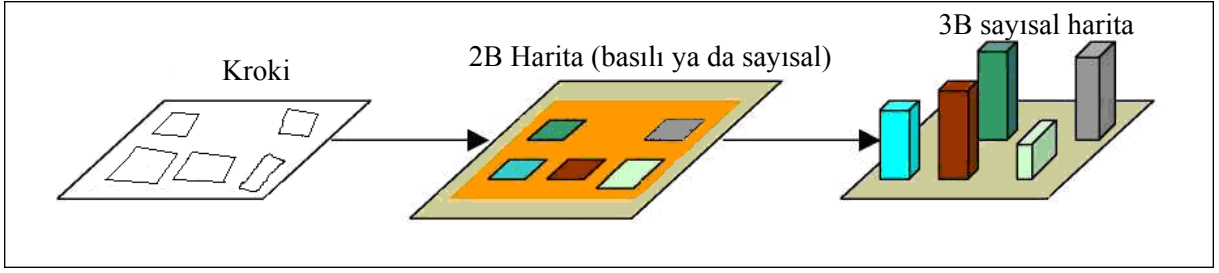


Şekil 4.4 Bir nesnenin algılanması

4.2 Sanal Ortamlarda Mekan Kavramı

İnsanın gerçek veya sanal ortamları algılaması tecrübelere ve yapmış olduğu çalışmalara bağlıdır. İnsanın bilgiyi algılaması ve işlemesi açısından sanal ortamlar ve sanal gerçeklik haritaları, 2B haritalara oranla kolaylıklar sağlamaktadır. Daha gerçekçi gösterimler insanın bilgiyi algılama ve işleme yeteneğini arttırmaktadır. Bu konu insanın kavrama yeteneği ile birlikte düşünülerek incelenmelidir. Blaser (2000) insanların gördüklerini tasvir etmelerine yönelik yapmış olduğu deneylerde farklı kişilerden, nesneleri gördükten sonra gördüklerini taslak olarak çizmelerini istemiştir. Bu çalışma sonunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Hazırlanan taslaklar basit görünümündedir ve önemli derecede genelleştirilmiştir.
- Ölçüler ve yönelimlerden çok nesneler arasındaki topolojiye ve nesneler arasındaki ilişkilere önem verilmiştir.
- Taslaklar tasarım açısından kişilere bağlı olarak önemli farklılıklar içermektedir.



Şekil 4.5 Kroki, 2B harita ve 3B harita

Bu araştırma sonucu kişilerin nesneleri kavrama yeteneğinin nesnelere olan bakış açılarıyla yakından ilişkili olduğu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca topoloji ve nesneler arasındaki ilişkilerin algılama açısından son derece önemli olduğu görülmektedir.

“Model üzerinde gezinme ve yön bulma” sanal gerçeklik haritalarının kullanıcı ile olan etkileşiminde son derece önemli iki özelliiktir. Kullanıcılar gördüklerini daha kolay algılamak ve tüm haritaya egemen olmak isterler. Sanal gerçeklik haritalarının tam faydalı olabilmesi için, sanal ortamda kaybolma veya yön bulamama sorununun giderilmesi gereklidir. Basılı bir haritayı kullanan kişi istediği yere bakıp inceleyebilir. Harita, kullanıcının elindedir ve kullanıcı haritaya egemendir. Sanal ortamda ise kullanıcı zaten haritanın bir parçasıdır ve haritanın içindedir. Bu durum kullanıcının sanal ortamda gezinirken kaybolmasına neden olabilir. Bu sorunun giderilmesi için kullanıcıya yön bulma olanağının sunulması gerekmektedir. Bu sorun model üzerinde gezinirken, ekranın bir köşesine bölgeyi gösteren bir haritanın yerleştirilmesi ve harita üzerinde de bir işaretle kullanıcının konumunun belirtilmesi ile çözülebilir. Bir başka yöntem ise ekranda sürekli görünen bir ok ile kullanıcının yönlendirilmesidir (Şekil 4.6).

İnsanın mekansal kavrama yeteneğinin daha iyi anlaşılması ve sanal ortamda gezinmenin daha kolaylaştırılması için bu işlemlerin nasıl gerçekleştirildiği incelenmelidir. Bunu için bir gezinme planı oluşturulmalıdır. Şekil 4.7’deki örnekte hakkında herhangi bir bilgi bulunmayan veya sorgulanamayan bir kent modelinde, nehir kenarında ev yapmak amacıyla bir arsa araştırılmaktadır. Bu işlem sanal ortamda bir dizi adım ile gerçekleştirilir. Bu adımlardan ilki “hedef belirleme” olarak tanımlanır ve “ne aranıyor?” sorusuna cevap arar. Bu örnek için bu sorunun cevabı “ev yapmak için arsa” olarak verilir. Sonraki adımda bir “strateji” belirlenir ve “nasıl bulunabilir?” sorusu sorulur. Bu sorunun cevabı da “nehir boyunca” olarak cevaplanır. “Bilgileri birleştirme” aşamasında “eldeki ön bilgiler neler?” sorusu sorulur. Bu sorunun cevabı bu örnek için yapılacak olan evin özelliklerini belirler. Sorulara verilen cevaplar yeterli ise “kavramsal model” oluşturulur ve harekete geçilir.

Kavramsal modelde oluşturulduğunda tüm sorular cevaplandırılmış ve neler yapılacağı belirlenmiştir. Kavramsal modelin oluşturulamaması durumunda strateji veya hedef değiştirilir.



Şekil 4.6 3B kent modelinde kullanıcıyı yönlendirme [11]

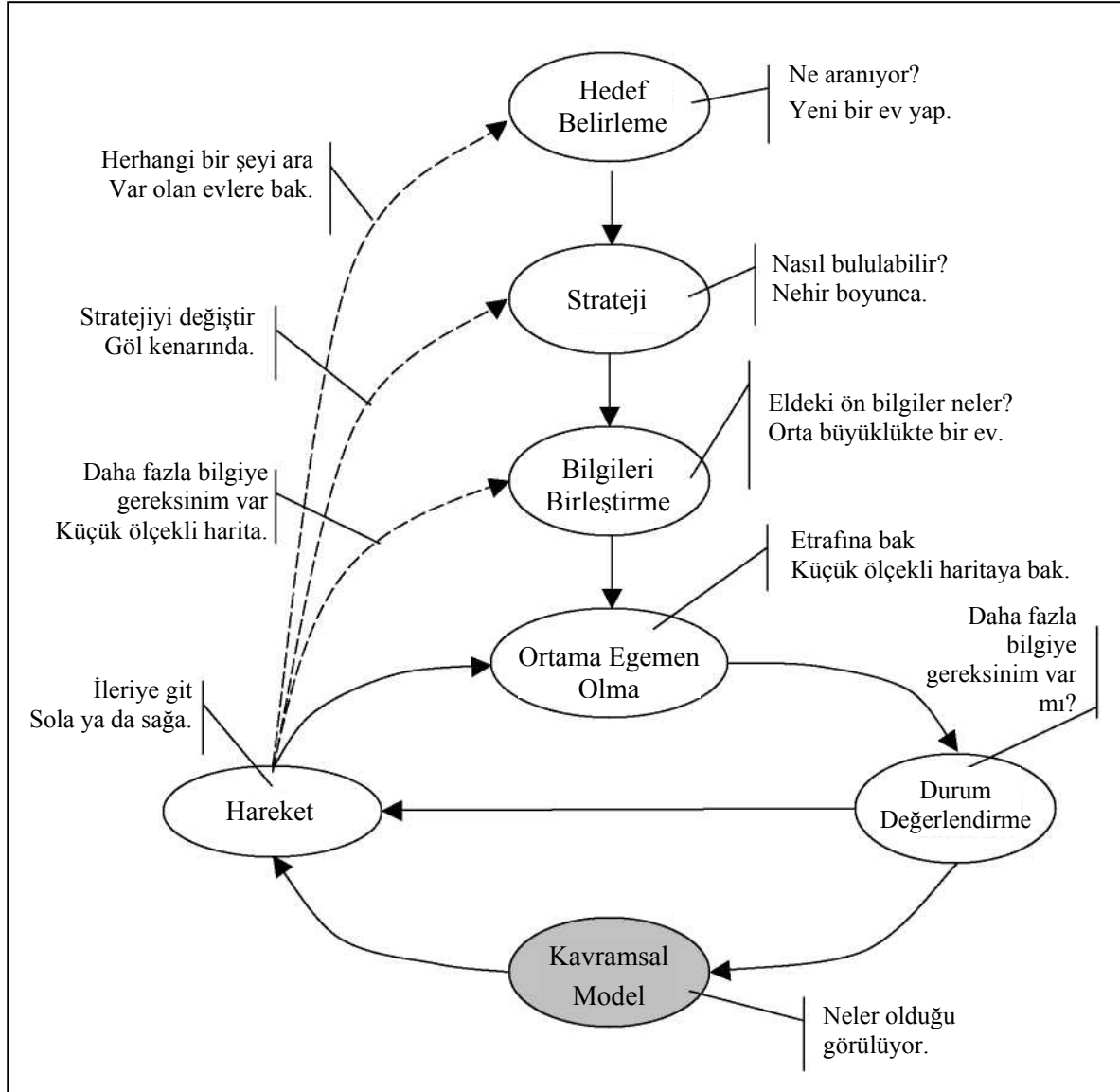
Gerçek dünyanın mekansal bilgi dağılımı açısından karmaşık olması ve belirli bir düzenlilik göstermemesi modellenmesinde güçlükler neden olmaktadır. Bu nedenle gerçekte var olan nesneler belirli sınıflara ayrılarak modellenmelidir. Lynch (1960) tarafından şöyle bir sınıflandırma yapılmıştır (Wonka ve Schmalstieg, 1999; Bidoshi, 2003):

- Önemli yerler (Landmarks): Birçok kişi tarafından bilinen etrafa egemen yerlerdir.
- Güzergahlar (Routes): Önemli yerleri birleştirirler. Bunlar yol olmak zorunda değildir.
- Düğüm noktaları (Nodes): Güzergahların kesişim ve birleşme noktalarıdır.
- Bölgeler (Districts): Bunlar kentsel alanlarda belirli derecelere göre sınıflandırılmış alanlardır.
- Kenarlar (Edges): İlgili çalışma alanının sınırlarıdır.

Bu elemanların kullanımı farklı uygulamalarda içeriğe göre değişmektedir. Örneğin; bir yaya için yol kenarken bir sürücü için güzergahtır.

İnsanlar genellikle plansızlık ve düzensizlikten hoşlanmazlar. Planlı ve düzenli ortamlarda insanın algılama yeteneği artmaktadır. Bunun nedeni insanın gördüğü nesneleri hafızasında

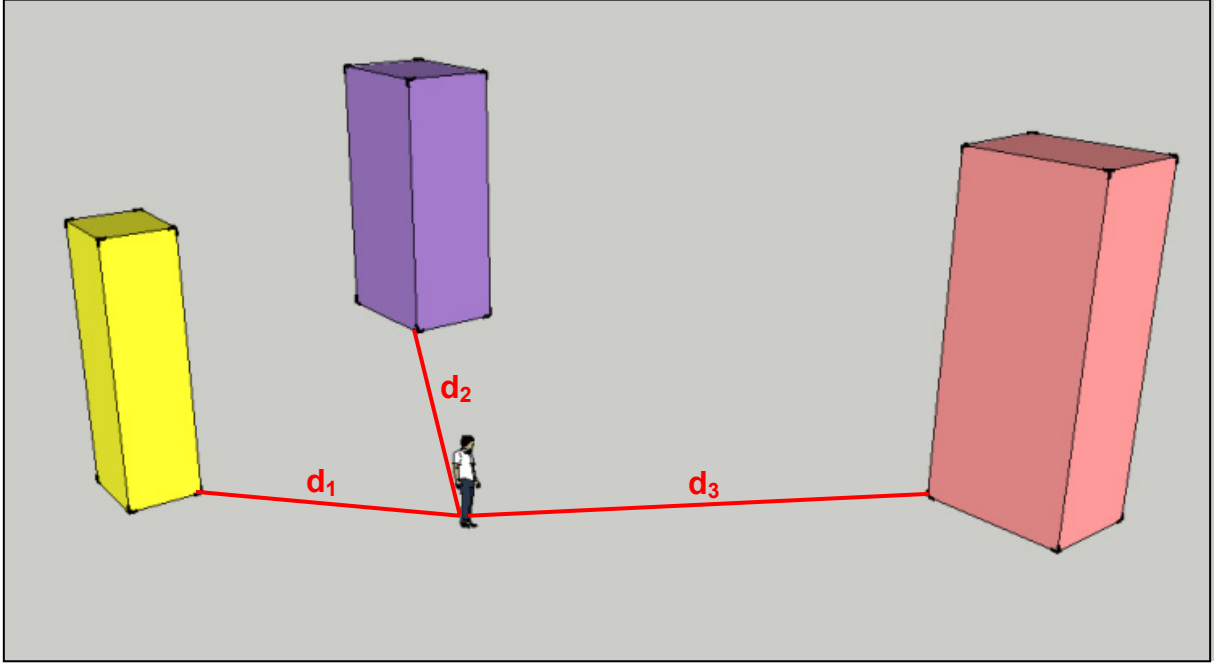
görüntüler olarak depolamasıdır. Bu nedenle bir sanal gerçeklik haritasının düzenli olması son derece önemlidir. Bununla birlikte gerçek dünyanın ve yeryüzü nesnelerinin belirli bir düzen içerisinde bulunmaması bu düzenin sağlanmasını zorlaştırmaktadır. Sanal gerçeklik ortamları gerçek dünyanın kavranması ve algılanmasında önemli rol oynamaktadır.



Şekil 4.7 3B Kent modelinde yer araştırma planı (Bidoshi, 2003)

Valler (2002) mekansal ortamlarda özellikle konum ve yön kavramlarının algılanmasına yönelik deneyler yapmıştır. Bu deneyler sonucunda insanların sanal ortamlardaki konumlarını belirli önemli yerlere (landmarks) göre olan uzaklıkları ile oldukça iyi belirledikleri ortaya çıkmıştır. Bu gerçek dünyanın algılanmasında da böyle olmaktadır. Belirli noktaları kullanarak yön bulmaya yarayan bu yöntem rehberlik (piloting) ya da belirgin noktaları

temel alan gezinme (landmark-based navigation) adı verilmiştir. Şekil 4.8’de üç binanın arasında bulunan bir kişi gösterilmektedir. Burada kişinin yerini belirlemede binalara olan uzaklık farkları binalar ve kişi arasındaki açısal farklardan daha önemlidir. Valler’in deneyleri bireyin yönünü bulmasında uzaklıkların önemli olduğu ortaya çıkarmıştır. Ayrıca sanal ortamlarda eğitilen kişilerin ilgili konuyu diğer araçlarla eğitilenlerden daha iyi anladıkları anlaşılmıştır.



Şekil 4.8 Bağlı uzaklıklar ile yaklaşık konum belirleme

4.3 Sanal Gerçeklikte Animasyonun Kullanılması

Günümüzde multimedya, kartografik ürünlere destek sağlamakta ve kartografik uygulamalarda sık olarak kullanılmaktadır. Haritalar birçok disiplin tarafından kullanılan geometrik ve semantik bilgilerin işaretler yardımıyla sunulduğu araçlardır. Sanal gerçeklik haritaları, mekansal bilgilerin yanında tablolar, istatistiksel bilgiler, fotoğraflar, video görüntüleri, modeller, sesler, müzik, güçlendirilmiş gerçeklik ve canlı kamera görüntüleri gibi bilgileri de içermektedir.

Animasyon kelime olarak; hayat vermek, canlandırmak anlamına gelmektedir. Birbiriyle ilgili resimlerin arka arkaya seri bir şekilde geçirilmesi sonucu bu resimlerin bir hareket belirtmesi animasyonun en basit tanımı olarak verilebilir. Haritalar çeşitli animasyon teknikleri ile hareketli hale getirilebilmektedir. Üç boyutlu olarak hazırlanmış bir harita üzerinde belirlenen

bir güzergahta gezinme ya da belirli bir bölgenin değişik yıllardaki haritalarının ardı ardına sunulması ile bölgedeki değişimlerin incelenmesi kartografik animasyona örnek olarak verilebilir (Kraak, 1999; Yücel, 2002; Yücel ve Selçuk, 2004). Bilgisayar ortamındaki animasyonlara yönelik araştırmalar animasyon sistemleri ve insanların bu sistemlerle olan etkileşimi konularında gelişmektedir. Zamana bağlı animasyonlar belirli bir bölgenin veya modelin zamanla olan değişiminin gösterilmesini sağlar. 3B kent modellerinin üzerinde gezinme ve inceleme olanağı sağlayan fakat zamansal değişimleri içermeyen animasyonlar da vardır.

Animasyon biçim, büyüklük, renk, renk tonu, doğrultu, doku gibi grafik değişkenlerin yanı sıra hız, bakış açısı, uzaklık, gölgelendirme gibi üçüncü boyut ve hareketlilik ile ilgili grafik değişkenleri de kapsar. Bileşenleri ise birincil ve ikincil bileşenler olarak sınıflandırılabilir. Birincil bileşen, grafik işlemeyi kapsar ve bu aşamada görüntü olarak animasyon oluşturulur. İkinci bileşen ise ses gibi vurgu yapmayı sağlayan özelliklerin görüntüye eklenmesidir.

4.4 Kent Modellerinin 3B Görselleştirilmesi

3B kent modelleri, arazi modelleri, bina modelleri, bitki modelleri ve yollar (ulaşım) gibi sistemleri içeren 3B mekansal sanal ortamları kullanarak coğrafi verilerin modellenmesi ile oluşturulur. Bu modeller genellikle veriler üzerinde geleceğe yönelik olarak keşif, analiz, yönetim ile ilgili kestirimler yapmak amacı için kullanılmaktadır. 3B kent modelleri farklı mekansal bilgilerin aynı ortamda bütünleştirilip görselleştirilmesine de olanak sağlamaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalar, 3B kent modelleri ile kent planlama ve geliştirme, tesis yönetimi, lojistik, güvenlik, haberleşme, afet yönetimi, konumsal hizmetler, gayrimenkul işlemleri, eğitim ve eğlence hizmetleri gibi uygulamaların birleştirilmesine yoğunlaşmıştır. Ayrıca 3B kent modellerinin çok sayıda etkin ve etkili kullanım alanı ve kullanıcı grubu vardır (Kolbe ve Gröger, 2003; Döllner vd., 2006a).

3B kent modellerinin görselleştirilmesinde fotorealistik ve tasvirsel (illustrative) yöntemler kullanılır. Fotorealistik yöntemde bina ve arazi modelleri için yoğun fotoğraf desteği kullanılırken grafik değişkenler pek kullanılmaz. Tasvirsel (fotorealistik olmayan) yöntemde ise fotoğraf desteği hiç kullanılmaz, tamamen görsel değişkenler, işaretler ve yazılar kullanılır.

3B kent modellerinin veri gereksinimleri uygulama çeşitlerine göre farklılık göstermektedir. Turizm, eğlence, halka açık alanlar gibi konuları kapsayan uygulamalarda yüksek derecede

fotoğrafik görselliğe gereksinim vardır (Şekil 4.9a). Örneğin; imara açılacak bölgelerin planlamadan sonra nasıl olacağının kestirilmesini amaçlayan uygulamalarda 3B görselleştirmenin kalitesi, modelin planlamadan sonraki durumu ne kadar gerçekçi yansıtabildiğine bağlıdır. Diğer yandan analiz ve keşfe yönelik uygulamalarda binaların ayrıntılı olarak gösterilmesine gerek duyulmamaktadır. Bu tür uygulamalarda genellikle semantik bilgiler görselleştirilebilmektedir. Kent planlama açısından bakıldığında semantik bilgiler binalara ait ise binanın boş olup olmadığı, sahibinin kim olduğu, binanın yapıldığı yıl gibi bilgileri içerir (Döllner ve Walther, 2003; Buchholz ve Döllner, 2005; Döllner vd., 2006a; Kolbe vd., 2007). Şekil 4.9b bir bölgeye ait binalardaki ısı yalıtımından kaynaklanan enerji kayıplarını göstermektedir. 2B CBS uygulamalarında tematik uygulamalara ilişkin analiz ve keşif işlemleri kolaylıkla yapılabilirken, 3B ortamlarda bu işlemlerin yapılmasına olanak sağlayan yazılım sayısı oldukça azdır.



Şekil 4.9 Farklı amaçlar için oluşturulmuş 3B kent modelleri (Döllner vd., 2006a)

3B kent modellerinin oluşturulması ve sürdürülmesi birbirinden bağımsız veri kaynaklarından yapılabilmektedir. Bu da veritabanları arasındaki güçlü bağlantılar ile sağlanabilmektedir. Burada önemli olan konu, verilerin sistematik ve doğru olarak birleştirilmesidir. 3B kent modellemede kullanılan veriler şunlardır:

- **Kadastral Veriler:** Kadastral veritabanları bina, arsa, tarla sınırlarını, adres, iyelik vb., bilgileri içermektedir. Bu bilgilerin doğruluğu devlet güvencesi altındadır. Ülkemizde yeteri kadar 3B bina verileri bulunmamaktadır. 2B kadastral veriler ise yeteri kadar bulunmaktadır. Bu nedenlerle kadastral veritabanları 3B verileri içermemelerine rağmen 3B kent modellemede önemli bir altlık oluşturmaktadır. 2B kadastral verilerden 3B bina modellerinin oluşturulması bina geometrilerinin gerçek

yükseklikleri kadar yükseltilmesiyle gerçekleştirilmektedir.

- Sayısal Arazi Modelleri ve Hava Fotoğrafları: Bu veri kaynakları grid verilerden veya LIDAR verilerinden türetilen sayısal arazi modellerini ve ortofotoları içerir. Sayısal arazi modelleri 3B kent modellerindeki bütün geometrik nesneler için referans yüzey olarak kullanılmaktadır. Hava fotoğrafları ise fotorealistik görselleştirmede arazi yüzeylerinin ve bina çatı dokularının çatı yüzeylerine eklenmesinde kullanılan önemli veri kaynaklarıdır.
- 3B Bina Modelleri: 3B bina geometrileri yersel veya havadan lazer tarama ve fotogrametrik yöntemler ve yersel ölçmelere dayanan jeodezik yöntemler ile elde edilmektedir. Binalar çeşitli ayrıntı düzeyleri ile gösterilmektedir. Bu düzeyler blok modeller (LoD1), geometrik modeller (LoD2), mimari modeller (LoD3) ve ayrıntılı iç mekan modelleridir (LoD4). Binaların ayrıntılı olarak gösterimine olan gereksinimin artması bina ayrıntı düzeylerinin önemini arttırmıştır (Petzold, 2003; Döllner ve Buchholz, 2005; Yücel ve Selçuk, 2008).
- Mimari Modeller: Tarihi yapılardan oluşan bölgelerde ve şehir gelişim planlarında basit gösterimli 3B kent modelleri ile mimari modeller birleştirilmektedir. Mimari modellerde genellikle bina içi nesneler ve dış mekan nesneleri ayrıntılı olarak gösterilmektedir.

3B kent modelleme ile ilgili oluşturulmuş kapsamlı kurallar henüz bulunmamaktadır. Bu konuda 3B bina veri paylaşımını kolaylaştırmak için ilk standartlar CityGML modelleme dili kapsamında OGC tarafından aşağıdaki gibi oluşturulmuştur (Döllner vd., 2006b; Kolbe vd., 2007; Carrozzino vd., 2009):

- Farklı ayrıntı düzeylerinde oluşturulacak 3B bina modelleri için CityGML dilinin kullanılması,
- 3B mimari bina modelleri için 3DStudio MAX ve VRML dosya biçiminin kullanılması,
- 2B CBS verileri (2B parsel ve 2B bina sınırlarını ve binaların yükseklik bilgilerini içeren) için ESRI Shape dosya biçiminin kullanılması,
- Bina sınırları arasındaki geometrik ilişkileri (topoloji) içeren veriler için ESRI Shape dosya biçiminin kullanılması.

3B kent modelleri yukarıdaki mekansal verilerden başka klasik 2B coğrafi referanslı raster (toprak kullanım bilgisi vb.) ve vektör (bina sınırları, yol ağları, toplu ulaşım ağları vb.) veri kaynaklarını da içerir. Bu verilerin 3B sayısal arazi modelleri üzerine raster veya vektör tabakası olarak yerleştirilmesiyle oluşturan 3B kent modelleri görsel olarak zenginleştirilebilir.

Semantik bilgilerin 3B kent modelinde görselleştirilmesi modelin geometrik özelliklerine bağlıdır. Örneğin; emlakçılık amaçlı oluşturulmuş bir model, binanın boş olup olmaması, yapılış yılı, kira fiyatı gibi bilgileri içermelidir. Bu semantik bilgiler, bina cephe renkleri, çatı renkleri veya çatı modellerinin farklı gösterimi ile görselleştirilebilir.

4.4.1 3B Fotorealistik Görselleştirme

Gerçekçi gösterimlere gereksinim duyulan uygulamalarda yüksek derecede fotorealizm (fotoğrafik destek) gerekmektedir. Örneğin Taksim ve Sultanahmet Meydanı gibi tarihi eserlerin ve turistik tesislerin çok fazla olduğu bölgelerde turizme yönelik bir 3B kent modeli oluşturulurken binalar gerçeğe en yakın görünümde modellenmeli ve fotoğraflarla desteklenmelidir (Şekil 4.10). Çünkü bölgeyi gezmek isteyen bir turist bölgeyi model üzerinde incelediğinde tarihi dokuyu en iyi şekilde algılayabilmeli ve bölgeyi gezmek istemelidir. Fotorealistik görselleştirmede nesnelerin ayrıntılı olarak gösterilmesi önemlidir. Ayrıntı miktarı arttıkça modelin cazibesi de artmaktadır.



Şekil 4.10 Fotorealistik olarak görselleştirilmiş 3B kent modeli

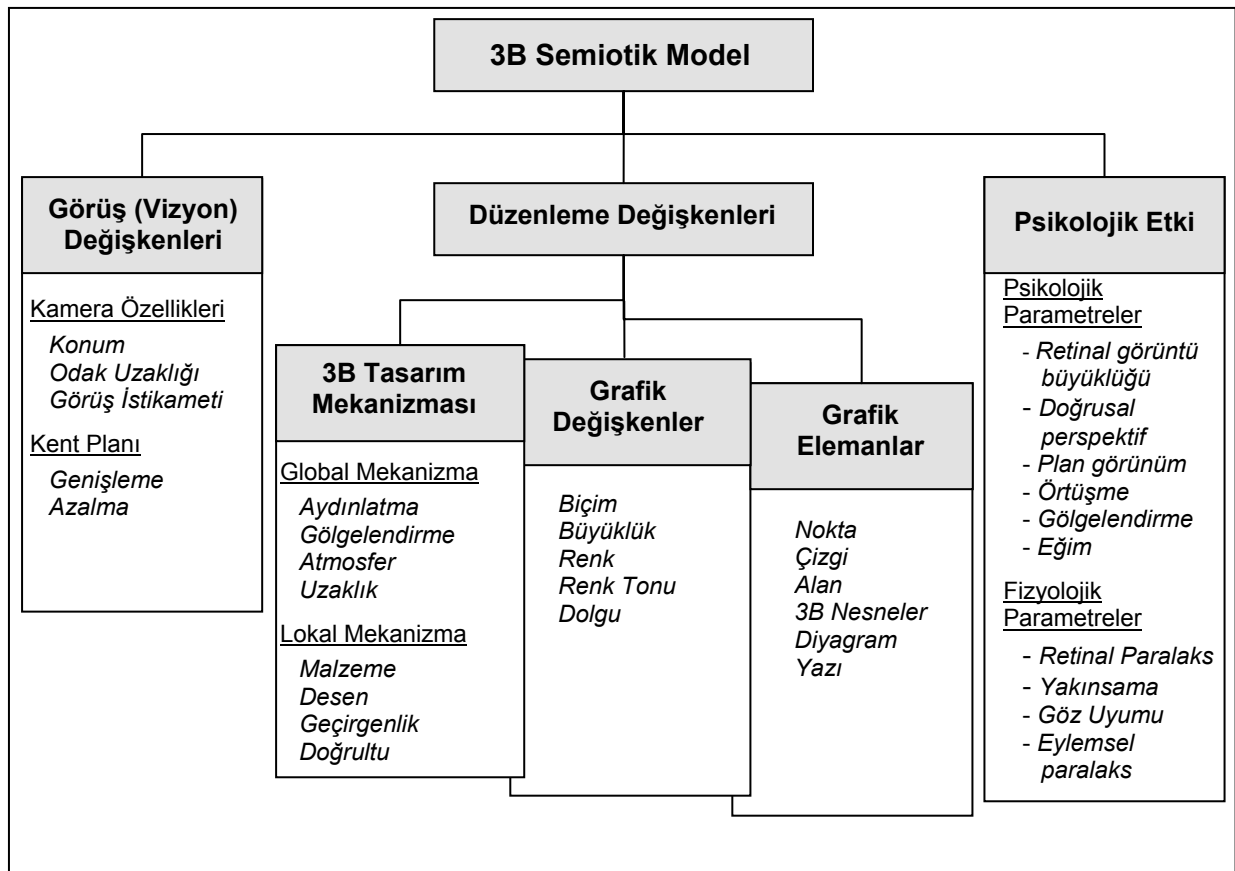
Fotorealistik görselleştirmede bir dizi sınırlama vardır (Jobst vd., 2008):

- Gerçek görünümlü 3B kent modelleri için, yüksek çözünürlükte verilere gerek duyulur. Örneğin SAM'ın dış yüzey dokuları için yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılmalıdır. Modelin boyutu büyüdükçe, veri edinme maliyeti de artar. Ayrıca 3B kent modelinin tamamı için gerekli veri mevcut olmayabilir. Bu durumda model üzerinde görüntüler eksik kalır.
- Semantik bilgilerin (binalar için onarım durumu, ortalama kiralama bedeli vb.) fotorealistik yöntemde gösterimi zordur. SAM üzerinde ve bina cephelerinde fotoğraflar kullanılmaktadır. Semantik bilgiler ise renkler ile görselleştirilmektedir. Bu nedenle fotorealistik görselleştirilmiş 3B kent modellerinde semantik bilgilerin gösterimi karmaşaya neden olmaktadır.
- Yıkılmış veya yapımı planlanan binaların fotoğraflarının olmaması, 3B kent modelinde gösterimi engeller.
- Küçük boyutlu 3B nesnelerin (taşınabilir araçlar) fotoğraflarının eklenmesi sırasında fotoğraflarda çözünürlük değişikliği yapılması gerekebilir. Bu da fotoğraflarda bozulma olmasına neden olabilir.

Fotorealistik gösterimin kapsamını genişletmek için günümüzde kullanılan güncel yazılımlar 3B bitkilerden oluşan özel kütüphanelere sahiptir. Bitkiler modellenmesi zor olan nesnelerdir ve bitkilerin değişik açılardan görüntülerinin ve yaprak dokularına ait bilgilerin bilinmesini gerektirmektedir. Gerçekçi gösterimler için iyi modellenmiş 3B bitki modellerinin kullanılması gereklidir. Buna karşın iyi modellenmiş 3B bitki modelleri çok fazla yüzeyden oluşmaktadır ve 3B kent modellerinde kullanımı yüksek kapasiteli bilgisayarlar ile olanaklıdır. İnsanın görsel algılama yeteneğinin çok yüksek olması nedeniyle bitkilerin ayırt edici özelliklerinin korunması gerekmektedir. Buna karşın düşük çözünürlüklü modellerde bitkilerin ayrıntılı gösterimi modelleme, görselleştirme ve veri paylaşımı açısından bilgisayar ortamında yavaşlamaya neden olmaktadır. Bu nedenler, 3B bitki modellerinin de farklı ayrıntı düzeylerinde modellenmesi gerekmektedir. Böylelikle 3B kent modellerinin görsel olarak zenginleştirilmesinde önemli yer tutan 3B bitki modelleri kolay ve gerçekçi olarak modellenebilecektir. Günümüzde bu konuda çalışmalar yapılmasına karşın tam olarak çözülebilmemiş değildir. Genelde az yüzeyden oluşan ve fotoğraflar ile desteklenen 3B bitki modelleri kullanılarak oluşturulan 3B kent modelinin hızının yavaşlaması önlenmektedir.

4.4.2 3B Kent Modellemede Kartografik Tasarım

Mekansal bilgilerin görselleştirilmesinde kartografik kurallar önemli ve vazgeçilmez bir yere sahiptir. 3B dinamik bir harita, coğrafi bilginin görselleştirilmesinin yanı sıra semiotik (işaret teorisi / göstergebilim) değişkenleri de kapsar. 2B haritaların kartografik görselleştirilmesinde grafik değişkenler (biçim, büyüklük, renk, renk tonu, doğrultu ve doku) ve grafik elemanlar (nokta, çizgi, alan, işaret, diyagram, yarım ton ve yazı) kullanılır (Bertin, 1982). Bu geleneksel 2B semiotik yapının 3B mekansal modellemeye uyarlanması bu yapının birebir aktarılmasının yanı sıra görüş (vision) değişkenlerini ve psikolojik etkileri de kapsar. Şekil 4.11’de genişletilmiş 3B semiotik değişkenler gösterilmektedir. Burada düzenleme değişkenleri: 3B tasarım mekanizması, grafik değişkenler ve grafik elemanları kapsamaktadır. 3B semiotik değişkenler, görüş değişkenlerinin yanı sıra psikolojik ve fizyolojik parametreleri kullanarak 3B kent modellemeye görselleştirme, algılama, kartografik özellikleri içermeye bakımından katkı sağlamaktadır. Buna karşın üçüncü boyutun eklenmesi nedeniyle 2B haritalar için kullanılan grafik değişkenler ile 3B tasarım mekanizması arasında çelişkiler meydana gelmektedir. Çizelge 4.1’de bu çelişkiler ve yeniden tanımlanması gereken noktalar gösterilmektedir.



Şekil 4.11 Genişletilmiş 3B semiotik değişkenler (Jobst vd., 2008)

Çizelge 4.1 3B tasarım mekanizması ve görsel değişkenler (Jobst vd., 2008)

		A)Biçim	B)Büyüklik	C)Renk	D)Renk Tonu	E)Dolgu
Global Mekanizma	1.Aydınlatma			C1	D1	
	2.Gölgelendirme	A2		C2	D2	E2
	3.Atmosfer			C3	D3	
	4.Uzaklık		B4			
Lokal Mekanizma	5.Malzeme	A5	B5	C5	D5	E5
	6.Desen					E6
	7.Geçirgenlik			C7	D7	E7
	8.Doğrultu	A8				

A2: Nesnelerin gölgelendirilmesine etki eder. Örneğin aşırı gölgelendirme nesnelerin ayırt edilememesine neden olur.

A5: 3B nesnelerin boyutlarında değişim (hareketlilik) olan modellerde nesne yüzeylerinde kullanılan malzeme nesnenin şeklinin algılanmasını etkiler.

A8: Doğrultu 3B nesnelerin algılanmasında etkilidir. Örneğin; aydınlatma ışığının doğrultusu nesnelerin gölgelerini ve yüzey aydınlanmasını etkiler. Bu da 3B nesnelerin algılanmasında etkilidir.

B4: Nesnelerin bakış noktasına uzak olması belirsizliğe neden olur ve nesnelerin algılanmasını olumsuz etkiler.

B5: 3B nesnelerin boyutlarında değişim (hareketlilik) olan modellerde nesne yüzeylerinde kullanılan malzeme nesnenin büyüklüğünün algılanmasını etkiler.

C1: Aydınlatma şiddeti nesnelerin parlaklığını, aydınlatma rengi de nesnelerin gerçek renklerinin algılanmasını etkiler.

C2: Gölgelendirme nesne renklerinin canlılığını ve parlaklığını etkiler.

C3: Atmosfer nesne görüntülerindeki netliği ve canlılığı etkiler.

C5: Malzeme ve yüzey dokusu renkleri etkiler. Nesne yüzey kaplamalarının düz renkte veya desenli dokuda olması parlaklığı ve canlılığı farklılaştırır.

C7: Nesnenin opak özelliklerinin azaltılması ile geçirgenlik sağlanır ve renkleri etkiler. Geçirgenlik miktarının doğru belirlenmesi gereklidir. Geçirgenlik miktarı arttıkça vurgu azalır.

D1: Aydınlatma nesnelerin parlaklığını doğrudan etkiler.

D2: Gölgeleme nesnelerin parlaklığını doğrudan etkiler. Renklerin ve renk tonlarının doğru algılanmasında gölgeleme önemli bir etkidir.

D3: Atmosfer nesnelerin parlaklığını etkiler. Bulutların ve sisin gösterilmesinde önemli rol oynar.

D5: Malzeme ve yüzey dokusu parlaklığı etkiler. Aynı ışık şiddeti ile aydınlatılan nesnelerin yüzey dokuları farklı ise parlaklıkları da farklı olur.

D7: Farklı geçirgenlikteki nesnelerin aynı ışık şiddeti altındaki parlaklıkları farklıdır.

E2: Gölgeleme fazla ise nesnelerin dolgularının algılanması zorlaşır.

E5: Malzeme, dolguların algılanmasında etkilidir ve görsellik açısından her yüzey dokusu için uygun malzeme seçilmesi gereklidir.

E6: Nesne yüzeylerini kaplayan malzemenin dolgusu yüzeye atanan desenlerin görünümünü etkilemektedir.

E7: Geçirgenlik yüzey dolgularının farklı algılanmasına neden olur.

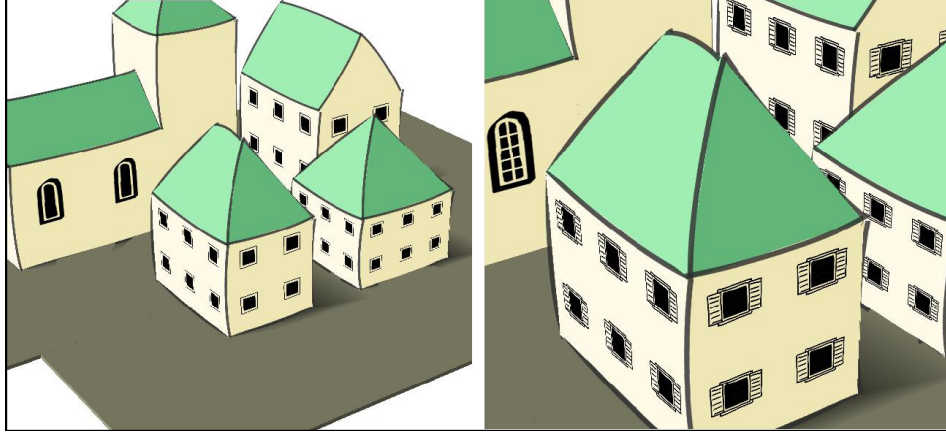
Görsel değişkenler ve 3B tasarım mekanizmaları arasında karşılıklı etkileşim vardır. Bu etkileşim kartografik uygulamalarda kompozisyon değişkenlerinin dikkate alınması gerektiğini gösterir. Kompozisyon değişkenlerinin kullanıldığı görselleştirme yöntemlerine tasvirsel görselleştirme adı verilmektedir (Jobst vd., 2008).

4.4.3 3B Tasvirsel Görselleştirme

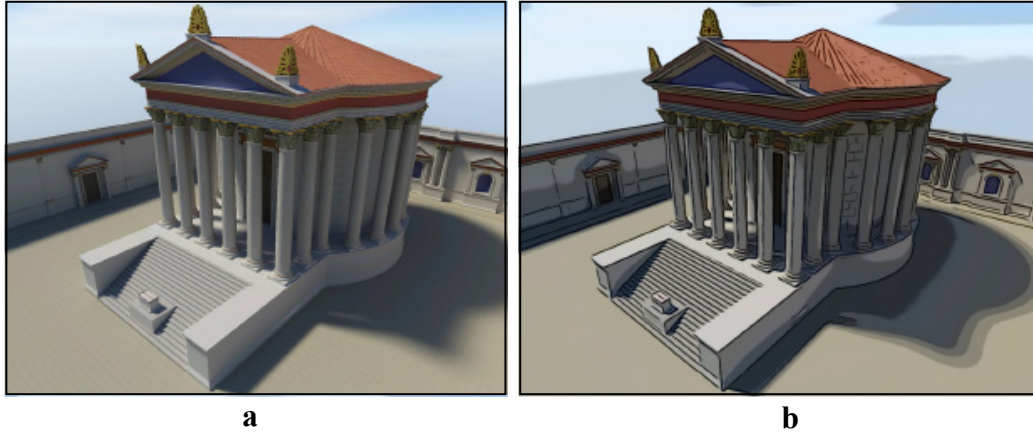
Tasvirsel 3B kent modelleme, fotorealistik yöntemde problem olan bazı özelliklere yeni çözümler getirmiştir. Bu yöntem fotoğraflardaki ayırt edilemeyen veya gereksiz olan ayrıntıların ayıklanmasına olanak sağlamaktadır. Böylelikle amaca yönelik ayrıntılar gösterilir ve karmaşa önlenmiş olur (Şekil 4.12 ve Şekil 4.13).

Tasvirsel görselleştirme, görsel gerçekliğin algılanmasını kolaylaştıran biçim, doku, renk, ışık, tonlama ve gölgeleme gibi unsurları kullanır. Kentsel analitik karar verme, kent bilgi sistemleri, kent ve peyzaj planlama, bilgisayar oyunları gibi uygulamalarda tasvirsel görselleştirme kullanılmaktadır. Ayrıca bu gösterim, mekansal bilgilerin algılanmasını kolaylaştırır. Bu yöntem kartografya, coğrafi bilgi sistemleri, görselleştirme ve görsellik ilkeleri doğrultusunda haritalar, perspektif haritalar, 3B mekansal modeller ve bunların

bütünleştirilmesi ile geliştirilmiştir (Buchholdz vd., 2005; Jobst vd., 2008; Maass vd., 2008). Tasvirsel görselleştirmenin genel özelliği nesne geometrilerinin kartografik ve sanatsal çizim kuralları çerçevesinde vektörel olarak görselleştirilmesidir. Bu konuda kullanılan yöntemler aydınlatma, gölgelendirme, tarama, renk, kenar çizgileri ile vurgulama ve desen gibi özellikleri kapsamaktadır.



Şekil 4.12 Tasvirsel olarak görselleştirilmiş 3B bina modelleri (Jobst vd., 2008)

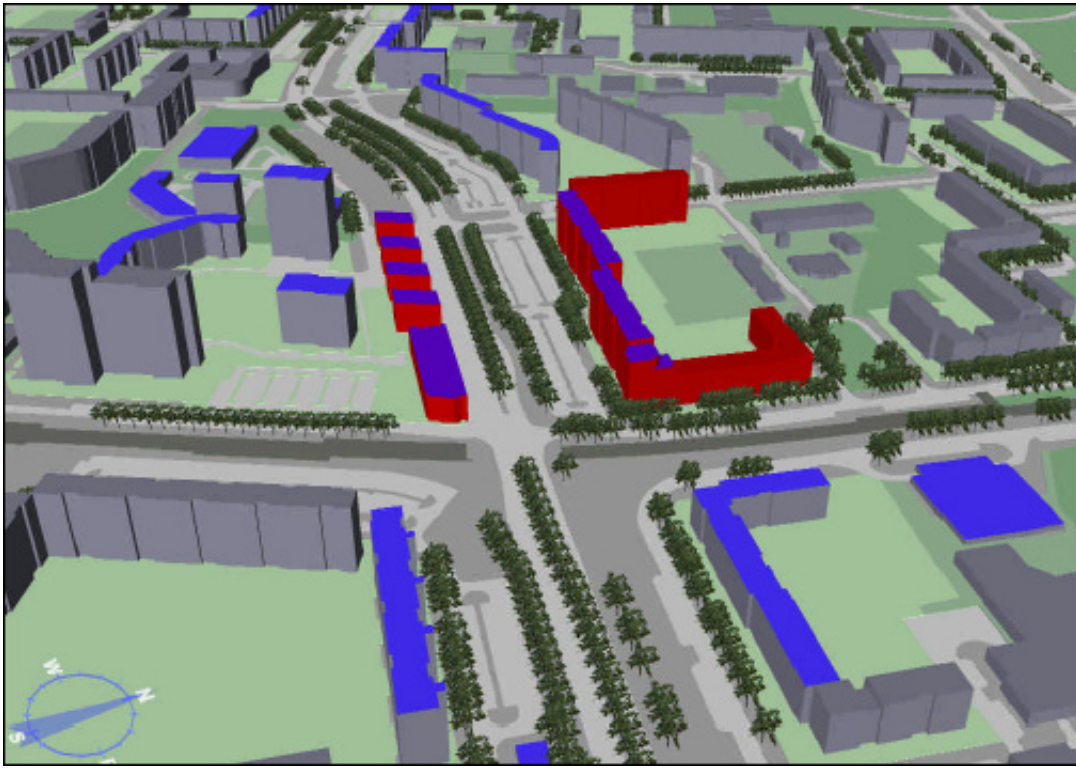


Şekil 4.13 Fotorealistik (a) ve tasvirsel (b) görselleştirme örnekleri (Maass vd., 2008)

4.4.4 3B Tematik Görselleştirme

Tematik verilerin gösterimi ile ilgili uygulamalarda binaların ayrıntılı olarak gösterimi gerekli değildir. Harita yapımında olduğu gibi 3B modellemeye de amaç önemlidir. 3B modelin ayrıntı düzeyi modelin yapılış amacına uygun olmalıdır. Ayrıca detaylı gösterimler bilgisayar ortamındaki işlemlerin yavaşlamasına neden olmaktadır. Bu nedenle tematik verilerin 3B modellenmesinde mekansal veriler basit 3B geometrik şekiller ile gösterilir (Şekil 4.14).

3B kent modeli üzerinde doğalgaz, elektrik, su kullanımı, bina kat adetlerinin renklerle gösterimi tematik görselleştirme işlemine örnek olarak verilebilir. Tematik verilerin gösteriminde tematik kartografya ile ilgili kurallara uyulmalıdır. Örneğin; model üzerinde yarım ton renk tonları ile gösterilen nicel (sayısal) verilerde aynı veriler için hep aynı renk ton değerleri kullanılmalıdır. Sel baskını durumunda risk altında olan bölgelerin gösterimi buna örnek olabilir. Sel riskinin az olduğu bölgeler açık renk tonları ile riskin daha fazla olduğu bölgeler ise aynı rengin daha koyu tonları ile gösterilmelidir. Binaların yapı türleri gibi nitel özelliklerin gösteriminde ise aynı rengin tonlarının kullanılması yanlıştır. Renk tonlanması kullanıcıda bağlı sayısal bir algılamaya neden olmaktadır. Bu nedenle nitel özelliklerin gösteriminde aynı rengin tonlarının kullanılması doğru değildir.



Şekil 4.14 Tematik verilerin 3B kent modelinde gösterimi (Buchholz ve Döllner, 2005)

5. WEB VE 3B MEKANSAL MODELLEME

Mekansal bilgi ister ham ister görselleştirildikten sonraki ürün olsun doğru olarak kullanıcı kitlesine ulaştırılamıyorsa bilgi paylaşımı açısından gerekli hedeflere tam olarak ulaşılamamış demektir. Her alanda olduğu gibi mekansal bilgi alanında da bilgilerin hızlı ve kolay paylaşımı iletişim açısından önemlidir. Teknolojik gelişmeler bilgi paylaşımı açısından bakıldığında da kolaylıklar sunmakta ve gün geçtikçe yeni olanaklar sağlamaktadır. Günümüzde mekansal bilginin görselleştirilmesi ve paylaşılması ile ilgili çalışmalar birbirine paralel olarak ilerlemektedir ve mekansal bilgilerin internetten paylaşımı için yeni hesaplama ve modelleme dilleri geliştirilmektedir. Bu dillerin gelişmesi ve belirli standartlar kazanması için W3C (World Wide Web Consortium) ve OGC (Open Geospatial Consortium) gibi bağımsız kuruluşlar çalışmalarını sürdürmektedir.

XML: Türkçe açılımı, Genişletilebilir İşaretleme Dili olan XML (Extensible Markup Language) verilerin tanımlanması için kullanılır. Bir XML dokümanının yapısı tamamıyla kullanıcı tarafından oluşturulur. Farklı veri türlerini orijinal biçimlerinde tek bir veritabanında depolayabilen XML, verilere hızlı, kolay ve ortamdan bağımsız olarak erişebilme olanağı sağlar. Kurumlar arası veri alışverişini sağlayan evrensel bir araçtır. Kendi dosya biçimine uygun olmayan ortamlarda kullanılamayan verilerin (metin, tablo, pdf, resim, ses, video vb.) hiyerarşik bir yapıda kullanılmasını ve hızlı olarak sorgulanmasını sağlar [12].

VRML: VRML (Virtual Reality Modeling Language) 3B ortamların grafik sunumu için kullanılan bir modelleme dilidir. VRML 3B sanal ortamların internet üzerinden sunulması amacıyla geliştirilmiş bir dildir. 3B modellerin ve animasyonların gerçekçi ve etkileşimli olarak internet ortamından sunulmasına olanak sağlamaktadır. 3B nesnelere yansıma, parlaklık, saydamlık ve gölgelendirme gibi özellikler sağlayarak algılanmasını kolaylaştırır [13].

GeoVRML: GeoVRML (Geography Virtual Reality Modeling Language) VRML'in mekansal modeller için geliştirilmiş versiyonudur. 3B görselleştirme ve veri paylaşımı açısından VRML özelliklerini kapsamaktadır. Coğrafi uygulamalara destek sağlamak amacıyla oluşturulmuştur. Coğrafi koordinatlar ile çalışmaya olanak sağlamaktadır. Bu dil ile farklı kaynaklarda bulunan farklı çözünürlük ve koordinat sistemindeki veriler kullanılabilir. Coğrafi varlıkların meta verileri ile ilişkilendirilmesine olanak sağlayacak yapıya sahiptir. Modeli oluşturulan arazi değişik animasyon olanakları ile desteklenmektedir. Modeli oluşturulan bölgenin farklı veri kaynaklarından kontrolü

olanaklıdır. Bu kaynaklardaki veriler ile karşılaştırma yapılarak yeni veriler modele taşınabilmektedir. Böylelikle yeni veriler model ile bütünleştirilebilmektedir (Yücel ve Selçuk, 2005a). Arazinin birebir aynı görünümde modellenmesi için hava fotoğraflarının ve uydu görüntülerinin modele eklenmesine olanak sağlamaktadır. Java uygulamaları GeoVRML verilerinin oluşturulması için çeşitli araçlar sağlamaktadır. Böylelikle mekan bilimciler karmaşık 3B mekansal veriler ile oluşturdukları mekansal modelleri, dinamik ve etkileşimli olarak web üzerinden sunabilmektedir. GeoVRML, 3B arazi modelleme, hava durumu simülasyonu, kent planlama, afet yönetimi ve planlaması, veri görselleştirme, taşınmaz mal durumları ve turizm gibi birbirinden farklı uygulamalarda kullanılmaktadır [14].

GML: Mekansal verilerin XML tabanlı olarak modellenmesine yönelik çalışmalar sonucu geliştirilmiş bir dildir. GML (Geography Markup Language) mekansal verilerin koordinat sistemi, geometri, topoloji, zaman ve ölçü birimleri gibi coğrafi özellikleri ile internet ortamında tanımlanmasını sağlamaktadır. XML tabanlı olması nedeni ile kullanıldığı ortamda veri gösterimi kolaydır. GML ortamında koordinat dönüşümleri olanaklıdır. Mekansal veri tabanları arasında veri paylaşımı olanaklıdır. GML ortamında yalnız veriler ile çalışılır. Verilerin görselleştirilmesi için vektör veri formatları (VRML, SVG, X3D, vb.) kullanılır [15] (Portele, 2007).

5.1 CityGML

CityGML, GML ile aynı altyapıdadır ve 3B mekansal veriler için tasarlanmıştır. 3B kent modellerinde mekansal nesneleri ve nesnelerin birbiriyle olan ilişkilerini birleştirmeyi amaçlar. Böylelikle farklı uygulamalarda ortak verilerin kullanılabilmesine olanak sağlar. CityGML çalışmalarında 3B mekansal veri değişimi için OGC tarafından kabul edilen uluslararası ISO TC211 standartları kullanılır [16].

CityGML, verilerin geometrik ve semantik özelliklerinin birlikte görselleştirilmesini sağlayarak ortak bir modelleme ortamı oluşturur. Mekansal nesnelerin geometrik ve topolojik özelliklerinin tutarlı ve homojen olmasını sağlar. CityGML’de bütün nesneler CityObject kavramı ile tanımlanmıştır (Yücel ve Selçuk, 2008).

CityGML ortamındaki kent modelleri, sayısal arazi modelleri, binalar, bitkiler, su alanları gibi mekansal nesneleri kapsar. Ağaçlar gibi genellikle farklı ayrıntılarda olan mekansal nesneler prototipler olarak modellenip kent modelinin farklı bölgelerinde kullanılabilir. Geometrisi kaplı bir model olarak belirlenmemiş nesnelerin (yaya alt geçitleri, uçak

hangarları ya da tüneller) hacminin hesaplanabilmesi için ClosureSurfaces özelliğine sahiptir. Bu özellikle nesnenin açık bölgesi belirlenip kapatılarak hacmi hesaplanabilmektedir. Arazi arakesit eğrileri (TerrainIntersectionCurve) özelliği ile de binalar gibi arazi yüzeyine bitişik olması gereken nesnelerin sayısal arazi modelinde doğru konumlandırılması sağlanır (Gröger vd., 2006; Schulte ve Coors, 2008).

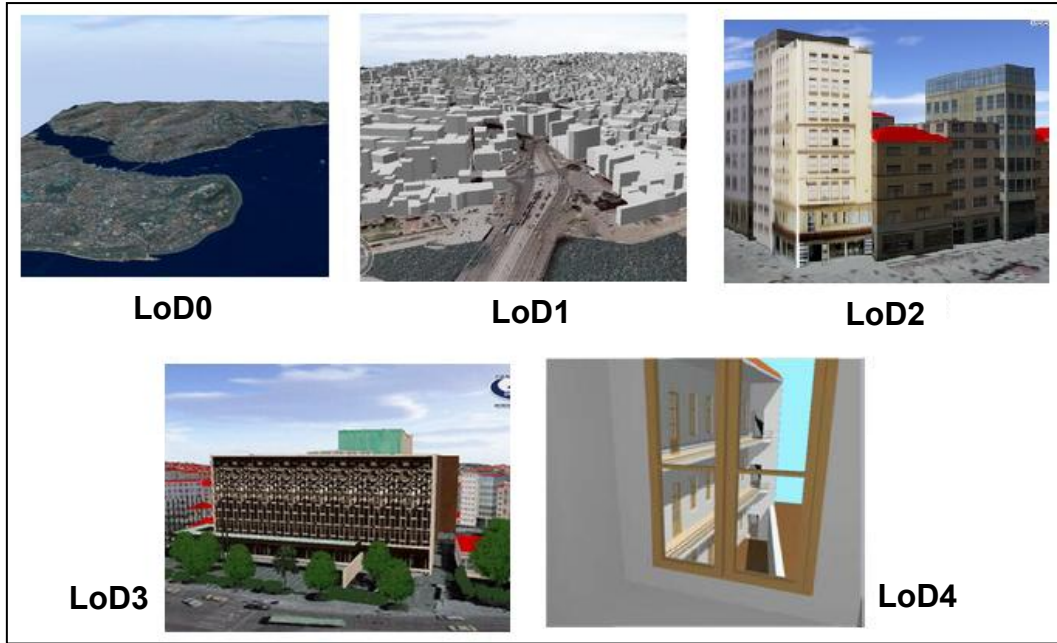
5.1.1 Çok Ölçekli Modelleme ve LoD

Bağımsız toplanan farklı verilerin aynı veri tabanlarında depolanması için ayrıntı düzeyleri (LoD) kavramı geliştirilmiştir. LoD ile veri analizi ve görselleştirilmesi işlemleri kolaylaşmaktadır (Bkz. 3. Bölüm). Bir CityGML veri setinde nesnenin farklı çözünürlükteki görünüşleri dikkate alınarak modellenmesi, analizi ve görselleştirilmesi aynı anda farklı ayrıntı düzeylerinde birlikte gerçekleştirilebilir. Günümüzde en son yapılan çalışmalarda ayrıntı düzeyleri kavramı CityGML kapsamında incelenmektedir. OGC, 3B kent modellerinde standartların oluşturulması için çalışmalarını CityGML standardıyla sürdürmektedir.

CityGML’de 3B kent modelleri için 5 ayrıntı düzeyi (LoD0, LoD1, LoD2, LoD3 ve LoD4) tanımlanmıştır. Bunlardan LOD0 ayrıntının en az olduğu düzeydir ve yalnız sayısal arazi modelini içerir ve uydu görüntüsü gibi ekstra veriler ile desteklenebilir. Bu düzeyde çıplak arazi modeli 3B olmasına rağmen kent modeli 3B değildir. Çünkü binalar 3B gösterilmemektedir. LoD1 ayrıntı düzeyi basit kent modelleme işlemlerinde en çok kullanılan düzeydir. Bu ayrıntı düzeyinde binalar dikdörtgen prizmalar ile çatılar ise düz olarak gösterilir. LoD2 ayrıntı düzeyinde ise bina çatı tipleri, bina cephelerinin fotoğrafları ve basit bitki modelleri eklenerek model zenginleştirilir. LoD3 ayrıntı düzeyinde binaların balkonları, duvar ayrıntıları (kapı, pencere, vb.), ayrıntılı bitki modelleri ve taşınabilir nesneler gösterilir. LoD3 ayrıntı düzeyindeki yapılara, odalar, merdivenler, iç duvarlar, mobilyalar gibi iç mekan nesnelerinin eklenmesi ile LoD4 ayrıntı düzeyine ulaşılır (Şekil 5.1) (Kolbe vd., 2007; Yücel ve Selçuk, 2008).

Farklı ayrıntı düzeylerindeki 3B nesne modelleri, her düzeyde gösterilebilir en küçük nesne boyutlarına bağlıdır. Gröger vd. (2006) tarafından ayrıntı düzeyleri için OGC’nin 06-057r1 raporu ile belirlenmiş çözünürlük ölçütleri Çizelge 5.1’de belirtilmiştir. Bu tezde bu ölçütlere her ayrıntı düzeyi için ölçek aralıkları eklenmiştir. Ölçek aralıkları mutlak 3B nokta doğrulukları ve minimum gösterim ölçütleri dikkate alınarak belirlenmiştir. 3B kent modeli veritabanlarının kalitesinin belirlenmesinde bu beş ayrıntı düzeyi kullanılabilir. Çizelgedeki sınıflandırmalar ile 3B kent modelinin veri tabanındaki veri kalitesi değerlendirilebilir.

Ayrıntı düzeylerin sınıflandırılması veri setlerinin karşılaştırılmasına ve bütünleştirilmesine olanak sağlar (Gröger vd., 2006; Schulte ve Coors, 2008).



Şekil 5.1 CityGML tarafından belirlenmiş 5 ayrıntı düzeyi

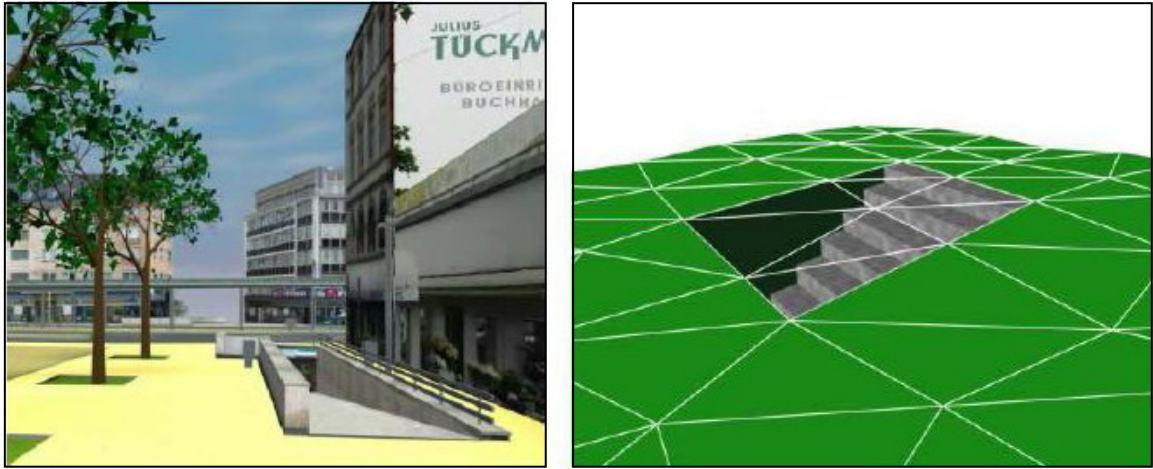
Çizelge 5.1 CityGML’de ayrıntı düzeyleri için belirlenmiş çözünürlük ölçütleri

	LoD0	LoD1	LoD2	LoD3	LoD4
Modelin kullanıldığı alan	Bölge, İl	Kent, Şehir	İlçe, Mahalle	Mimari modeller (bina dışı)	Mimari modeller (bina içi ve dışı)
Model çözünürlük düzeyi	Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok yüksek
Mutlak 3B nokta doğruluğu (konum / yükseklik)	<LoD1	5m / 5m	2m / 2m	0.5m / 0.5m	0.2m / 0.2m
Ölçek aralığı	<1:10000	1:5000 - 1:10000	1:2500 - 1:5000	1:1000 - 1:2500	1:500 - 1:1000
Genelleştirme	Yoğun genelleştirme	Genelleştirilmiş nesne blokları; > 6m×6m / 3m	Genelleştirilmiş nesne blokları > 4m×4m / 2m	Gerçek boyutlu nesneler > 2m×2m / 1m	Yapı elemanları ve çıkışları gösterilir
Yapı donatıları	-	-	-	Dış elemanların gösterimi	Gerçek nesne biçiminde gösterim
Çatı şekilleri	-	Düz	Basit yapıda	Basit yapıda	Gerçek görünümde
Çatı çıkıntıları (Saçaklar)	-	-	Henüz yok	Henüz yok	Var
Dış mekan nesneleri	-	Önemli nesneler	Prototipler	Prototipler	Gerçek görünümde
Ağaçlar, büyük bitkiler	-	Önemli nesneler	Prototip > 6m	Prototip > 2m	Prototip gerçek görünüm
Bitki örtüsü	-	>50m×50m	>5m×5m	< LoD2	<LoD2
Gelecekte yeni özellikler eklenecektir.					

5.1.2 Kapalı Yüzeyler

Yaya altgeçitleri, uçak hangarları gibi hacimsel bir geometri ile modellenmemiş nesnelerin hacimlerinin hesaplanabilmesi için kapalı hale getirilmeleri gerekir. Bu gibi yerler kapalı yüzeyler (ClosureSurfaces) özelliği ile kapatılabilmektedir. Kapalı yüzeyler, hesaplanabilen özel yüzeylerdir, değişik durumlarda hacimsel olarak dikkate alınırlar veya alınmazlar. Örneğin, bir yolun görselleştirildiği uygulamada bir alt geçidin yalnız girişi önemlidir, yolun alt kısmında kalan kısmı dikkate alınmaz (Kolbe vd., 2007).

Kapalı yüzeyler özelliği ile aynı zamanda, yüzey altındaki nesneler ve yapılar da modellenenbilmektedir. Yaya altgeçitleri, tüneller gibi yüzey altında kalan yapıların hacminin hesaplanmasına gerek duyulan sel baskınları gibi simülasyonların oluşturulmasında kapalı nesneler olarak modellenmelidir. Böylelikle doğru gösterim ve modellerin oluşması gerçekleştirilmiş olur. Yüzey altında kalan yapıların girişleri sayısal arazi modelinde boşluklar oluşturmaktadır. Arazi yüzeyi hesaplamalarının doğru olması için bu boşluklar modelin görüntüsü bozulmayacak şekilde kapatılmalıdır (Şekil 5.2). Buna karşın yakın plan görselleştirmelerde bu tür girişler açık olmalıdır.

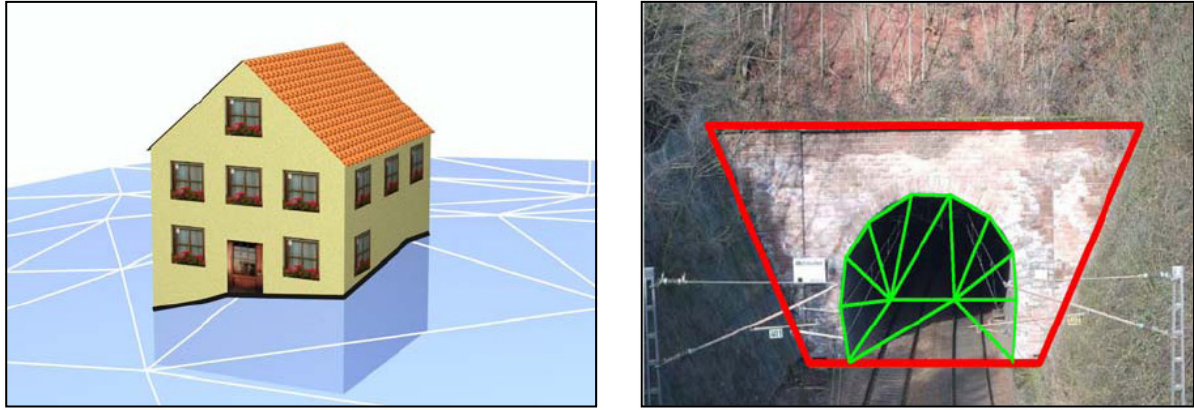


Şekil 5.2 Farklı uygulamalarda yaya alt geçitlerinin gösterimi (Kolbe vd., 2007)

5.1.3 Arazi Arakesit Eğrisi

Kent modellemede en önemli noktalardan biri de binaların arazi ile bütünleştirilmesidir. Bu konudaki en önemli sorun binaların zeminin üzerinde havada kalmaları veya zemine fazla gömülmeleridir. Bu durum bina ve arazi verileri farklı ayrıntı düzeyindeki veri tabanlarından geliyorsa veya veriler farklı üreticiler tarafından üretilmişse daha çok ortaya çıkmaktadır. Binalar zemine tam olarak oturtulması için oluşturulan bir binanın arazi arakesit eğrisi

(Terrain Intersection Curve: TIC) belirlenmelidir. Bu eğri, binan tabanının arazi yüzeyi ile olan arakesitidir ve bina sınırı boyunca kesin temas yüzeyini belirler (Gröger vd., 2006; Kolbe vd., 2007) (Şekil 5.3). Bina sınırı bir veya birden fazla kapalı alan ile gösterilebilir. Eğer binanın, bir avlusu varsa TIC iki kapalı alan ile bina sınırını oluşturur. Parsel sınırı bir kapalı alan, binanın sınırı da diğer bir kapalı alandır. Sınırlar belirlendikten sonra bina yukarı ya da aşağıya çekilerek araziye temas yüzeyi belirlenir ve arazi arakesit eğrisi oluşturulur. Böylelikle binanın arazi modeli üzerinde doğru olarak yerleştirilmesi sağlanır. Arazi ile olan arakesit, ayrıntı düzeyine bağlı olarak da değişik olabilir. Bir bina sınırı her ayrıntı düzeyinde farklı arazi arakesit eğrisiyle belirlenebilir.



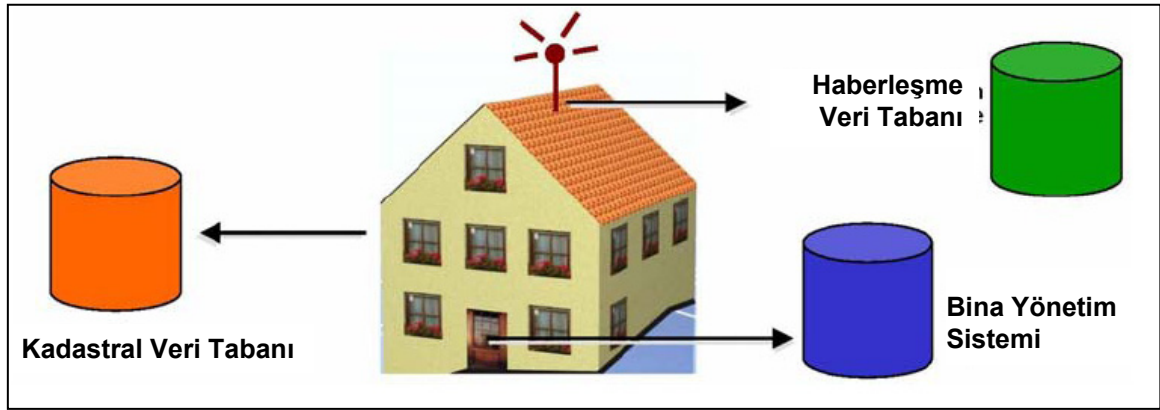
Şekil 5.3 Bir binanın ve tünelin arazi ile arakesitleri [17]

5.1.4 Öznitelikler için Kod Listeleri ve Sözlükler

Nesnelerin sınıflandırması genellikle belirli bir aralıktaki değerlerle sınırlıdır. Örnek olarak çatı tipleri verilebilir; çadır şeklinde olan çatılar, satırlı çatılar, tonoz çatılar, düz çatılar (Çelebi, 1984; Eldem, 1973). Veritabanında eğer aynı öznitelikler farklı isimler kullanılarak yazılırsa veya bazılarında yazım yanlışları olursa birlikte çalışabilirlik açısından sorunlar ortaya çıkar. CityGML’de özniteliklerin sınıflandırılması, kod listeleri ve GML sözlükleri ile gerçekleştirilmektedir. Her nesne için verilen öznitelikler kontrol edilerek belirtilen standartlarda olması sağlanır. Ayrıca öznitelik değerlerinin diğer dillere de kolaylıkla çevrilip standart oluşturulması olanaklıdır. Sözlükler ve kod listeleri genişletilebilir veya kullanıcılar tarafından tekrar tanımlanabilir. Aynı zamanda var olan modellere kaynak oluşturabilir (Gröger vd., 2006).

5.1.5 Dış Kaynaklar

3B nesneler genellikle diğer veri tabanları ya da veri setlerinden türetilirler veya bu veri tabanları ya da veri setleri ile ilişkilidirler. Örneğin; 3B bir bina 2B bir kadastral haritadan veya var olan bir mimari bina modelinden alınarak 3B kent modeline eklenebilir. Oluşturulan 3B nesne, kaynağı olan veri ile sürekli iletişim halinde olmalıdır. Çünkü kaynak veride yapılan güncelleştirmelerin modele aktarılabilmesi için bu iletişimin olması gereklidir (Haist ve Korte, 2006). Örneğin; bir kadastral bilgi sisteminde bir binanın sahibinin ismi ve adresi veya bir bina bilgi sisteminde kapılar ve antenler v.b. nesneler ile ilgili bilgiler güncel olmalıdır. Güncelliğin sağlanması için, modeldeki her bir nesnenin dış veri setlerindeki ilgili veriler ile bağlantısının kopmaması gerekmektedir. Böyle bir sistemde, nesnelerin tanımlanması dış kaynak bilgi sistemi ile gerçekleştirilebilir (Şekil 5.4). Bu sisteme düzenli kaynak tanımlayıcı (URI) denmektedir ve internetteki herhangi bir kaynaktan gelen verinin belirli standartlar çerçevesinde düzenlenmesini sağlar.

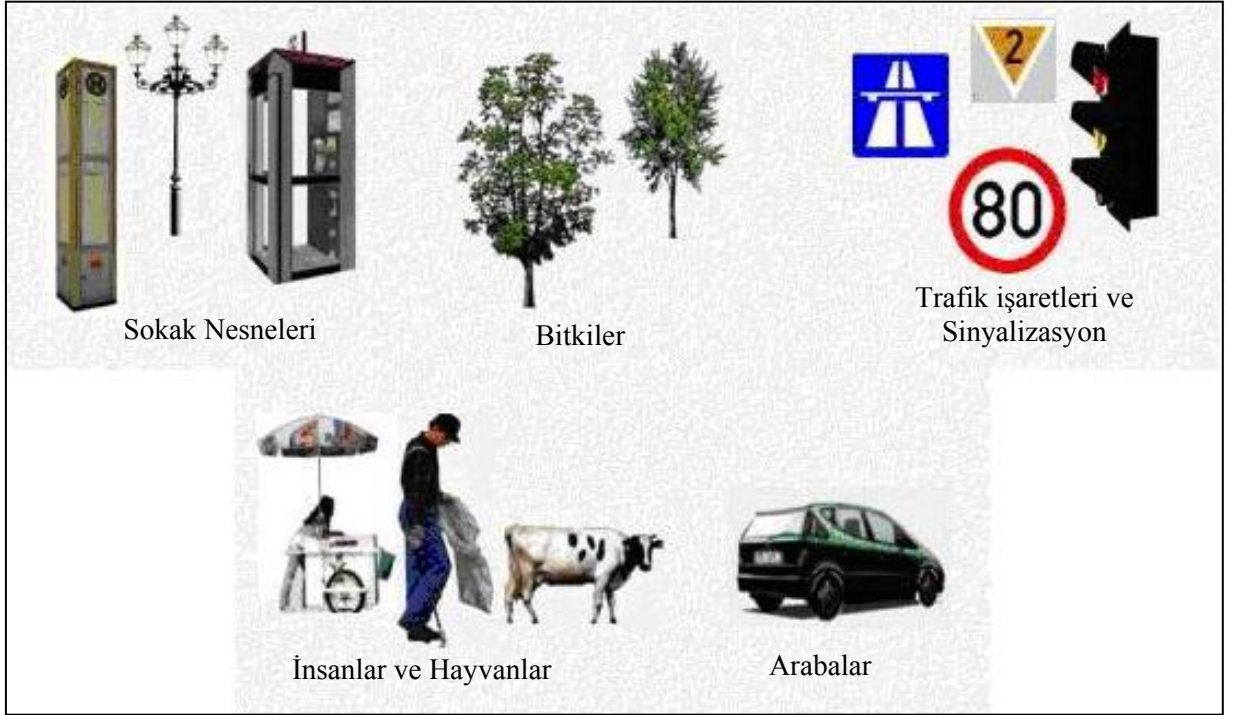


Şekil 5.4 Dış kaynaklar (Gröger vd., 2006)

5.1.6 Kentsel Nesne Grupları ve Prototip Nesneler

Gruplandırma işlemi, kullanıcı tarafından belirlenen ölçütlere göre kent nesnelerinin gruplanmasını ve modelde bu şekilde gösterilmesini sağlar. Bir nesne grubu bir veya birden fazla isim ile adlandırılmış olabilir. Örneğin; 1907 nolu binadaki 17 nolu odanın yangın çıkış güzergahı belirlenirken bu işlem kaçış güzergahı olarak adlandırılabilir. Gruplandırma işlemi yapılırken bu tip hataların yapılmamasına dikkat dilmelidir. Yüzey malzemeleri ve dokuları hakkındaki bilgiler, gerçek 3B kent modelinin gerekli bir parçasıdır. GML arazi yüzeyi ile ilgili doku ve yüzey kaplaması özelliklerini içermezken CityGML’de bu tür özellikler bulunmaktadır. Ağaçlar ve diğer bitki türleri, trafik ışıkları ve trafik işaretleri gibi benzer şekilli nesneler, prototipler olarak hazırlanarak tekrar tekrar kullanılabilir (Şekil 5.5).

Prototiplerin geometrisi yerel koordinat sistemleri ile tanımlanmıştır. Her örnek, prototipte bir referans ile gösterilir. Bu sistemlerde coğrafi koordinatlar ile çalışılır. Ölçek, dönüklük ve dönüşümler bir dönüşüm matrisi ile prototipe aktarılır.



Şekil 5.5 Prototip nesne örnekleri (Gröger vd., 2006)

6. UYGULAMA

Ülkemizde büyük kentlerde kent bilgi sistemi oluşturulmaya yönelik çalışmalar her geçen gün artarak sürmektedir ve bu çalışmalar genellikle belediyeler tarafından yapılmakta veya yaptırılmaktadır. Ayrıca bazı devlet kurumları da ilgili oldukları konularda yaptıkları bilgi sistemlerini kent modelleri ile bütünleştirmeye çalışmaktadır. 1990'lı yıllarda 2B ortamlarda yapılmakta olan CBS çalışmaları günümüzde 3B olarak devam etmektedir. 3B kent modellemeye yönelik çalışmalar da gerçekçi modeller oluşturmaya yönelik olarak gelişmektedir.

Günümüzde kent modelleme ve coğrafi bilgi sistemi oluşturmaya yönelik değişik yazılımlar bulunmaktadır. Kent modellemeye yönelik yazılımlar 3B arazi modelleme ve 3B bina modelleme konularına odaklanmışlardır ve gerçek dünyanın birçok özelliğiyle 3B olarak sanal ortamlarda gösterilmesini amaçlamaktadır. CBS yazılımları da 3B modelleme özelliklerini geliştirmektedir ve tematik bilgilerin 3B modellenmesi ve 3B modelleri sorgulayabilme özelliklerini içermeye başlamışlardır. Yazılımların çoğu hem 2B hem 3B verilerle çalışabilmektedir. Veri açısından bakıldığında ülkemizde 3B arazi verileri TIN, SYM vb. formatlarda yaygın olarak kullanılmasına rağmen 3B bina verileri çok fazla bulunmamaktadır. Son yıllarda İstanbul Büyükşehir Belediyesi Tarihi Yarımada'nın bina cephe verilerini 3B olarak toplamıştır. 2B CAD ve CBS verileri belediyeler ve devlet kurumlarınca toplanmaktadır. Ülkemizde vektör haritalar, planlar, CBS verileri, ham veya işlenmiş uydu görüntüleri, ortofotolar, fotoğraflar, grid veriler ve basılı haritalar gibi değişik amaçlar için üretilmiş veriler mevcuttur. Ülkemizde 3B sayısal arazi modelleme ve 3B kent modellemede kullanılacak verilerin ölçekleri ise genelde 1:1000, 1:5000, 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000, 1:250.000, 1:500.000, 1:1.000.000'dur. Bu ölçek aralıkları Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü ve Harita Genel Komutanlığı tarafından standart olarak belirlenmiş ve bu kurumlar tarafından üretilen haritalarda bu ölçekler kullanılmaktadır.

3B kent modellemede 3B bina modellerinin oluşturulması 3B arazi modellerinin oluşturulmasından daha zordur. Çünkü binalar, yatay düzlemde bina sınırları ve düşey düzlemde de bina yüksekliğine bağlı olarak modellenir. Bina yüzeylerinin ve çatılarının içerdiği çeşitli elemanlar (balkon, cumba, baca vb.), bina içi nesneler (odalar, iç duvarlar, merdivenler, eşyalar) ve eğimli yüzeyler (sathlı çatılar) de modellemeye katıldığında işlem zorlaşmaktadır. Bina geometrilerinin bina yüksekliği kadar yükseltilmesi ile basit olarak 3B bina modelleri oluşturulmaktadır.

Günümüzde kent bilgi sistemlerinde algılama ve iletişimin daha kolay ve hızlı olması için verilerin 3B olarak internet ortamında sunulabilir ve sorgulanabilir olmasına gereksinim duyulmaktadır. Değişik amaç ve ölçeklerde toplanmış olan mevcut verilerin aynı modelde kullanılması sorunlara neden olmaktadır. Ayrıca farklı uygulamalarda değişik ayrıntılara gereksinim vardır. İşlemlerin hızlı ve kolay olabilmesi açısından verilerin tek veri tabanında toplanıp kullanılması gereklilik haline gelmiştir. Bu nedenlerle günümüzde LoD (ayrıntı düzeyi) kavramının popülerliği ve önemi artmıştır. Ülkemizde LoD özelliklerini içeren modellemeye yönelik çalışmalar henüz bulunmamaktadır. Özellikle büyük şehirlerde çok fazla bina bulunması nedeni ile 3B kent modellemeye yönelik çalışmalarda güçlüklerle karşılaşmaktadır. Farklı ayrıntı düzeyinde 3B kent modelleme, veri yoğunluğu ve çeşitliliğinden kaynaklanan güçlüklerin giderilmesine yardımcı olmaktadır. Bu nedenle ülkemizde özellikle büyük şehirlerde yapılacak 3B kent modelleme çalışmalarının farklı ayrıntı düzeyine yönelik olmasında yarar vardır. Bu tezde LoD özelliklerinde 3B kent modellerinin oluşturulması, mevcut verilerin farklı ayrıntı düzeylerinde 3B kent modeli oluşturulmasındaki yeterliliği, eksik yanları, blok bina modellerinin gerekliliği, 3B kent modellemeye yönelik CBS çalışmalarında veri toplama, işleme ve görselleştirme açısından yapılması gerekenler incelenmiştir.

6.1 Uygulamada Kullanılan Yazılımlar

Yazılım araştırmasında farklı ayrıntı düzeyinde 3B kent modellemeye olanak sağlayan yazılımlar incelenmiştir. Bu incelemede büyüklük olarak daha geniş bölgelerde çalışmaya olanak sağlama, daha fazla veri türünü kullanabilme, 3B bina modellerini düzenleyebilme ve CBS özelliklerini içermesi gibi özellikler aranmış ve LandXplorer Studio Professional yazılımının uygulama için en uygun yazılım olduğuna karar verilmiştir. Ayrıca 2B verilerin düzenlenmesinde MapInfo Professional ve ArcGIS yazılımları, 3B modellerin düzenlenmesinde de 3D Studio MAX ve Google SketchUp yazılımları kullanılmıştır.

LandXplorer Studio Professional büyük ölçekli sanal 3B kent modellerinin oluşturulması, yönetilmesi, 3B bina modellerin kat düzeyinde düzenlenmesi, semantik bilgilerin modelde görsel hale getirilmesi ve düzenlenebilmesi gibi özellikleri olan bir yazılımdır. Hasso-Plattner Enstitüsü tarafından 3B coğrafi görselleştirme işlemleri ve sistemleri için geliştirilmiştir. Aynı zamanda bu uygulamalar için ortak bir platform oluşturmayı da hedeflemektedir (Şekil 6.1). Yazılımın satıcısı, Almanya'da bulunan 3DGeo şirkettir [18]. 2008 yılı sonlarına doğru bu şirket Autodesk firması bünyesine katılmıştır ve yazılım adı da Autodesk LandXplorer Studio

olarak değişmiştir. Yazılımın değişik versiyonları vardır. LandXplorer Studio Professional olan versiyonu en kapsamlı olanıdır.

LandXplorer Studio Professional 3B arazi modellerini, 3B bina modellerini, 3B cadde ve sokak modellerini, 3B bitki örtüsü modellerini desteklemektedir. Sistem özelliklerinden biri de 2B CBS verilerini (geometrik ve semantik) kullanarak otomatik olarak 3B modeller oluşturabilmesidir.

Sanal 3B kent modeli bileşenlerinin düzenlenmesi, farklı verilerin modele aktarımı, modelin kolay ve hızlı kullanımı gibi özellikler LandXplorer Studio Professional'ın önemli özelliklerindendir. Ayrıca mevcut 3B kent modellerine dışarıdan 3B model ekleme özelliğine ve modelin değişik ortamlarda kullanılması için dönüşüm olanaklarına sahiptir.



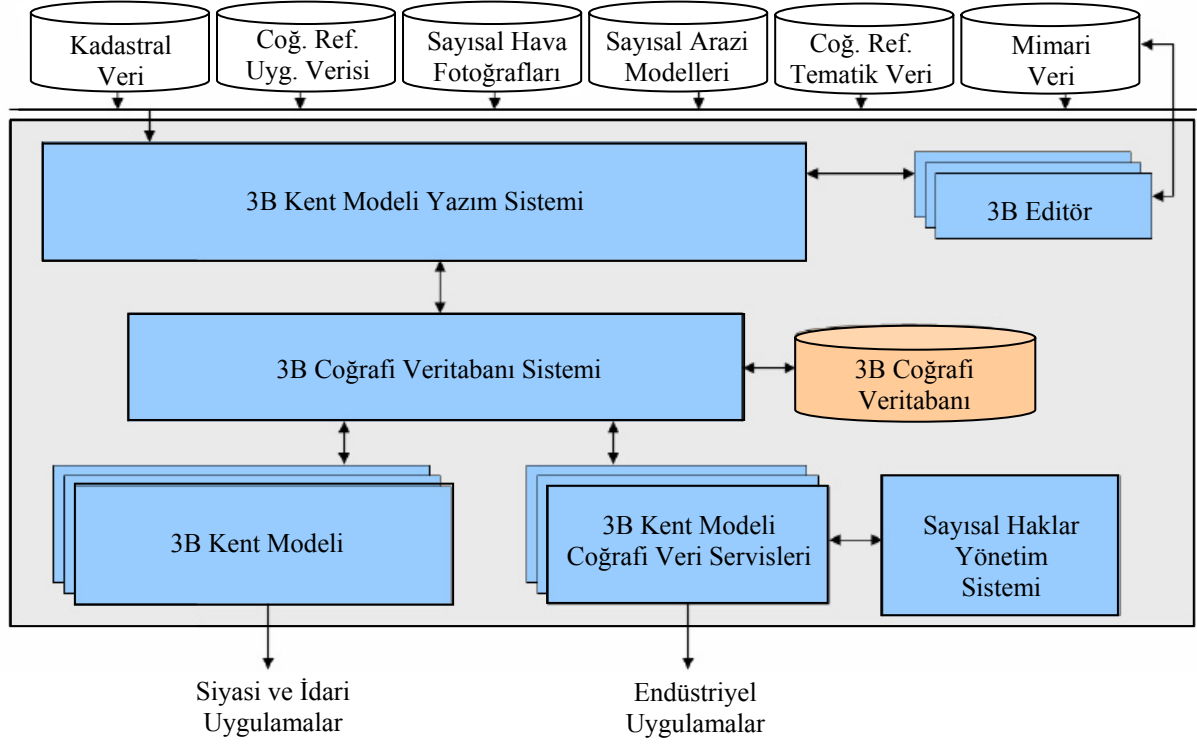
Şekil 6.1 LandXplorer Studio Professional yazılımı ile hazırlanmış 3B kent modeli [18]

LandXplorer sistemi yalnız 3B grafik bir sistem değil aynı zamanda 2B ve 3B mekansal verilerin birleştirilmesini de sağlayan bir ortamdır. Sistemin temel amaçlarından biri de 3B mekansal bilgilerin ve bileşenlerinin, merkezi 3B mekansal veri tabanında yönetsel bir iş akışı ile yönetilmesini sağlamaktır. Gerekliğinde coğrafi referanslı tematik veriler ile sanal 3B kent modelinin hızlı bir şekilde bütünleşmesini de sağlar.

6.1.1 LandXplorer Sistem Bileşenleri

LandXplorer sisteminin tüm mimarisi şekil 6.2’de gösterilmiştir. Sistem bileşenleri şu başlıklar altında toplanabilir (Döllner vd., 2006b):

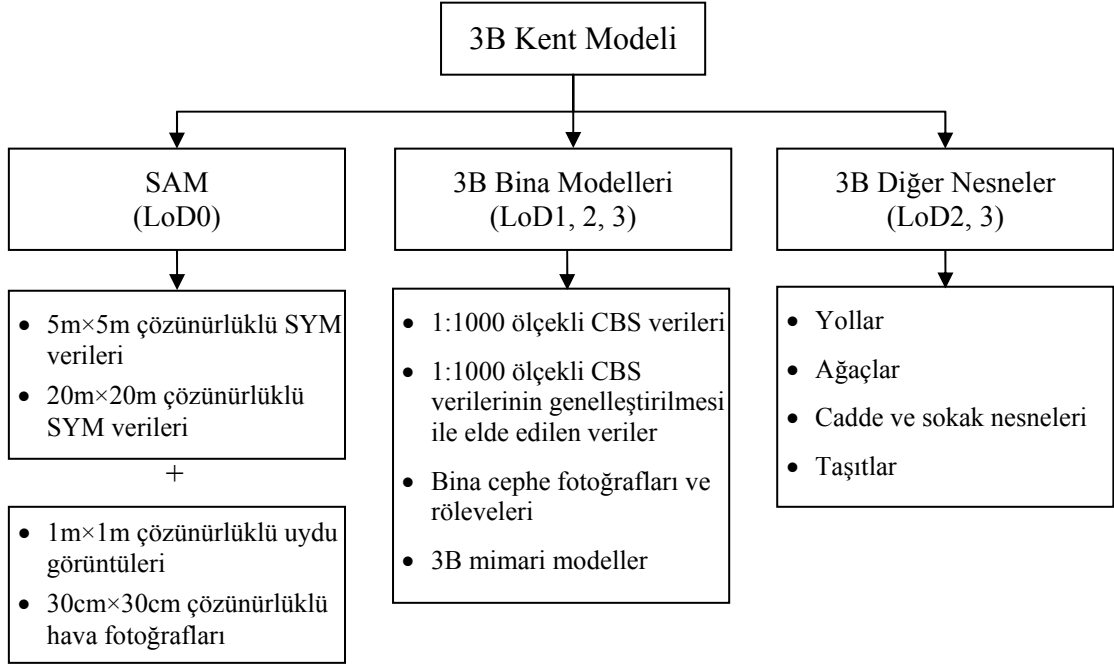
- **3B yazım sistemi (3D Authoring System):** 3B kent modelinin ve bileşenlerinin oluşturulması, düzenlenmesi ve yorumlanması işlemlerini gerçekleştirir. Bu işlemler veri alma, veri verme, gruplandırma ve binalara bilgi ekleme gibi işlemlerdir. Teknik olarak bu özellik 3B veri tabanına etkileşimli olarak erişim olanağı sağlamaktadır.
- **3B Coğrafi Veri Tabanı Sistemi (3D Geo-Database System):** 3B kent modeli depolama ve veri tabanı yönetimi CityGML özelliklerine sahiptir. Ayrıca tematik özelliklerin düzenlenmesi ve birleştirilmesini de desteklemektedir. 3B coğrafi veri tabanı sistemin amacı kent nesnelerinin coğrafi referanslı geometrik nesneler olarak gösterimini, analizini ve sorgulanmasını sağlamaktır. Kent nesneleri, binalar, cadde ve sokaklar, şehirlerarası yollar, su ağları, bitki örtüsü ve bitkiler olarak sınıflandırılmaktadır. Bu sistem bağımsız bir alt sistemdir ve görselleştirme işlemini kapsamamaktadır.
- **3B Düzenleyici Sistem (3D Editor System):** Bu sistemin özelliği ise bina modelleri ve 3B topografik modeller gibi özel 3B nesnelerin oluşturulması ve düzenlenmesi işlemlerini gerçekleştirmektir. Yapılan uygulamalarda mimari modelleme amacı ile kullanılmaktadır. Bu sisteme 3B sayısal ortamda ayrıntılı mimari uygulamalar için ArchiCAD editör, genel 3B modeller için de 3D Studio MAX yazılımları destek sağlar.
- **3B Sunum Sistemi (3D Presentation System):** Gösterim sistemi 3B kent modeli ile eş zamanlı olarak görselleştirme ve etkileşim olanağı sağlar ve 3B yazım sisteminin tersine değişik ortamları (internet, DVD vb.) ve değişik kullanıcı gruplarını (genel kullanıcılar, uzmanlar vb.) hedef almaktadır.
- **Mekansal Sayısal Haklar Yönetim Sistemi (Geospatial Digital Rights Management System):** Sanal kent modelinin sayısal içeriğinin güvenliğini ve kontrolünü sağlar. Bir sanal kent modeli teknik olarak tek bir veri akışı ile kodlandırılıp sıkıştırıldıktan sonra dış sistemlere internet ve DVD gibi ortamlar aracılığı ile yayımlanmaktadır. Sistem ayrıca uyarlanabilir görsel işaretler gibi bazı görselleştirme yöntemlerini ve kent modelinin kullanıcı ile etkileşimini sağlar. Ayrıca ilgili sayısal haklar yönetim sistemi tarafından getirilen kısıtlamaları içermektedir.



Şekil 6.2 LandXplorer sisteminin mimari yapısı ve temel bileşenleri [18]

6.2 Uygulamada Kullanılan Veriler

Uygulamada kullanılan arazi verilerinin tamamı ve binalar ile ilgili verilerin büyük bir kısmı İstanbul Büyükşehir Belediyesi CBS Dairesi'nden elde edilmiştir. Beyoğlu Meşrutiyet Caddesi'ne ait binaların cephe fotoğrafları ve röleveleri de Beyoğlu Belediyesi'nden sağlanmıştır. SAM oluşturmak için 20m×20m ve 5m×5m çözünürlüklü raster SYM verileri, 1m×1m çözünürlüklü uydu görüntüleri ve 30cm×30cm çözünürlüklü hava fotoğrafları kullanılmıştır. Bina modellerinin oluşturulmasında 1:1000 ölçekli CBS verileri, bina cephe fotoğrafları ve röleveleri kullanılmıştır. Çözünürlüğü düşük ayrıntı düzeylerinde bina verileri her ayrıntı düzeyi için basitleştirme, eleme ve birleştirme işlemleri ile genelleştirildikten sonra kullanılmıştır. Mimari özellikli yapılar ve 3B nesneler (ağaçlar, sokak lambaları, duvarlar, arabalar vb.) Google SketchUp ve 3D Studio MAX yazılımlarında oluşturulmuş ya da Google SketchUp yazılımının internet sitesinden [19] sağlanmıştır. Uygulamada kullanılan veriler ve hangi aşamada kullanıldıkları Şekil 6.3'de gösterilmiştir.



Şekil 6.3 Uygulamada kullanılan veriler

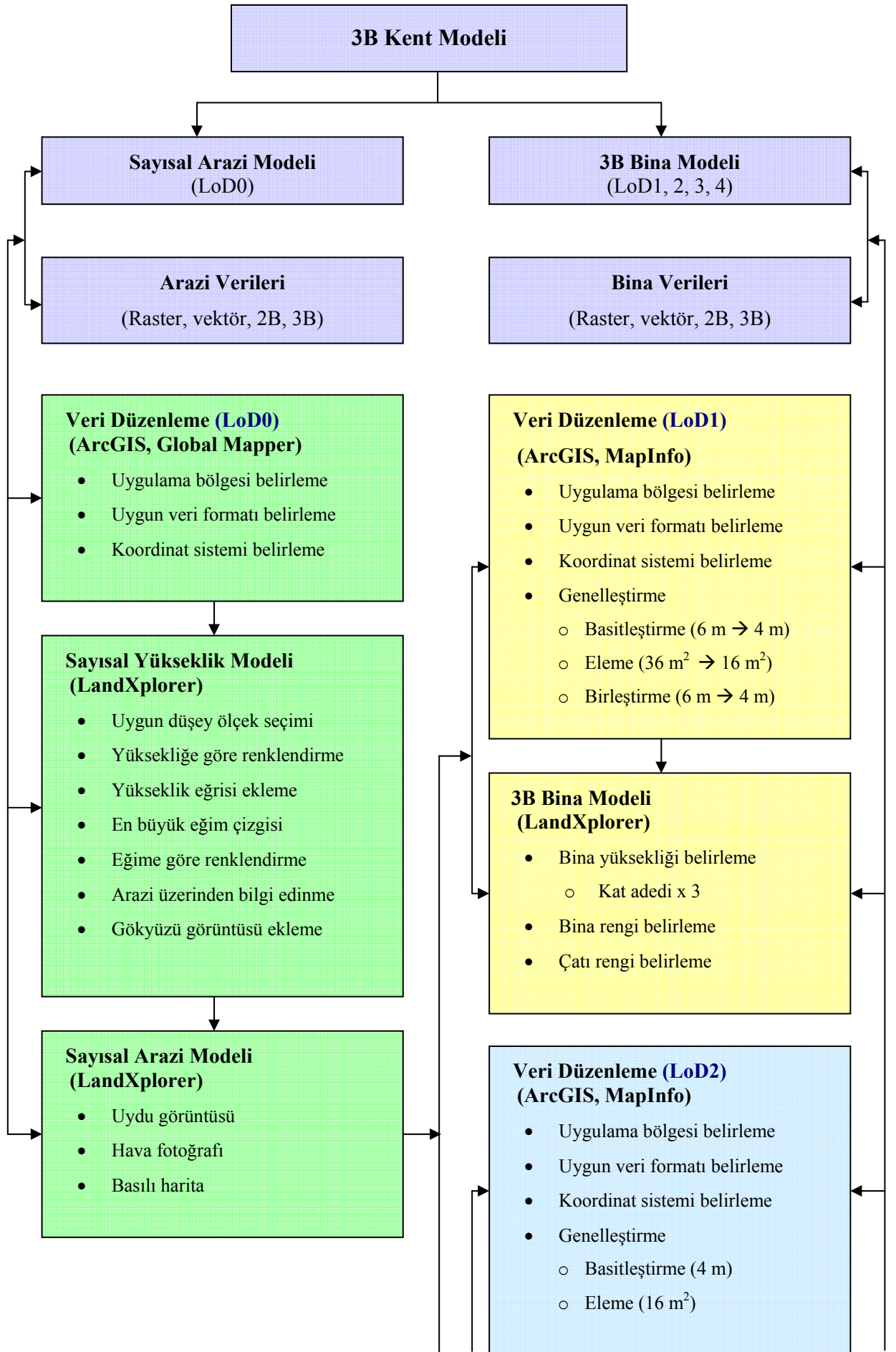
6.3 Uygulama Aşamaları

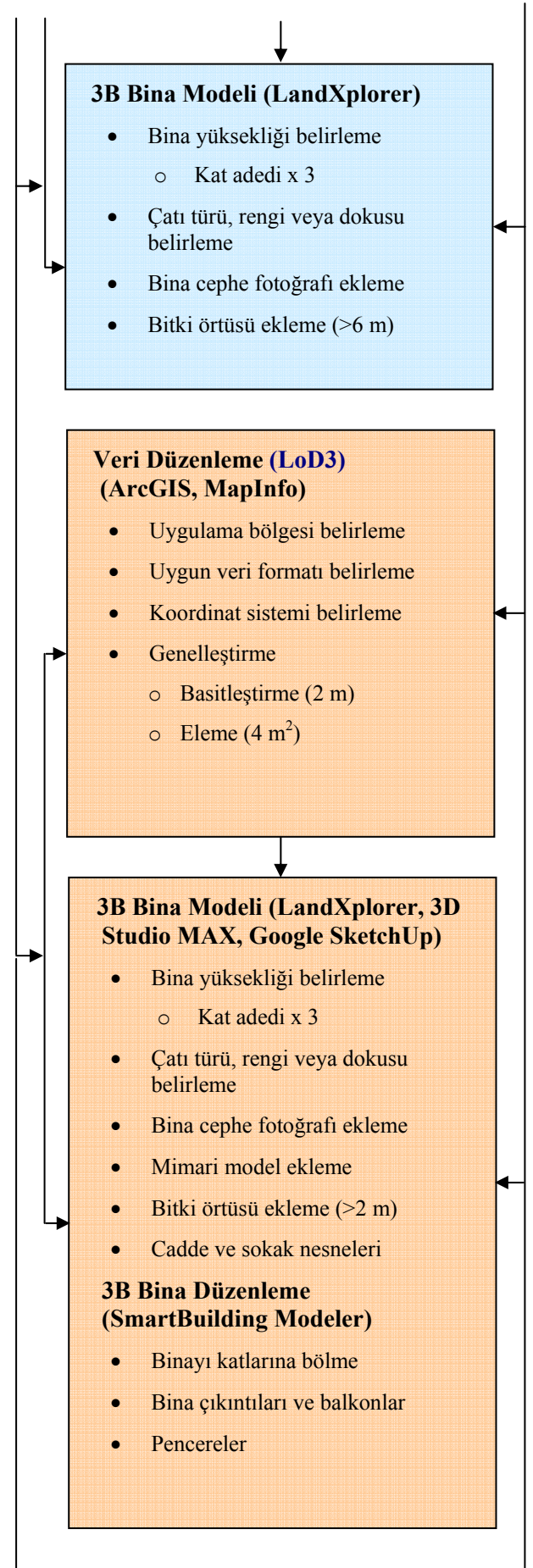
Tezin uygulamasında CBS özelliklerini de içeren farklı ayrıntı düzeylerinde 3B kent modeli oluşturulacaktır. Ayrıntı düzeylerinin 3B kent modellemeye katkısının daha iyi anlaşılması için büyük alan kaplayan ve karmaşık yapılı veriler ile çalışılması daha yararlıdır. Bu nedenle merkezi bir konuma sahip olan ve çok sayıda tarihi ve turistik yapının bulunduğu Beyoğlu ve Sultanahmet bölgelerini içeren bir alan uygulamla bölgesi olarak seçilmiştir. Veriler ile öncelikle SAM oluşturulmuş ve LoD0 ayrıntı düzeyine ulaşılmıştır. Daha sonra farklı ayrıntı düzeylerinde bina verileri 3B sayısal arazi modeline eklenerek sırasıyla LoD1, LoD2 ve LoD3 ayrıntı düzeyleri elde edilmiştir. LoD4 ayrıntı düzeyi bina içi nesneleri içerdiği için bu düzey incelenmemiştir. Yapılan işlemler Şekil 6.4'te özet olarak görülmektedir.

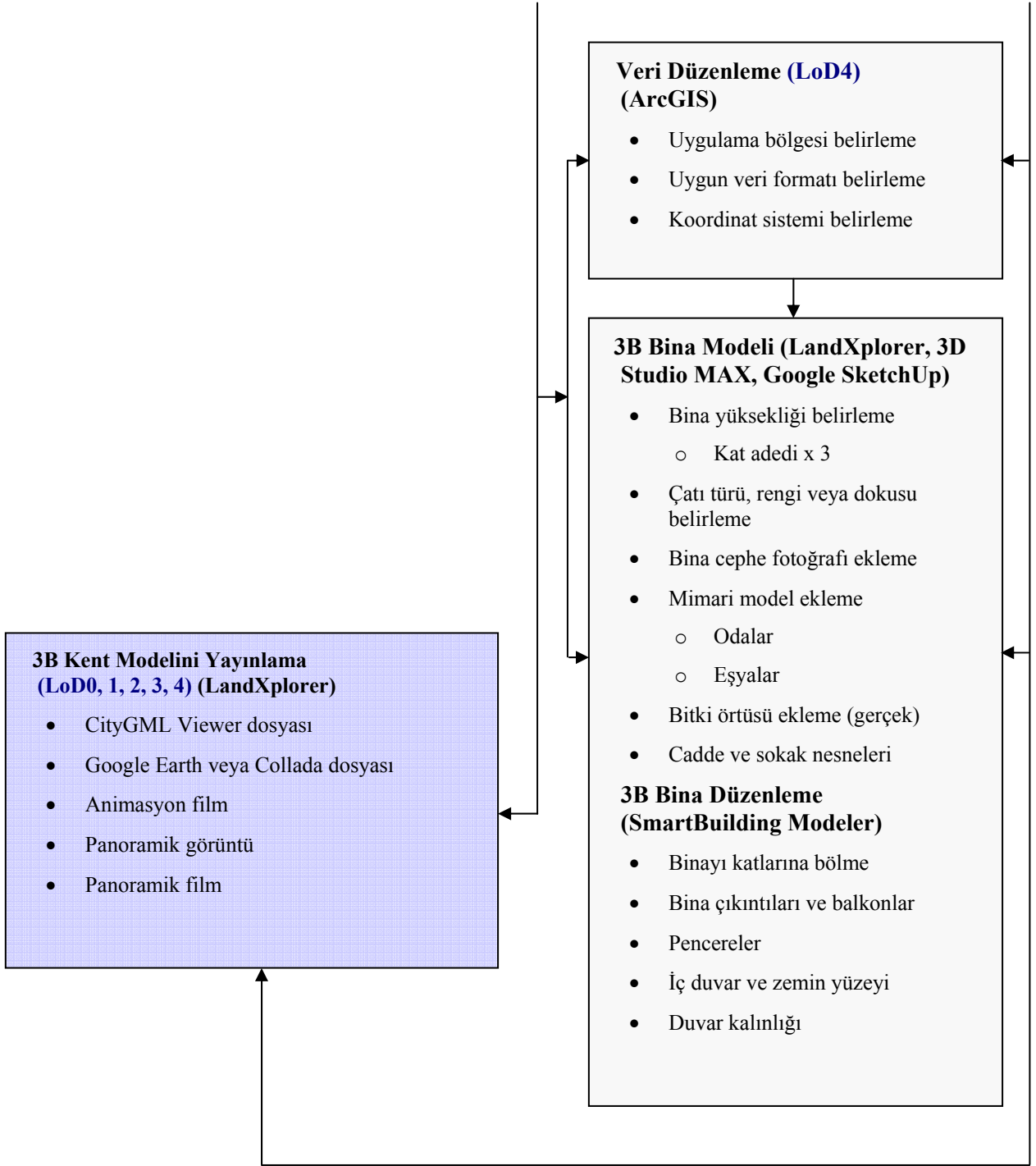
LoD1'de binaların tek tek modellenmesi ve belirli eşik değerlere göre basitleştirildikten sonra birleştirilip blok olarak modellenmesi gibi iki farklı yaklaşım vardır. Bazı araştırmacılar blok bina gösterimine önem vermemişlerdir, bazıları ise gerekliliğini vurgulamışlardır (Bkz. Bölüm 3.2.2.1). Bu tezde yapılan çalışmada, blok bina modellerinin bilgisayar performansı açısından yararlı olduğu, görsellik açısından da herhangi olumsuz sonucunun olmadığı görülmüştür. Blok bina modelleri ile diğer yöntemle yapılan modellemeden yaklaşık beş kat daha büyük bölgenin aynı hız ve özellikler ile modellenbildiği görülmüştür. Bu konu Bölüm

6.5.1’de ayrıntılı olarak anlatılmaktadır. Blok bina gösterimini gerekli gören araştırmacılar kullanılan veri türlerine bağlı kesin ölçütler belirlememişlerdir. Bu tezde bu konuya ilişkin bazı önerilerde bulunulmuştur. LoD1 için Gröger vd. (2006) tarafından önerilen genelleştirme ölçütlerinin çalışma bölgesine uygunluğu araştırılmış ve ölçütlerin uygulama bölgesine uygun olmadığı anlaşılmıştır. Bu konu da Bölüm 6.5.1.1’de ayrıntılı olarak anlatılmaktadır.

Binalar için kullanılan veriler 1:1000 ölçeğindedir. Her ayrıntı düzeyinde belirli çözünürlük veya ölçekte veriler kullanılabilmektedir. Bu uygulamada farklı ayrıntı düzeylerinde 3B kent modeli oluşturulacağı için yüksek çözünürlüklü raster veriler ve büyük ölçekli vektör verilerden yola çıkılmıştır. 1:1000 ölçekli vektör veriler en ayrıntılı düzey olan LoD4 için yeterli hassasiyettedir. Daha düşük ayrıntı düzeyleri için bu veriler genelleştirilerek kullanılmıştır. 3B sayısal arazi modeli için 20m×20m ve 5m×5m çözünürlüklü raster SYM verilerinin kullanımı denenmiş ve 20m×20m çözünürlüklü verinin yetersiz kalması nedeniyle 5m×5m çözünürlüklü olan verinin kullanılmasına karar verilmiştir. 5m×5m çözünürlüklü raster SYM verisinde bazı yerlerde ani çukur ve yükseklikler şeklinde bozukluk olduğu görülmüş ve veri düzenlenmiştir. 3B sayısal arazi modelinin kaplanması 1m×1m çözünürlüklü uydu görüntüsü kullanılmış LoD2 ve daha üst ayrıntı düzeylerinde çözünürlüğün yetersiz kalması nedeniyle bu düzeyler için 30cm×30cm çözünürlüklü hava fotoğrafı kullanılmıştır.







Şekil 6.4 Uygulama aşamaları

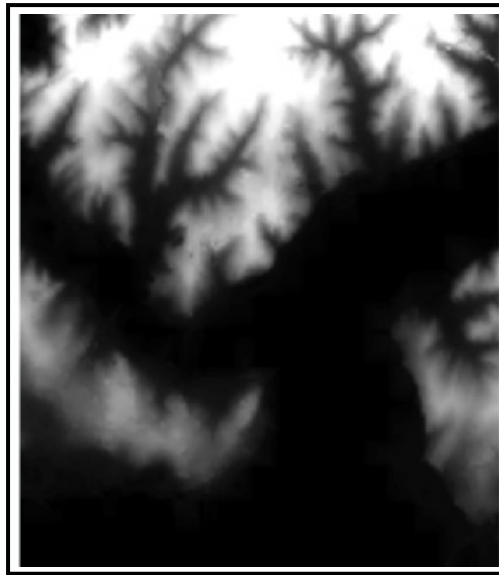
6.4 3B SAM'ın Oluşturulması

Bölüm 3.1'de sayısal arazi modelleri (SAM) ve sayısal yükseklik modellerinden (SYM) bahsedilmişti. Uygulamada öncelikle SYM oluşturulmuş ve daha sonra uygulama alanına ait arazi bilgileri SYM'ye aktararak SAM elde edilmiştir. 3B SAM'ın oluşturulması ile LoD0 ayrıntı düzeyinde 3B kent modeline ulaşılmıştır.

6.4.1 3B SYM'nin Oluşturulması

Uygulama bölgesinde 3B SYM (rölyef model) oluşturulması için 20m×20m ve 5m×5m çözünürlüklü raster SYM verileri kullanılmış ve bunlardan düşük çözünürlüklü SYM'nin özellikle detaylı bina modellerinin ve yol tabakasının 3B kent modeline eklenmesi sırasında yetersiz kaldığı görülmüştür. Bu sorunlara tezin 3.5.5 başlıklı bölümünde değinilecektir. Kullanılan veriler geniş bir alanı kapladığı için Beyoğlu ve Eminönü bölgesini içerecek şekilde kesilerek küçültülmüştür (Şekil 6.5). SYM'de kullanılan verilere ait bilgiler Şekil 6.6'da görülmektedir. Yazılımın SYM oluştururken kullanabildiği dosya biçimleri Ek 1'de verilmiştir. Ayrıca SYM için kullanılan verilerin 1-bant raster veri olması ya da gri tonlu olması gerekmektedir.

Daha sonraki aşamalarda kullanılacak olan, uydu görüntüsü, hava fotoğrafı veya vektör verilerin SYM ile bütünleştirilebilmesi için hepsinin aynı projeksiyonda olması gerekmektedir. SYM için Gauss-Krüger projeksiyonunda dilim orta meridyeni 30° olan 3°'lik dilim ve European Datum 1950 (ED50) kullanılmıştır. Diğer verilerin koordinat sistemleri kontrol edilmiş ve farklı sistemde olanlar dönüştürülmüştür.

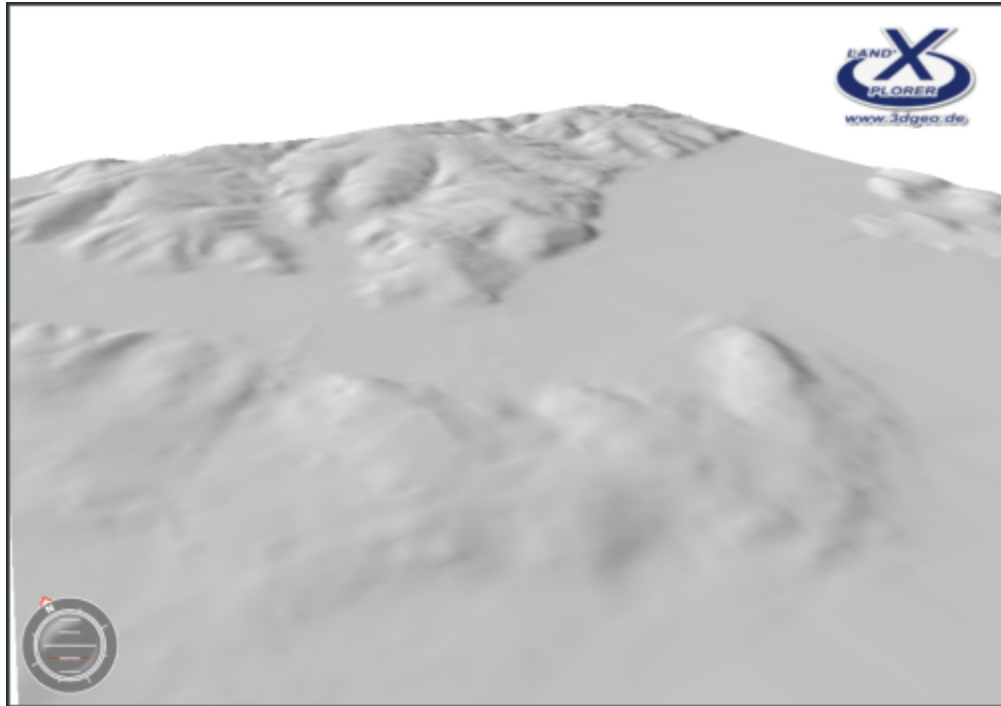


Şekil 6.5 Uygulama bölgesine ait raster SYM verisi

Terrain model		Summary	
Specify the filename of the digital terrain model to be loaded. You can use 1-band raster data sets or gray scale images as well. For tiled terrain import, all tiles has to be georeferenced in the same way.			
Operation ☐ Load LandXplorer terrain ☒ Import (tiled) terrain file(s)	Tiled Terrain Files Terrains C:/xp/veri/ytul/ist_grid_yeni/ist_gri Add Remove Remove All	CELL STATISTICS: Cells X: 1299 Cells Y: 1499	
Options ☐ Load default sky as background ☐ Create LandXplorer terrain	LandXplorer Terrain File Change	GEOREFERENCING: Min X: 411502.5000000000000000 Max X: 417992.5000000000000000 Min Y: 4540497.5000000000000000 Max Y: 4547987.5000000000000000 Cell size X: 5.0000000000000000 Cell size Y: 5.0000000000000000 Extent X: 6495.0000000000000000 Extent Y: 7495.0000000000000000	

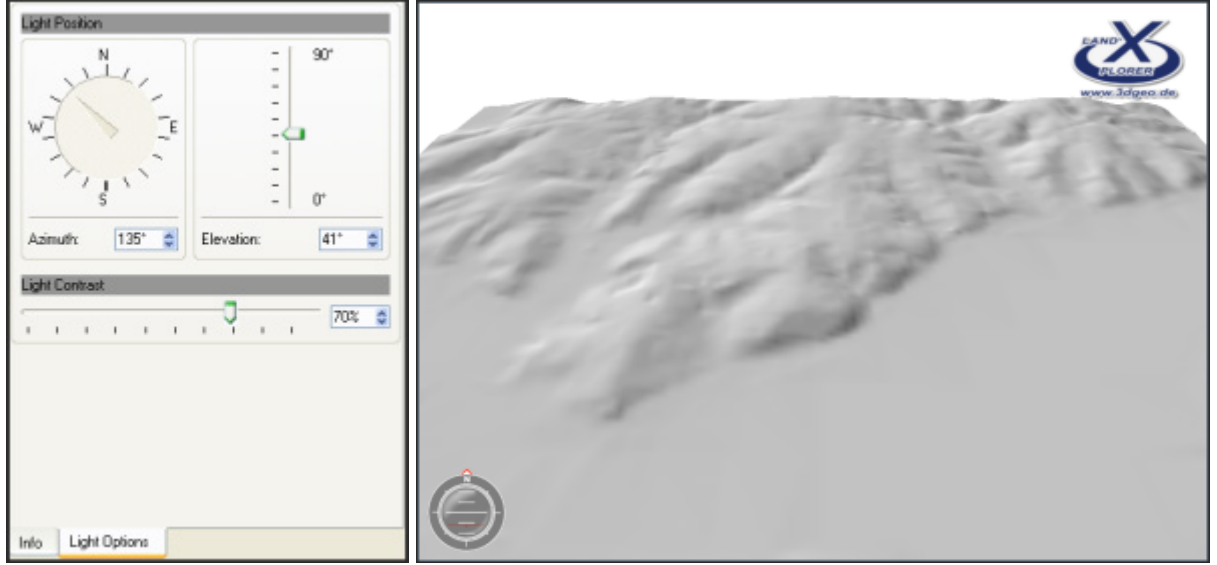
Şekil 6.6 Arazi verilerinin yazılıma yüklenmesi

Şekil 6.7’de gölgelendirilmiş rölyef görülmektedir. Derinliklerin daha iyi algılanması için gölgelendirme yöntemi kullanılmaktadır. SYM’de gölgelendirme işlemi, tek bir noktaya yerleştirilen ışık kaynağı ile gerçekleştirmektedir. Bunun nedeni birden çok ışık kaynağı ile farklı noktalardan aydınlatma yapmanın modelin fazla aydınlanması ve gölgede kalan kısımların azalmasıdır. Bu da derinliklerin algılanmasını zorlaştırır. Sokak veya cadde bazında yapılan mimari uygulamalar da ise birden çok ışık kaynağı kullanılabilir. Çünkü bu tür uygulamalarda küçük alanlarda çalışıldığı için rölyef (engebe) çok belirgin değildir.

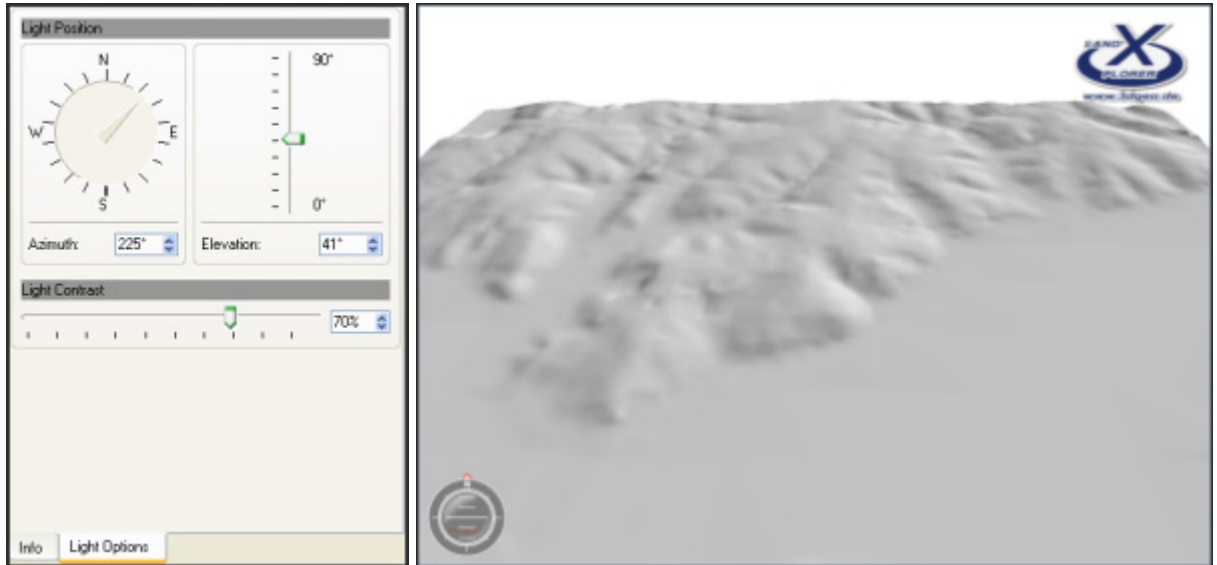


Şekil 6.7 Uygulama bölgesine ait gölgelendirilmiş rölyef

Aydınlanma işlemi geleneksel olarak kuzeybatıdan yapılır. Kartografik olarak gerçekçi bir görselleştirme için uygulama bölgesinin farklı yükseklikteki ışık kaynakları ile aydınlatılabilmesi gerekmektedir. Bu nedenle SYM farklı yüksekliklerde ışık kaynakları kullanılarak aydınlatılmıştır. Işık kaynağının farklı konumlarına göre sayısal yükseklik modelinin aydınlanma durumları Şekil 6.8 ve Şekil 6.9’da gösterilmektedir.

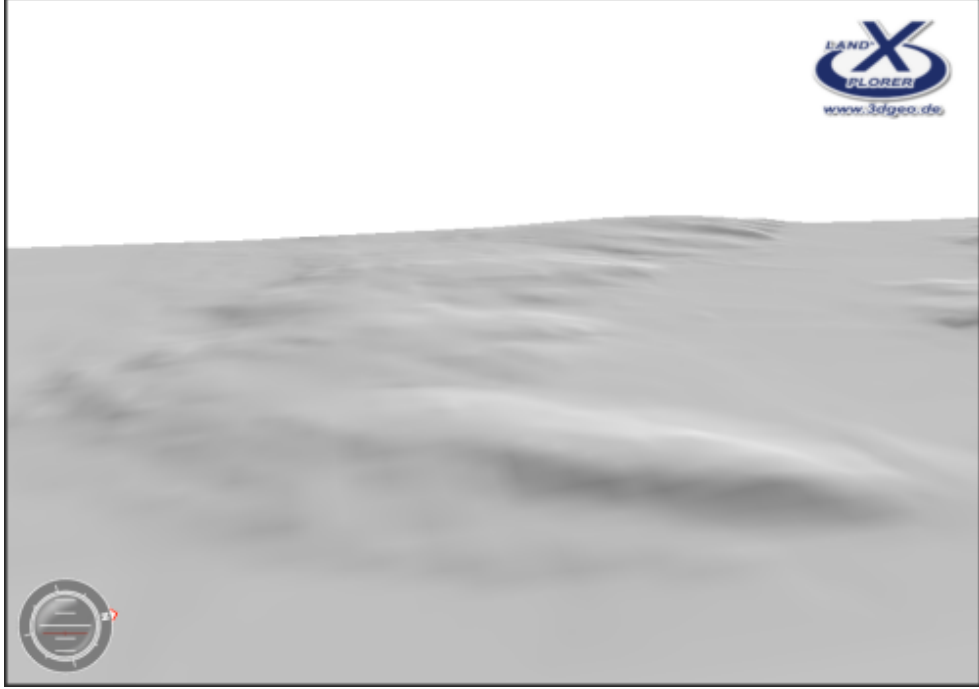


Şekil 6.8 SYM’nin kuzeybatıdan aydınlatılması

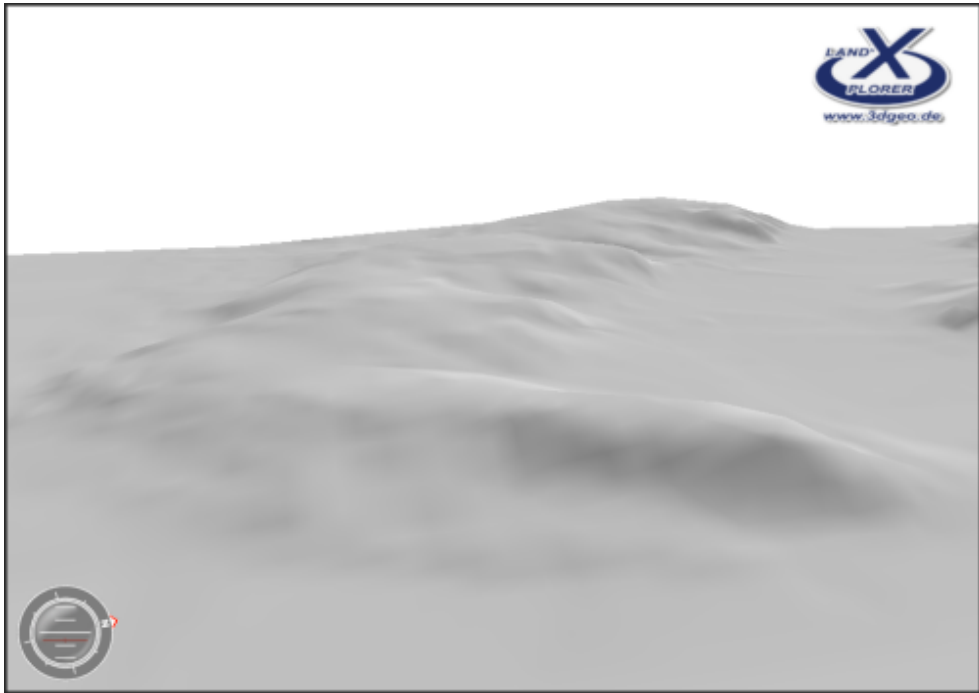


Şekil 6.9 SYM’nin kuzeydoğudan aydınlatılması

Uygulama alanı eğimli bir bölge olduğu için SYM üzerinde derinlikler düşey ölçek 1 olduğunda algılanabilmektedir. Ancak az eğimli SYM’lerde derinliklerin daha iyi algılanabilmesi için düşey ölçeğin artırılması gerekebilir. Düşey ölçeğin algılamaya olan etkisi iki farklı düşey ölçekteki SYM görüntüsü ile gösterilmiştir (Şekil 6.10 ve Şekil 6.11).



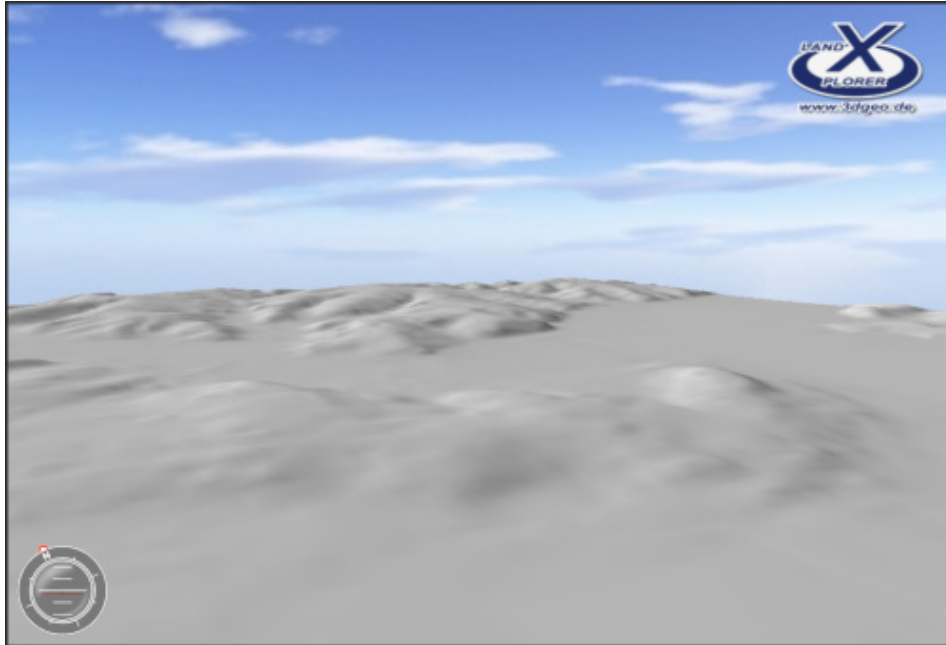
Şekil 6.10 Düşey ölçek 1:1 olduğunda SYM



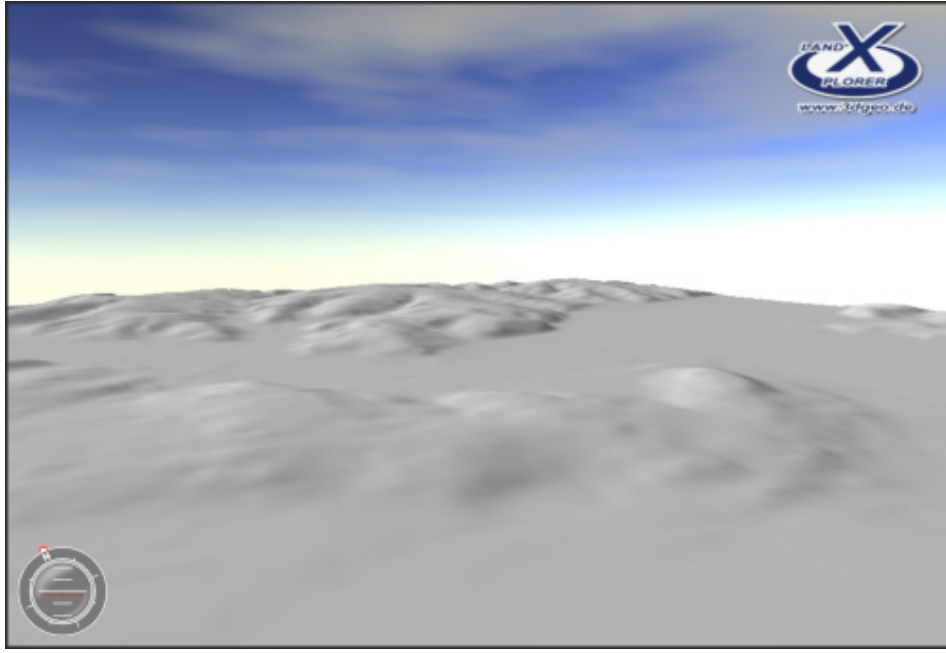
Şekil 6.11 Düşey ölçek 3:1 olduğunda SYM

3B coğrafi modellerde gerçekçi gösterimlerin elde edilmesi için gökyüzü görüntüsü kullanılmaktadır. Eski yazılımlarda bu işlem oluşturulan modelin etrafına yerleştirilen düşey yüzeylere gökyüzü fotoğraflarının eklenmesi ile yapılmaktaydı. Günümüzde ise birçok yazılım bu işlemi otomatik olarak yapmaktadır. Ancak bulut hareketlerinin ve günün değişik zaman aralıklarına göre aydınlanmanın gösterimi önemlidir. Daha gerçekçi gösterimler için gökyüzü görüntüsünün gerçeğe en yakın şekilde gösterilmesi gerekmektedir. Uygulamada kullanılan yazılımın gökyüzü görüntüsü ile ilgili sağladığı olanaklar Ek 2’de verilmiştir.

Bu uygulamada hareketli ve durağan gökyüzü görüntüleri kullanılmıştır. Model üzerinde çalışırken ve 3B kent modelinden anlık görüntüler alınırken durağan gökyüzü kullanılmıştır. Çünkü özellikle SYM üzerinde çalışılırken hareketli gökyüzü görüntüsü kullanıldığında bilgisayarın çalışma hızının düştüğü gözlenmiştir. Durağan gökyüzü kullanıldığında bilgisayarın işlemci kullanım oranı %10, RAM kullanım oranı %18 ve işlemci sıcaklığı 51°C iken hareketli gökyüzü kullanıldığında işlemci kullanım oranı %45’e, RAM kullanım oranı %43’e çıkmış ve 1 dakika sonunda işlemci sıcaklığının da 68°C’ye yükselmiştir. Bu değerler Çizelge 6.1’de gösterilmiştir. Oluşturulan 3B kent modelinden animasyon gibi hareketlilik içeren görüntüler alınırken ise bulut hareketlerinin gösterilmesi daha gerçekçi gösterim sağlamaktadır. Şekil 6.12’de durağan gökyüzü, Şekil 6.13’de hareketli gökyüzü görüntüsü eklenmiş SYM görülmektedir.



Şekil 6.12 Durağan gökyüzü görüntüsünü



Şekil 6.13 Hareketli gökyüzü görüntüsü

Çizelge 6.1 Durağan ve hareketli gökyüzünün bilgisayar performansına etkisi

	İşlemci kullanımı %	RAM kullanımı %	İşlemci Sıcaklığı °C
Durağan Gökyüzü Görüntüsü	10	18	51
Hareketli Gökyüzü Görüntüsü	45	43	68

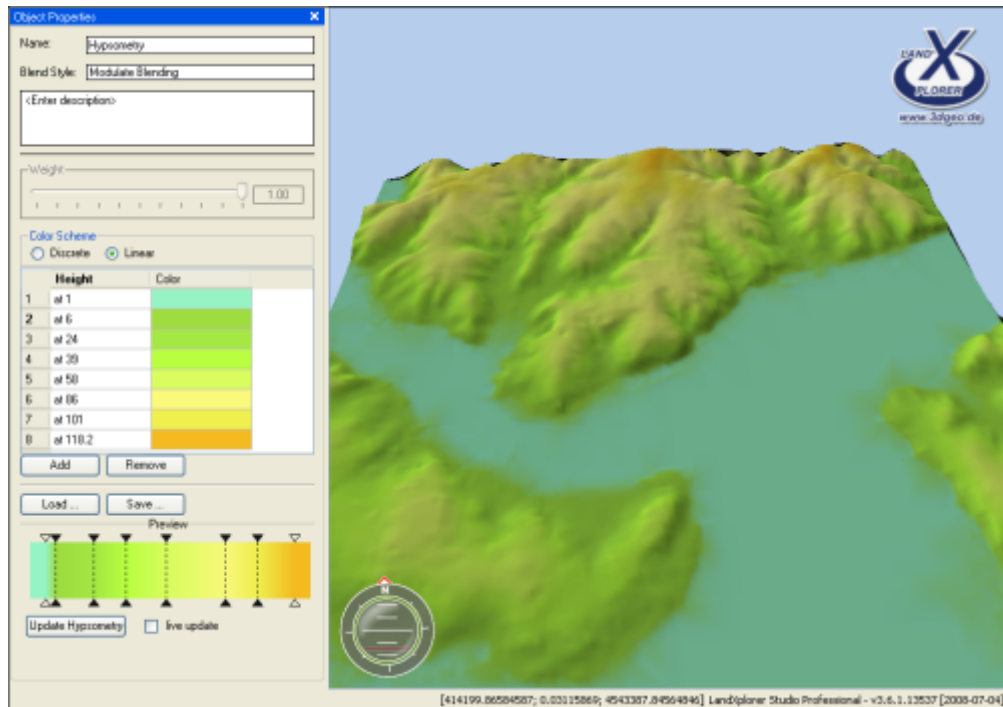
6.4.2 3B SYM’de Görselleştirme ve Bilgi Edinme

Mekansal uygulamalarda SYM’den bilgi edinme gereksinimi duyulabilmektedir. SYM’nin yükseklik basamaklarına göre hipsometrik görselleştirilmesi, yükseklik üzerindeki eğim bilgileri gibi morfolojik özelliklerin belirlenmesi ve görselleştirilmesi gibi işlemler yapılmalıdır. Uygulamanın bu aşamasında oluşturulan SYM’nin aşağıda belirtilen görselleştirme ve bilgi edinme işlemleri incelenmiş ve sonuçları değerlendirilmiştir:

- Yüksekliklere göre SYM’nin renklendirilmesi (rölyef + hipsometrik model) ve yükseklik eğrilerinin türetilmesi,
- Eğimlerin renk tonları ve eğim taramaları ile SYM üzerinde gösterimi,
- SYM’den yükseklik ve uzaklık bilgisi edinme.

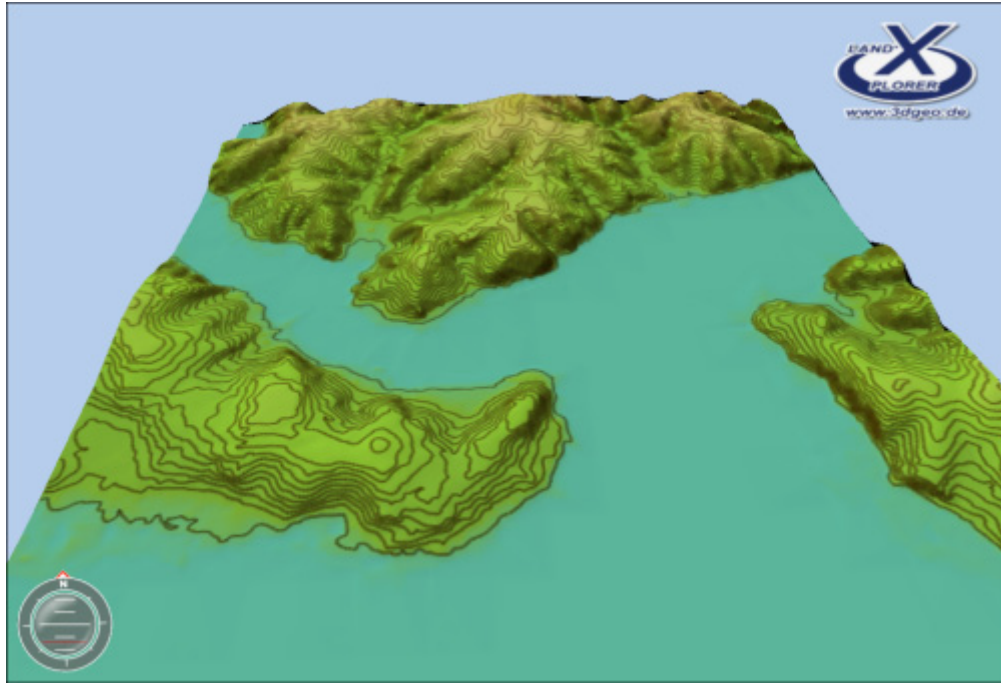
6.4.2.1 Yükseklik Bilgilerinin Görselleştirilmesi

SYM'nin yükseklik değerlerine göre renklendirilmesi görselliği arttıran ve algılamayı kolaylaştıran bir işlemdir. Geçmişte ve günümüzde 2B haritalarda arazi yüksekliklerin renklerle harita üzerinde gösterilmesi ve yükseklik eğrilerinin de haritaya eklenmesi ile haritalar zenginleştirilmektedir. Daha sonra buna gölgelendirme yönteminin eklenmesi ile 2B haritalarda 3B hissin oluşturulması sağlanmıştır. 3B kabartma haritalarda da yüksekliklerin renklerle gösterimi kullanılmakta olan bir yöntemdir. Günümüzde SYM'de görselleştirme renkleri, yükseklik eğrileri ve gölgelendirmenin bütünleştirilmesi ile yapılmaktadır. Tezde yapılan uygulamada da SYM yüksekliklerine göre renklendirilmiş sonra da yükseklik eğrileri ile zenginleştirilmiştir. Uygulama bölgesinde deniz olduğu için renklendirmede su alanlarının gösteriminde mavi rengin tonları kullanılmıştır. Karaların renklendirilmesinde ise kartografik olarak gelenekselleşmiş olan renkler (alçaktan yükseğe doğru mavimsi yeşil, yeşil, sarımsı yeşil, sarı, kahverengi) kullanılmıştır. Renk seçiminde koyu ve parlak renklerin kullanılmaması pastel renklerin tercih edilmesi kartografik görselleştirme açısından daha uygundur. Düşey ölçek 3 alınarak topografyanın daha iyi algılanması sağlanmıştır (Şekil 6.14).



Şekil 6.14 Yüksekliklere göre renklendirilmiş SYM

SYM'ye yükseklik eğrileri eklenerek görsel olarak daha anlaşılır bir görünüm elde edilmiştir. Yükseklik eğrilerinin SYM'de gösterimi ile eğimin az olduğu uygulama alanlarında topografyanın algılanması sağlanmaktadır. Şekil 6.15'deki örnekte 5 m aralıklı yükseklik eğrileri kullanılmıştır. Kullanılan yazılım yükseklik eğrilerinin SYM'de gösterimini sağlamamaktadır. Bu nedenle yükseklik eğrileri ArcGIS'de oluşturulmuş vektör tabakası olarak SYM'ye eklenmiştir. Bu özelliğin LandXplorer yazılımında olmaması önemli bir eksikliktir. Birçok 3B SYM modelleme yazılımı tarafından kullanılan bu özellik LandXplorer yazılımına eklenmelidir.

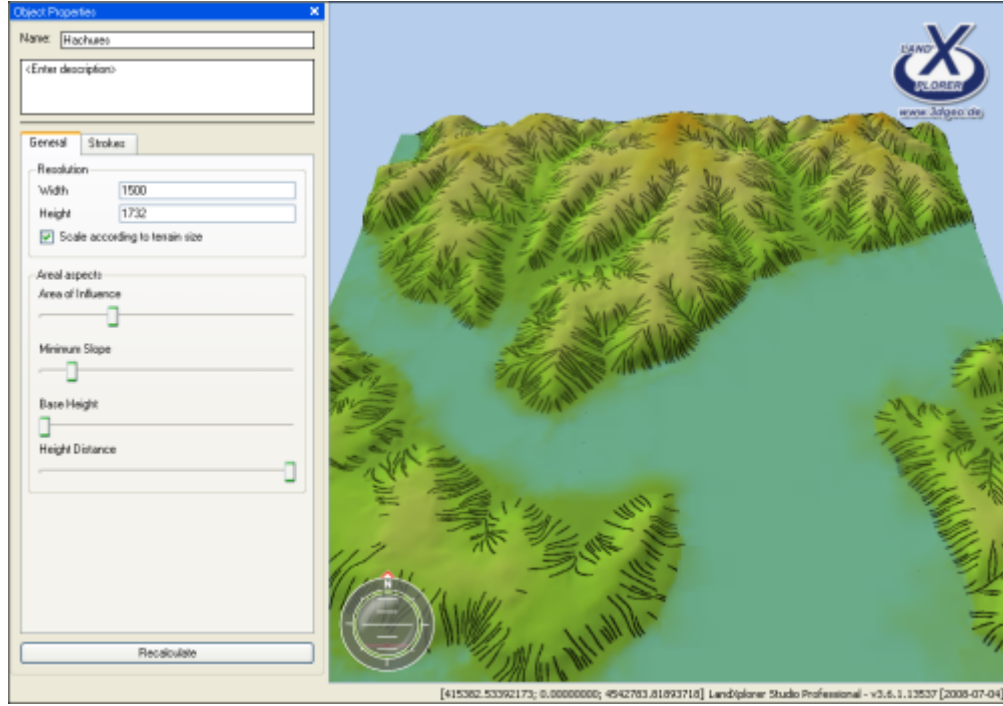


Şekil 6.15 Yükseklik eğrilerinin SYM'de gösterilmesi

6.4.2.2 Eğim Bilgilerinin Görselleştirilmesi

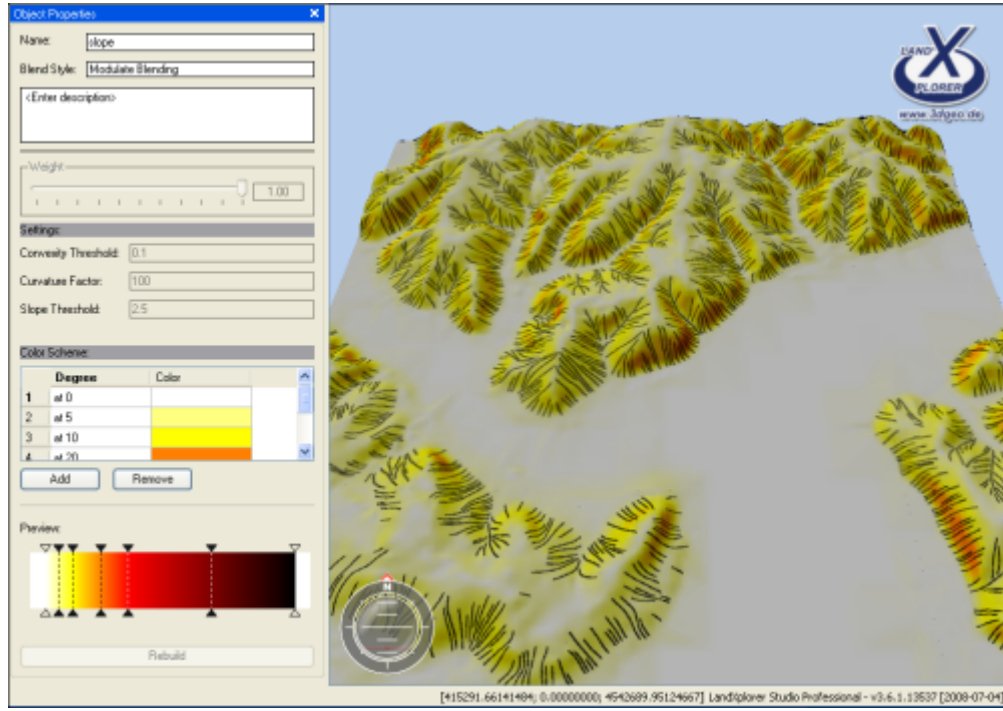
SYM'de en büyük eğimli olan yerler çizgiler yardımıyla veya renklendirilerek gösterilebilmektedir. En büyük eğim çizgileri arazi üzerinde su toplama ve dağıtma çizgileri gibi karakteristik çizgilerin türetilmesinde kullanılmaktadır. Karakteristik çizgiler özel en büyük eğim çizgileri olarak da adlandırılmaktadır. Ayrıca en büyük eğim çizgileri yükseklik eğrilerini dik keser (Gökgöz, 2002). Karakteristik çizgiler arazinin morfolojik yapısının doğru olarak belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Kullanılan yazılımda en büyük eğim çizgileri model üzerine çizdirilebilmektedir. İşlem sırasında en büyük eğim miktarı, çizgi uzunluğu gibi seçenekler kullanıcı tarafından belirlenebilmektedir (Şekil 6.16). En büyük eğim çizgilerinin SYM üzerine eklenmesi ile arazi daha iyi algılanmaktadır. Ancak bina

modellerinin ve uydu görüntüsü veya hava fotoğrafı gibi raster verilerin SYM'ye eklenmesinden sonra en büyük eğim çizgilerinin gösterimi karmaşaya neden olacağı için uygun değildir. Jeomorfolojik ve geleneksel kartografik uygulamalarda kullanımı ise daha uygundur.



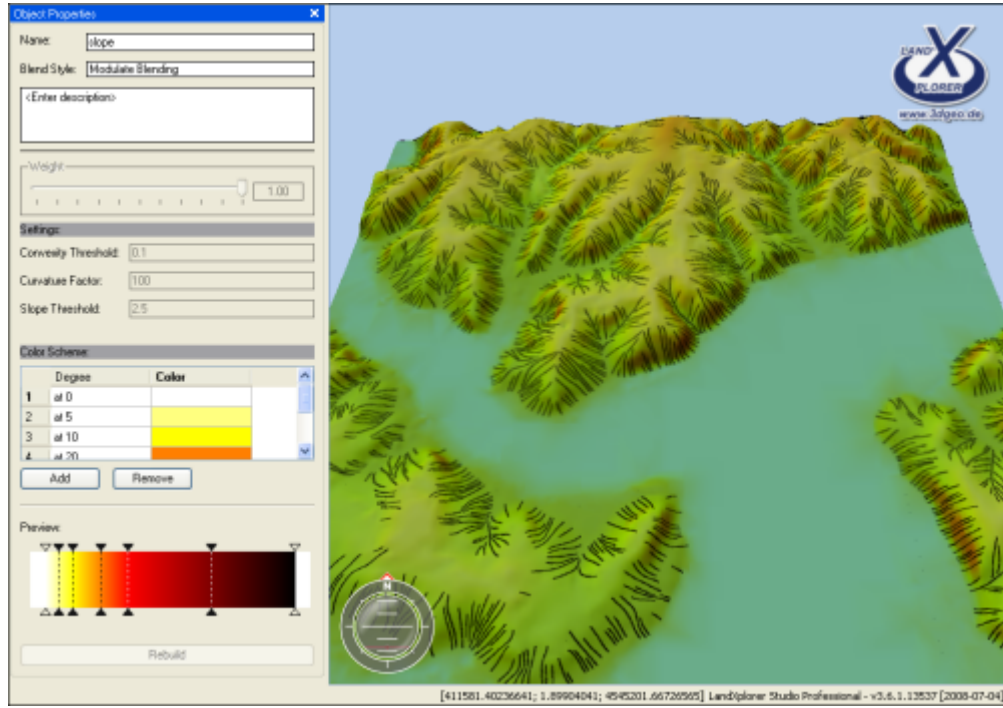
Şekil 6.16 Renkler ve eğim taraması ile görselleştirilmiş SYM

SYM'de eğim bilgilerinin görselleştirilmesi renk tonları kullanarak da yapılabilir. Renklendirmede az eğimi olan yerler için açık renk tonlarının, daha büyük eğimli yerlerde de koyu renk tonlarının kullanımı kolay algılama açısından daha uygundur.



Şekil 6.17 Renk tonu ve eğim taraması ile görselleştirilmiş SYM

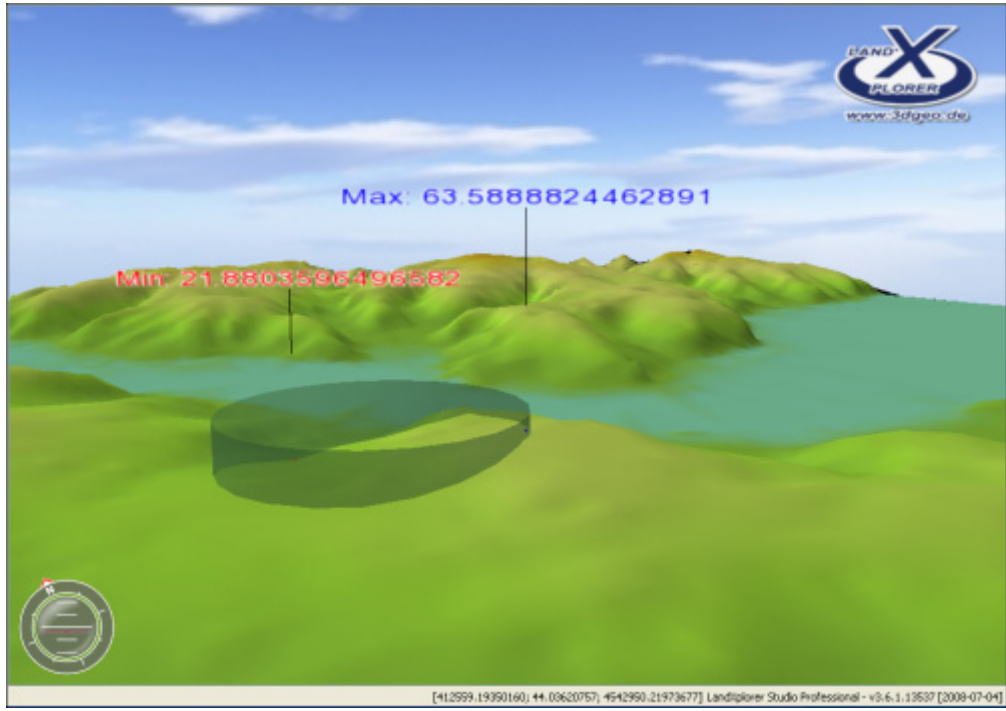
Renklendirme ile eğim taramalarının birlikte kullanılması 3B sayısal yükseklik modeli üzerinde eğimli bölgelerin daha iyi algılanmasını sağlamaktadır (Şekil 6.17). Yükseklik renkleri, eğim renkleri ve eğim taramaları aynı anda gösterilerek 3B sayısal yükseklik modeli daha kolay anlaşılır hale getirilebilir (Şekil 6.18). Eğim bilgileri kent planlamada yerleşime açılacak bölgelerin ve kat adetlerinin, yağmur yağdığında sel riski bulunan yerlerin, yol ve baraj inşaatlarında uygun yerlerin belirlenmesi gibi değişik amaçlı uygulamalarda da kullanılabilir. 3B kent modellemede arazi yüzeyine uydu görüntüsü ve hava fotoğrafı eklendiğinde ise bu işlemler karmaşaya neden olacağından kullanımı uygun değildir.



Şekil 6.18 Yükseklik, eğim ve eğim taraması ile görselleştirilmiş SYM

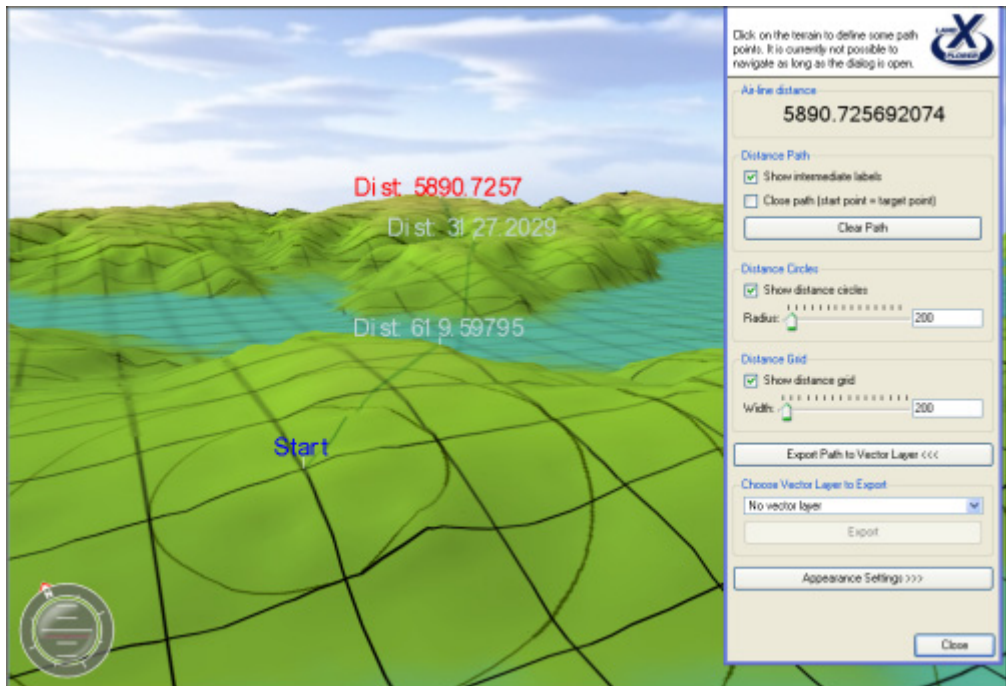
6.4.2.3 Yükseklik ve Uzaklık Bilgisi Edinme

İster uzman olsun ister sıradan bir kullanıcı SAM üzerinden yükseklik ve uzaklık bilgisi edinme gereksinimi duyabilir. LandXplorer Studio Professional yazılımında yükseklik bilgisi edinme işlemi kullanıcının belirlediği çapta bir silindir ile gerçekleştirilmektedir. Silindir SYM üzerinde gezdirilerek kapladığı alanın içindeki bölgenin en düşük ve yüksek yükseklik değerini göstermektedir (Şekil 6.19). Ancak yükseklik bilgileri virgülden sonra 14 haneli olarak ekrana gelmekte ve kullanıcı tarafından değiştirilememektedir. Bu da karmaşaya neden olmaktadır. Bu işlemde kullanıcıya mm hassasiyetinde yükseklik bilgisi verilmesi yeterlidir. Bu nedenle yazılımın doğrudan milimetre hassasiyetinde bilgi vermesi veya küsurat ayarlarının kullanıcı tarafından ayarlanabilmesi gerekmektedir.



Şekil 6.19 SYM'den yükseklik bilgisi edinme

Uzaklık bilgisi edinirken SYM yüzeyi büyüklüğü kullanıcı tarafından belirlenebilen daire ve karelere bölünmektedir. Belirlenen güzergahın her kırılma noktasının başlangıç noktasına olan uzaklığı ekranda gösterilmekte ve yazılıma vektör tabakası olarak aktarılabilmektedir (Şekil 6.20). Vektör tabakalar da shape dosya biçiminde başka projelere aktarılabilmektedir.



Şekil 6.20 SYM'den uzaklık bilgisi edinme

6.4.3 3B SYM'ye Uydu Görüntüsü Ekleme

SYM'ye uydu görüntüsü, hava fotoğrafı veya taratılarak raster hale getirilmiş haritalar gibi raster veriler eklenebilmektedir. Bu işlemin gerçekleştirilmesi ile SAM elde edilmektedir. Bu uygulamada İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nden alınan 1m×1m çözünürlüklü uydu görüntüleri ve 30cm×30cm çözünürlüklü hava fotoğrafları kullanılmıştır. Uydu görüntüsü tüm modeli kaplamaktadır. Hava fotoğrafında ise İstanbul Boğazı'nın olduğu kısımlarda eksiklik vardır. Uydu görüntüsü düşük ayrntı düzeyindeki işlemler için yeterli olması nedeniyle LoD0, LoD1 ve LoD2 ayrntı düzeylerinde kullanılmıştır. Büyük ölçekli verilerin kullanıldığı LoD3 ayrntı düzeyinde ise 30cm×30cm çözünürlüklü hava fotoğrafı kullanılmıştır. Çünkü bu ayrntı düzeyinde 3B kent modelinin çözünürlüğü yüksektir ve model yakından incelenmektedir. Yakından incelemelerde de uydu görüntüsü çözünürlüğü yetersiz kalmaktadır.

Yüksek çözünürlüklü görüntü eklenmiş 3B modellerde, model üzerinde gezinme sırasında ekranda görüntülenme hızı düşmektedir. LandXplorer Studio Professional yazılımı bu açıdan diğer yazılımlardan daha yeteneklidir. SYM'ye eklenen görüntüler ve SYM yazılım tarafından ayrntı düzeyine göre görüntülenmektedir. Modele yaklaştıkça görüntü daha netleşmekte, SYM de daha ayrntılı hale gelmektedir, uzaklaşıldığında ayrntı azalmakta böylelikle model üzerinde gezinirken hızlı hareket edilebilmektedir. Bu işlem SAM genelleştirmesinde söz edilen yöntemler ile gerçekleştirilmektedir.

Uygulamada buraya kadar yapılan işlemler sonucunda CityGML'in önermiş olduğu ayrntı düzeylerinden LoD0 ayrntı düzeyinde 3B kent modeli oluşturulmuştur (Şekil 6.21). Bundan sonraki aşamalarda SAM'a 3B bina modellerinin eklenmesi ile ilgili işlemler anlatılacaktır.



Şekil 6.21 Uydu görüntüsü eklenmiş SAM

6.5 3B Kent Modeline 3B Binaların Eklenmesi

3B kent modellemede kullanılan verilere göre farklı ayrıntı düzeylerinde 3B bina modelleri oluşturulabilir. Bir bina modelinin tek bir veriden isteğe bağlı farklı ayrıntı düzeylerinde modellenmesi için ayrıntı düzeylerine uygun özellikte olması gereklidir. Yani her veri her ayrıntı düzeyinde 3B kent modellemede kullanılamaz. Veri türlerine göre oluşturulabilecek 3B bina modelleri Çizelge 6.2’de verilmiştir.

Çizelge 6.2 3B kent modellemede kullanılan bina verileri ve ayrıntı düzeyleri

Bina Modeli	Ayrıntı Düzeyi	Veri Türü
CityGML Building	CityGML modeli olarak üretilmiş bina modelleridir.	CityGML verisi
Block Building	2B bina sınırlarının bina yüksekliklerine kaldırılması ile oluşan bina modelleridir.	2B vektör veri
Explicit Building	Kat, duvar ve çatı geometrilerinin gösterildiği LoD2 ve LoD3 ayrıntı düzeyinde gösterilen bina modelleridir.	3B vektör veri
Generic Building	Öznitelik bilgilerini içermeyen 3B bina modelleridir.	3B vektör veri 3B model veri
Smart Building	Smart Building Editor ile düzenlemiş kat geometrilerini içeren modellerdir.	LandXplorer Smart Building verisi

Çizelge 6.2’de belirtilen CityGML verileri 3B bina modeli oluşturmaya olanak veren yazılımlar ile üretilmiş ve CityGML dosya biçimine dönüştürülmüş 3B bina modelleridir. Bu veri türünde de hazırlanan bina modeli hangi ayrıntı düzeyinde oluşturulmuş ise başka bir 3B kent modeline aktarıldığında aynı ayrıntı düzeyinde görüntülenebilir.

Yapılan bu uygulamada 3B bina modelleri oluşturulurken İstanbul Büyükşehir Belediyesi CBS Dairesi’nden alınan 1:1000 ölçekli 2B vektör CBS verileri kullanılmıştır. Veri dosya biçimi shape dosya biçimidir ve semantik özellikleri Çizelge 6.3’de gösterilmiştir. Verilere ait nesne kataloğunun bir bölümü da Ek 3’de tablo olarak verilmiştir.

Çizelge 6.3 Kullanılan bina verilerin semantik özellikleri

ID ADI	TİP	ID ADI	TİP
ILCE_ID	NUMBER(2)	KAT_ADEDI	NUMBER(4)
MAHALLE_ID	NUMBER(3)	NORMAL_KAT	NUMBER(3)
KADEME_ID	NUMBER(2)	CATI_KATI	NUMBER(2)
KOY_ID	NUMBER(3)	BODRUM_KAT	NUMBER(2)
PARSEL_ID	NUMBER(9)	ISYERI_SAYISI	NUMBER(3)
YAPI_ID	NUMBER(9)	KONUT_SAYISI	NUMBER(3)
KAPI_NO	VARCHAR2(9)	OTOPARK	VARCHAR2(3)
INSAAT_TURU	VARCHAR2(10)	OBJE_ANA_GRUP_KOD	NUMBER(2)
KBS_BINA_NO	NUMBER(7)	OBJE_GRUP_KOD	NUMBER(3)
YAPI_ADI	VARCHAR2(100)	OBJE_KOD	NUMBER(3)

Beyoğlu Belediyesi’nden sağlanan Beyoğlu Meşrutiyet Caddesi’nin cephe rölemleri ve cephe fotoğrafları bu caddedeki bina cephelerinin oluşturulmasında kullanılmıştır. Uygulamanın yapıldığı bölgenin tümüne ait 3B bina verisi mevcut değildir, ancak önemli tarihi binaların, önemli alışveriş merkezleri ve otellerin 3B modelleri elde edilmiştir. 3B bina modellerinin modele aktarılması işlemi bu bölümde 6.4.3 konu başlığı altında incelenmiştir.

6.5.1 LoD1 Ayrıntı Düzeyinde Kent Modelinin Oluşturulması

Uygulamanın bu aşamasında ayrıntı düzeylerinden ikincisi olan LoD1 ayrıntı düzeyi oluşturulacaktır. Bölüm 3.2.2’de 3B Bina Genelleştirme başlığı altından bazı araştırmacıların bu konudaki önerilerinden bahsedilmişti. Burada Thiemann ve Sester (2004) LoD1 ayrıntı düzeyi için aynı yükseklikteki binaların blok hale getirilmesini önermiştir. Gröger vd. (2004), Kolbe (2004) ve Schilcher vd. (1998)’de ise binaların bina geometrilerinin gerçek yükseklikleri kadar yükseltilmesiyle 3B modellenebileceğini önermektedir. Bu önerilerin ikisi

de bu bölümde incelenip değerlendirilmiştir. Bu bölümün 6.5.1.3 başlığı altında öncelikle uygulama bölgesindeki binaların tamamı 3B bloklar olarak daha sonra blok haline getirilmeden bütün binalar tek tek modellenip ve LoD1 ayrıntı düzeyinde 3B kent modelleri oluşturulmuş ve bu modellerden her biri bilgisayar performansı, kullanım amaçları ve geliştirme parametreleri açısından incelenip faydalı ve sakıncalı yanları araştırılmıştır. Ayrıca binaların blok hale getirilmesinin gerekli olup olmadığı ve OGC'nin 06-057r1 numaralı raporunda belirtmiş olduğu geliştirme kriterlerinin uygulama bölgesine uygunluğu araştırılmıştır. Bina cephe fotoğraflı LoD2 düzeyindeki 3B bina modelleri ise Meşrutiyet Caddesi için gerçek cephe fotoğrafları ile diğer binalar için ise yazılımın kütüphanesinde bulunan bina cephe fotoğrafları ile gerçekleştirilmiştir. Bu işlem tezin bu bölümünde 6.5.2.3 başlığı altında incelenmiştir.

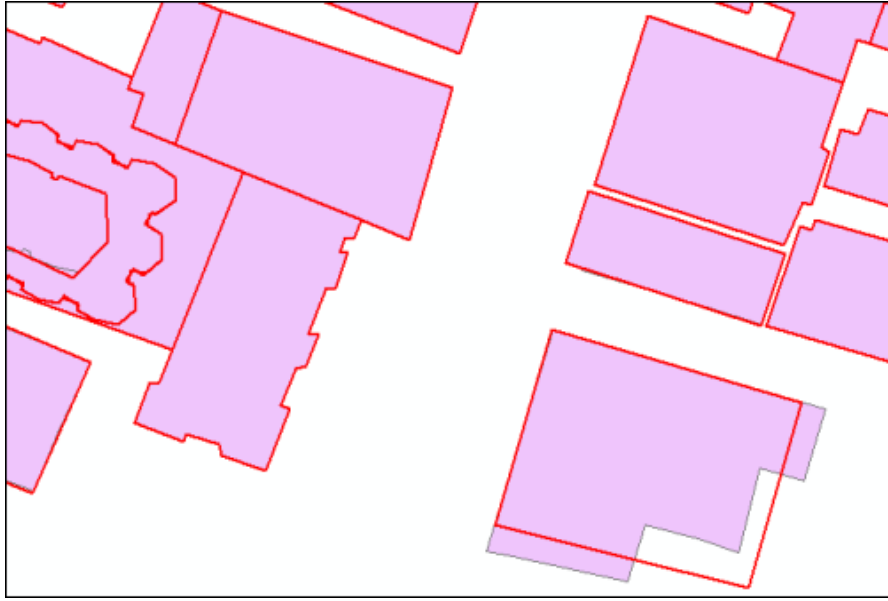
Uygulama bölgesine ait bina verileri 1:1000 ölçeğindedir ve LoD1 için fazla ayrıntılıdır. Çizelge 5.1'de verilen değerlere göre bu ayrıntı düzeyinde mutlak konum doğruluğu yatay ve düşeyde 5 m, kullanılabilir veri ölçeği ise en küçük 1:10.000'dir. Bu nedenle veriler basitleştirme, eleme ve birleştirme işlemleri ile geliştirilmelidir. Bina blokları ile 3B kent modeli oluşturulurken önce verilerin tümüne basitleştirme ve eleme işlemi, sonra da aynı sayıda kata sahip binalara birleştirme işlemi uygulanmıştır.

6.5.1.1 Bina Basitleştirme ve Eleme

LoD1 ayrıntı düzeyinde basitleştirme işlemi için CityGML tarafından önerilen ve Çizelge 5.1'de gösterilen geliştirme eşik değeri (6m×6m) incelenerek bu değerın uygulama bölgesindeki yapılaşmaya uygunluğu araştırılmıştır. LandXplorer Studio Professional yazılımında 2B vektör veriler için geliştirme olanağı olmaması nedeniyle veriler ArcGIS yazılımında geliştirilmiştir. Uygulama bölgesinde 63589 bina bulunmaktadır. Bina sayısı fazla olduğu için bilgisayar ortamında işlem hızı yavaşlamaktadır. Bu nedenle öncelikle Meşrutiyet Caddesi'nin bulunduğu yapı adasındaki 611 binada uzunluk için 6m alan için 36 m² eşik değerleri ile bina basitleştirme ve eleme işlemleri yapılmıştır. Daha sonra da tüm bölgede basitleştirme, eleme ve birleştirme işlemleri yapılmıştır. Geliştirme sonuçları değerlendirilerek önerilen eşik değerlerin öncelikle seçilen bu pilot bölgeye sonra da uygulama bölgesinin tamamına uygunluğu incelenmiştir. Daha sonra da tüm bölgede basitleştirme, eleme ve birleştirme işlemleri yapılmıştır.

Geliştirme işleminin yapıldığı ArcGIS yazılımı ile bina, alan ve çizgi basitleştirmesi işlemleri yapılabilmektedir. Bunlardan bina ve alan basitleştirmesi binaların

basitleştirmesinde kullanılabilir. Bina basitleştirmesi ile yapılan işlemde ayrıık olan binaların basitleştiği ancak bitişik binalarda herhangi bir değışimin olmadığı görölmüştür (Şekil 6.22). Bu nedenle aynı eşik değeri kullanarak alan basitleştirilmesi yapılmasına karar verilmiştir. Alan basitleştirmesi sırasında kritik noktaların korunması ve çokgen şeklinin korunması seçeneklerinden alan şeklinin korunması seçeneği tercih edilmiştir. Çünkü kritik noktaların korunması seçeneği ile yapılan basitleştirmede bina şekillerinde çok fazla bozulma oluşmuştur. Bu işlem uzunluk için eşik değeri 2 m ve 4 m alınarak yapıldığında da bazı bina cephelerinin asıl haritadaki sınırlarından daha içerde olduğu ayrıca küçük binalardaki şekil bozuklarının da devam ettiği görölmüştür (Şekil 6.23).

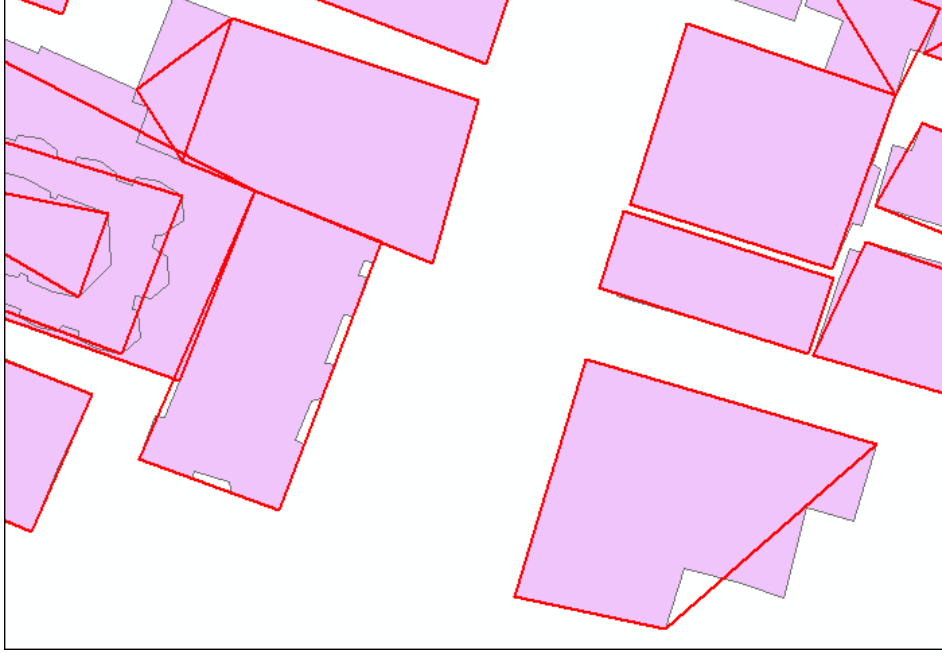


Şekil 6.22 Bina basitleştirme işlemi sonuçları

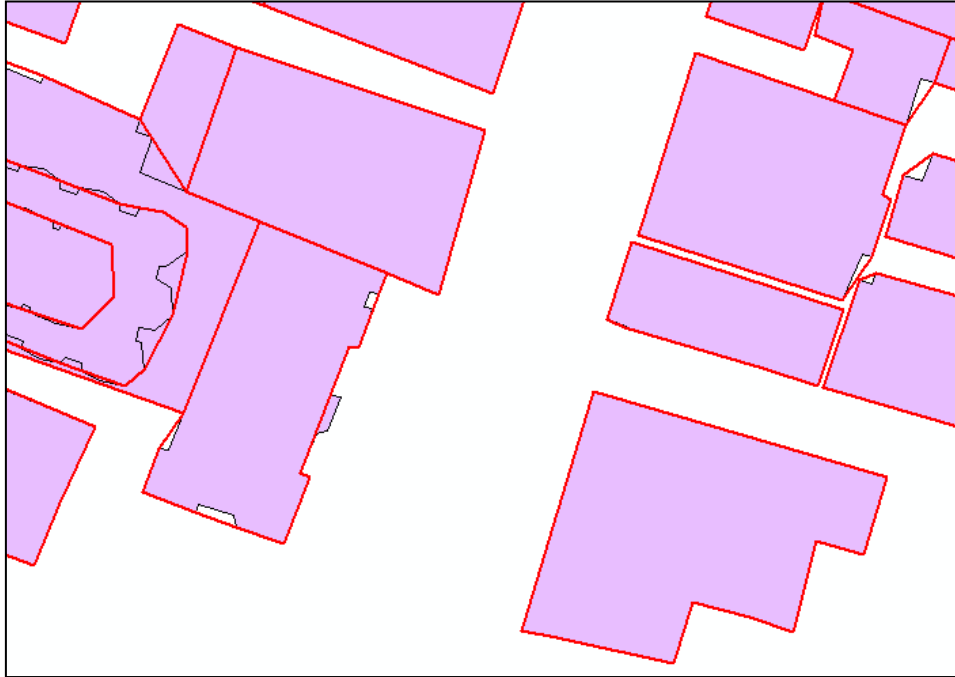
Alan şekilleri korunarak 6 m uzunluk eşik değeri ile alan basitleştirmesi yapıldığında bina şekillerinde belirgin bozulma olduğu görölmüştür ve bu eşik değerin fazla olduğu anlaşılmıştır (Şekil 6.24). Ayrıca eleme işlemi sonucu çok fazla alan kaybı oluşmaktadır. Çizelge 6.4’de basitleştirme ve eleme işlemleri sonucu elde edilen değerler gösterilmiştir. Çizelgedeki sonuçlar bina sayısı, toplam bina alanı ve toplam bina kenarlarındaki azalmanın çok fazla olduğunu göstermektedir. Bu nedenle LoD1 ayrıntı düzeyi için OGC’nin 06-057r1 numaralı raporunda önermiş olduğu 6 m eşik değerinin uygulama bölgesi için uygun olmadığı kararına varılmıştır. Uzunluk için LoD2 ayrıntı düzeyi için önerilen 4 m uzunluk eşik değerinin kullanılmasına karar verilmiştir.

36 m² eşik değeri ile yapılan eleme işlemi sonucunda ise toplam 86 binanın elendiği görölmüştür. Beyoğlu gibi arsa ve bina değerlerinin çok yüksek olduğu bir bölgede bu kadar

çok binanın elenmesi doğru değildir. Bu tür uygulama alanlarında eleme işlemi baraka, kulübe gibi basit yapılar ve basit bina dışı bileşenlerin elenmesi amacı için yapılmalıdır. Bina eleme için kullanılan 36 m^2 eşik değerinin de uygun olmadığı anlaşılmış ve LoD2 ayrıntı düzeyi için önerilen 16 m^2 değerinin kullanılmasına karar verilmiştir.



Şekil 6.23 Kritik noktaları koruyarak alan basitleştirme işlemi sonuçları



Şekil 6.24 Çokgen şeklini koruyarak alan basitleştirme işlemi sonuçları

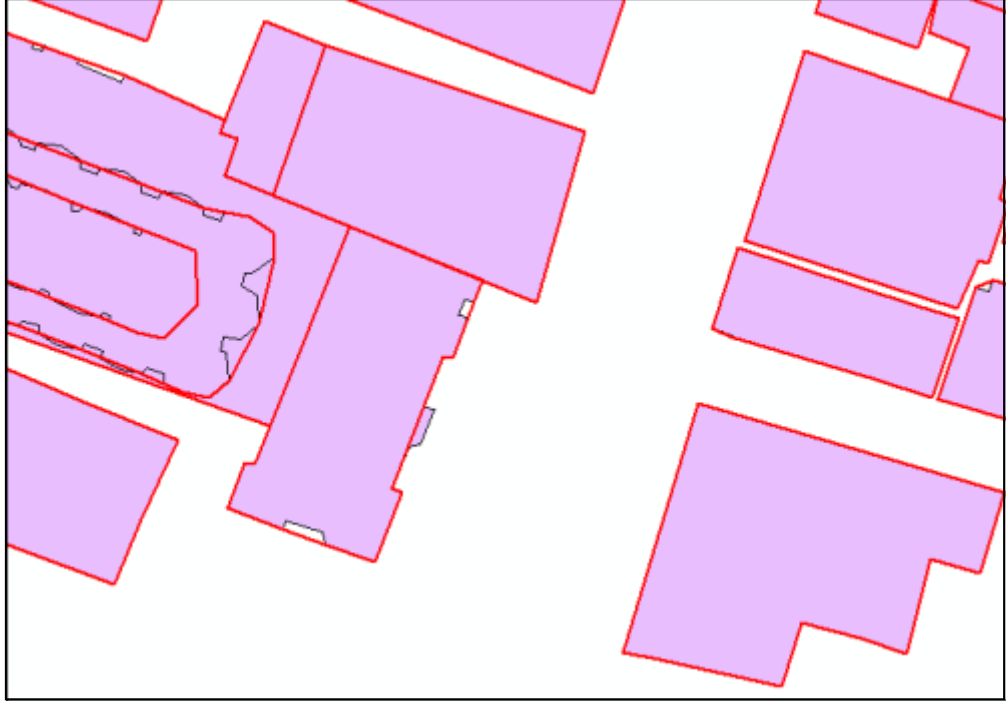
Çizelge 6.4 Basitleştirme (6 m) ve eleme (36 m²) işlemleri sonuçları

Bölge	Kullanılan Veri	En Küçük Bina Alanı (m ²)	Bina Sayısı	Bina Sayısındaki Azalma (Adet - %)	Toplam Bina Alanı (m ²)	Toplam Bina Alanındaki Azalma (m ² - %)	Toplam Bina Sınır Uzunluğu (m)	Toplam Bina Sınırındaki Azalma (m - %)
Meşrutiyet Cad.	Orijinal Veri	8	611	86	84893	7219	30155	1831
	Basitleştirme ve Eleme Sonuçları	38	525	14,1	77674	8,5	28324	6,1
Tüm Bölge	Orijinal Veri	3	63589	9470	7594742	691320	2763321	184923
	Basitleştirme ve Eleme Sonuçları	36	54119	14,9	6903422	9,1	2578398	6,7

Uzunluk için 4 m ve alan için 16 m² eşik değerleri kullanılarak yapılan alan basitleştirme ve eleme sonuçlarının daha uygun olduğu görülmüştür (Şekil 6.25). Bu işlem sonucunda elenen bina sayısı 23'tür ve toplam bina sayısının %3.7'sini oluşturmaktadır. Elenen binaların hepsi, diğer binalar ile komşuluğu olmayan ya da yanındaki binanın bileşeni olan küçük yapılardır. Genelleştirme işleminin yapıldığı bölgede fazla sayıda küçük bina olmaması ve elenen binaların da bina gruplarının arasında olmaması bu eşik değerlerin uygun olduğuna karar verilmesinde etken olmuştur. Eğer elenen binalar, diğer binaların arasında kalırsa 3B kent modeli oluşturulduğunda binalar arasında boşluklar olacağı için görsel olarak yanlış sonuçlar doğuracaktır. Bu nedenle böyle durumlar için alan eşik değeri daha ayrıntılı incelenmelidir.

Tüm uygulama bölgesinde uzunluk için 4 m ve alan için 16 m² eşik değerleri kullanılarak basitleştirme ve eleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Çizelge 6.5'de basitleştirme ve eleme işlemleri öncesi ve sonrası Meşrutiyet Caddesi'ndeki ve tüm uygulama bölgesindeki binalar ile ilgili sayısal sonuçlar gösterilmiştir. Meşrutiyet Caddesi ve tüm bölgedeki bina sayısındaki, bina alanındaki ve bina kenar uzunluklarındaki azalma oranları birbirine çok yakındır ve kullanılan eşik değerlerin tüm uygulama bölgesi için de uygun olduğunu göstermektedir. Eğer bu uygulamada olduğu gibi büyük bölgede çalışıldığında öncelikle bir pilot bölgede araştırma yapıp elde edilen sonuçlar daha sonra tüm bölgeye uygulanabilir. Böylelikle çalışma hızlı artırılarak zaman kayıpları önlenebilir. Eleme işleminde bina sayısındaki ve toplam bina alanındaki azalma miktarının az olması gerekmektedir. Bu azalma miktarı ilgili kesin bir değer yoktur. Yapılan uygulamanın amacına yönelik belirlenmektedir.

Oluşturulacak 3B kent modelinden bina hacimlerine dayalı hesaplamalar yapılacak ise bina sayısı ve toplam alandaki azalma miktarının oldukça az olmasına dikkat edilmelidir. Bu tip uygulamalarda eşik değerler daha da küçültülebilir.



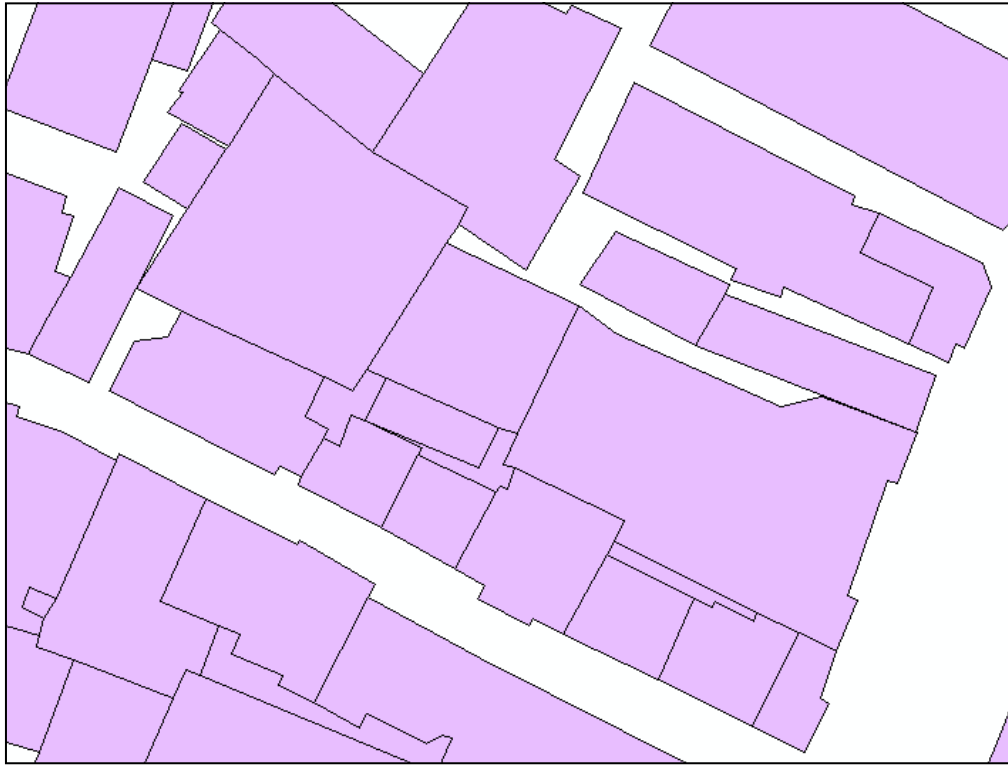
Şekil 6.25 Çokgen şeklini koruyarak alan basitleştirme işlemi sonuçları

Çizelge 6.5 Basitleştirme (4 m) ve eleme (16 m²) işlemleri sonuçları

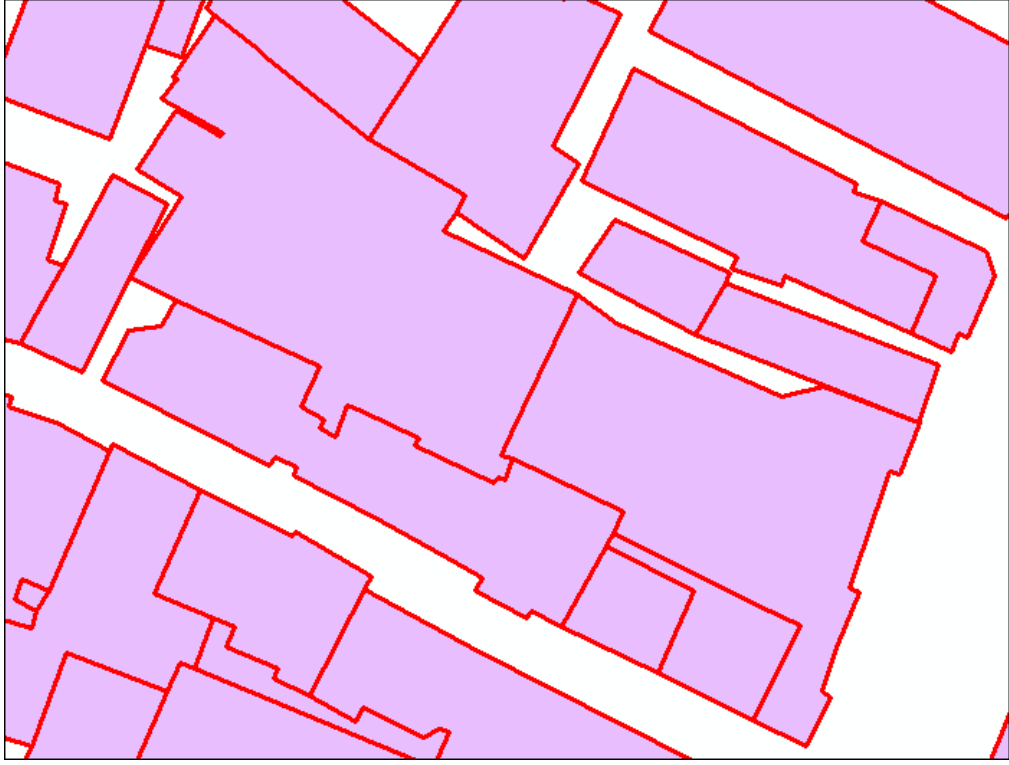
Bölge	Kullanılan Veri	En Küçük Bina Alanı (m ²)	Bina Sayısı	Bina Sayısındaki Azalma (Adet - %)	Toplam Bina Alanı (m ²)	Toplam Bina Alanındaki Azalma (m ² - %)	Toplam Bina Sınır Uzunluğu (m)	Toplam Bina Sınırındaki Azalma (m - %)
Meşrutiyet Cad.	Orijinal Veri	8	611	23	84893	281	30155	393
	Basitleştirme ve Eleme Sonuçları	17	588	3,7	84612	0,3	29762	1,3
Tüm Bölge	Orijinal Veri	3	63589	2459	7594742	31845	2763321	39179
	Basitleştirme ve Eleme Sonuçları	16	61130	3,9	7562897	0,4	2724142	1,5

6.5.1.2 Bina Birleştirme

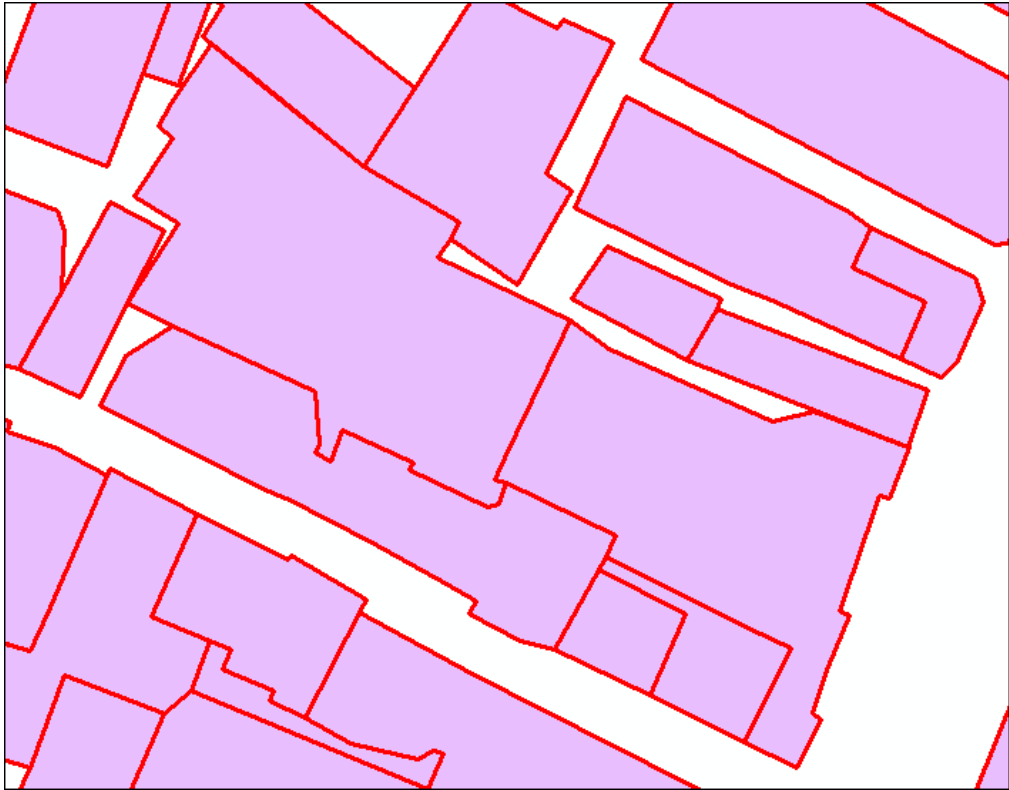
Birleştirme işlemi aynı yükseklikteki binalar arasında yapılmalıdır. Çünkü bina geometrileri gerçek yükseklikleri kadar yükseltilerek 3B hale getirilecektir. Eğer kat yüksekliği dikkate alınmadan birleştirme yapılırsa farklı yükseklikteki binalar da birleştirilir. Bu da 3B kent modelinin gerçeği yansıtmamasına neden olur. Yapılan uygulamada buna dikkat edilmiştir. Şekil 6.26 birleştirme işlemi öncesi bina geometrilerini göstermektedir. 4 m eşik değere göre yapılan birleştirme işlemi sonrası aynı bölgedeki bina bloklarının sınırları ise Şekil 6.27’de gösterilmiştir. Birleştirme işleminin ArcGIS’de nasıl yapıldığı Ek 4’de gösterilmiştir. Birleştirme işlemi sonrası oluşan bina bloklarına 4 m eşik değerine göre tekrar basitleştirme işlemi uygulanmıştır (Şekil 6.28). Böylelikle sınırları basitleştirilmiş bina blokları elde edilmiştir. Birleştirme ve ikinci basitleştirme işlemleri sonucu bina sayısı, toplam bina alanı ve toplam bina sınır uzunluğu bilgileri Çizelge 6.6’da verilmiştir. Bina sayısı ve bina kenar uzunluklarının toplamının azalmış olmasına rağmen toplam bina alanında değişme çok azdır. Bina alanlarındaki azalmanın nedeni elenen küçük binalardır. Ayrıca bina birleştirme işlemi kat adetlerine göre yapıldığı için binalar gerçek yüksekliklerinde 3B modellenebilecektir. Böylelikle bu veriler ile oluşturulacak 3B kent modelinde bina ayrıntıları azalmış olmasına rağmen bina alanları ve hacimleri ile ilgili doğru bilgi alınması mümkün olmaktadır. Aynı zamanda bina geometrileri de korunmaktadır.



Şekil 6.26 Birleştirme işleminden önceki bina sınırları



Şekil 6.27 Birleştirme işleminden sonraki bina sınırları



Şekil 6.28 İkinci basitleştirme işleminden sonraki blok bina sınırları

Çizelge 6.6 İkinci basitleştirme (4 m) işlemi sonuçları

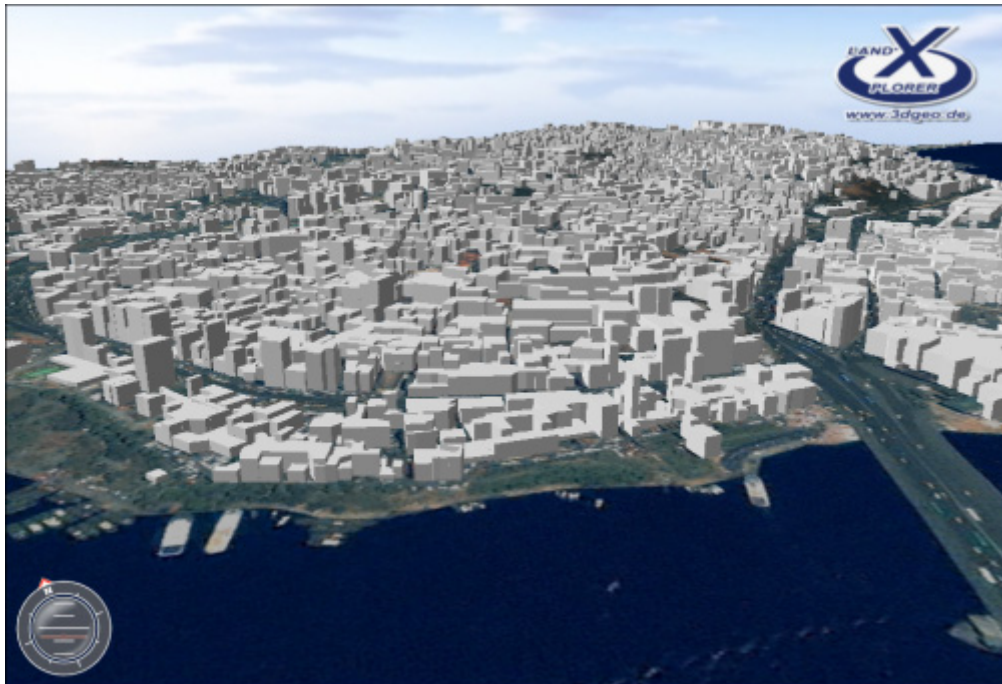
Bölge	Kullanılan Veri	En Küçük Bina Alanı (m ²)	Bina Sayısı / Blok Sayısı	Bina Sayısındaki Azalma (Adet - %)	Toplam Bina Alanı (m ²)	Toplam Bina Alanındaki Azalma (m ² - %)	Toplam Bina Sınır Uzunluğu (m)	Toplam Bina Sınırındaki Azalma (m - %)
Meşrutiyet Cad.	Orijinal Veri	17	588	464	84612	0	29762	4751
	Basitleştirme ve Eleme Sonuçları	17	124	79	84612	0	25011	16
Tüm Bölge	Orijinal Veri	16	61130	49557	7562897	0	2724142	463387
	Basitleştirme ve Eleme Sonuçları	16	11573	81	7562897	0	2260755	17

6.5.1.3 3B Bina Modellerini Oluşturma

Tezin bu aşamasında elde edilen 2B blok bina sınırlarını içeren veriler LandXplorer Studio Professional yazılımında 3B bina modeli haline getirilmiştir. Bu aşama verilerin LoD1 düzeyine uygun olan *Block Buildings* seçeneği ile yazılıma aktarılması gerekmektedir. Kullanılan yazılımında veriler açılırken yükseklik bilgisi tüm binalar için elle girilebilmekte veya öznitelik verilerin otomatik olarak alınabilmektedir. Bina yükseklikleri mevcut verilerdeki kat adedi özniteliği kullanılarak 3B kent modelinde görsel hale getirilmiştir. Türkiye'deki kat yüksekliği ortalama 3m olduğu için *Height Scaling Factor* 3 olarak girilmiştir (Şekil 6.29). Bu aşamada kullanılan veriler yükseklik bilgilerini içerseydi bu bilgiler kullanılıp *Height Scaling Factor* 1 olarak alınacaktı. Buraya kadar yapılan işlemler sonucunda blok binalardan oluşan LoD1 kent modeli oluşturulmuştur (Şekil 6.30).

Uygulama bölgesinde tarihi bina çok olduğu için yüksekliklerin kat adetleri ile yazılıma aktarılması doğru değildir. Çünkü tarihi binalarda kat yükseklikleri 3 m den daha yüksektir. Bu nedenle tarihi yapıların 3B olarak gösteriminde de önemli hatalar oluşmaktadır. Gerçekçi ve doğru 3B kent modelleme için verilerin mutlaka yükseklik bilgilerini içermesi gerekmektedir. Mevcut verilerin güncellenmesi ve yeni toplanan veriler için bu konunun göz önünde tutulması gerekmektedir.

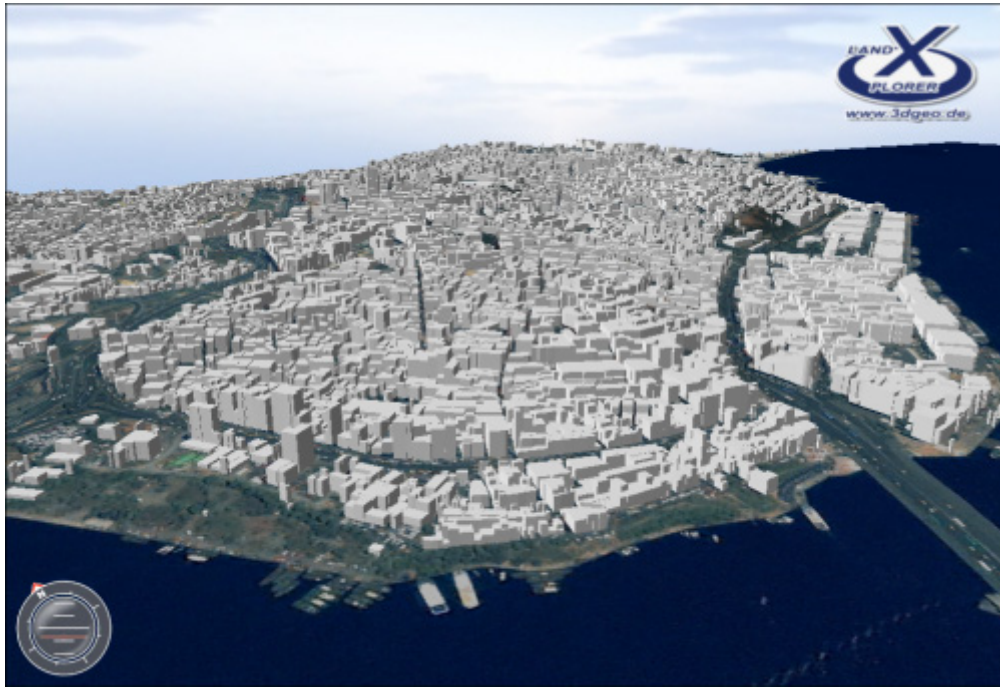
Şekil 6.29 Bina verilerinin kat adedi bilgilerine göre modele eklenmesi



Şekil 6.30 Blok binalar ile oluşturulmuş LoD1 ayrıntı düzeyinde 3B kent modeli

Bölüm 3’de LoD1 ayrıntı düzeyi için önerilen diğer yaklaşımlar binaların birleştirme yapılmadan gerçek yüksekliklerine yükseltilmesidir. Bu yaklaşım ile 3B kent modeli oluşturulurken birleştirme yapılmamaktadır. Bu nedenle uzunluk için 4 m alan için 16 m² eşik değerleri ile basitleştirme ve eleme yapılmış olan bölgenin tamamına ait bina verileri yükseklikleri kat adedi bilgileri ile belirlenecek şekilde yazılıma aktarılarak LoD1 ayrıntı

düzeyinde 3B kent modeli oluşturulmuştur (Şekil 6.31). Bu yöntemde 3B bina modeli sayısı fazla olduğu için model üzerinde gezinme ve veri sorgulama işlemleri yavaşlamaktadır. Eleme işlemi sonucu 61130 olan bina sayısı birleştirme işlemi sonrası 11573'e inmiştir. Bilgisayar performansı açısından incelendiğinde, birleştirme yapılmış blok binalardan oluşan 3B kent modeli ile çalışılırken işlemci sıcaklığının 55 °C, RAM kullanımının %48, işlemci kullanımının da %42 olduğu ve birleştirme yapılmamış olan 3B kent modeli ile çalışıldığında da sıcaklığının 79 °C, RAM kullanımının %64, işlemci kullanımının %82'ye çıktığı görülmüştür. Bu değerler Çizelge 6.7'de verilmiştir. Bu değerlerden 2 GB RAM'in yeterli olduğu, ancak 2.4 GHz çift çekirdekli işlemcinin zorlandığı anlaşılmıştır. İşlemcinin şu an piyasada bulunan en hızlı işlemcilerden biri olduğu düşünüldüğünde uzun süreli çalışmalarda tek tek binalar ile modellenmiş 3B kent modelinde işlem yapmanın zor olduğu söylenebilir.



Şekil 6.31 Tek binalar ile oluşturulmuş LoD1 ayrıntı düzeyinde 3B kent modeli

Çizelge 6.7 3B kent modellerinin bilgisayar performansına etkisi

Bina Türleri \ Değerlendirme Ölçütü	İşlemci kullanımı %	RAM kullanımı %	İşlemci Sıcaklığı °C
3B Blok Binalar	42	48	55
3B Tek Binalar	82	64	79

LoD1 ayrıntı düzeyinde 3B kent modeli oluşturulurken bu aşamaya kadar yapılan eleme, basitleştirme ve birleştirme işlemlerinde kullanılan genelleştirme ölçütlerinin kullanılan bina verilerinin özelliklerine bağlı olduğunu göstermektedir. Uygulama alanındaki;

- Binaların bitişik veya ayrıık nizamda olması (bina dağılımı),
- Bina sınırlarının düzgün veya karmaşık olması (bina geometrisi),
- Uygulama bölgesinin büyüklüğü ve arsa değerleri,
- En küçük bina alanı (bina büyüklükleri),
- Bina kat adedi sayısı ve kat yükseklikleri,
- Altlık verinin ölçeği,
- Bina yoğunluğu ve uygulamanın amacı,

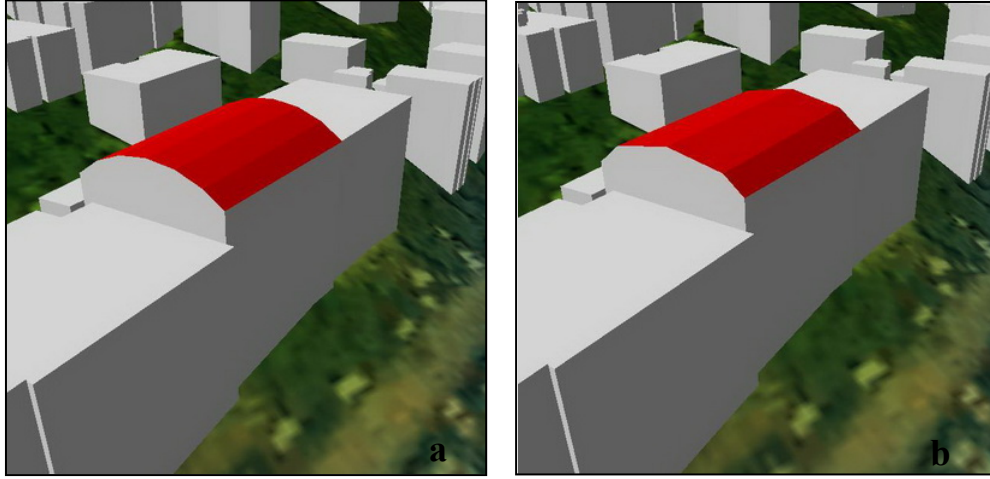
genelleştirme işlemini ve parametrelerini etkilemektedir.

6.5.2 LoD2 Ayrıntı Düzeyinde Kent Modelinin Oluşturulması

LoD2 ayrıntı düzeyi için OGC'nin önerisi ve bölüm 3'de 3.2.2.1 konu başlığı altında bu konuda çalışan araştırmacıların önerileri aynıdır; bina cephelerinin bina yüzeylerine eklenmesi ve çatı tiplerinin modele eklenmesini kapsamaktadır. Verilere Çizelge 5.1'de LoD2 için önerilen kenarlar için 4 m, alanlar için 16 m² basitleştirme işlemi uygulanmıştır. Bu ayrıntı düzeyinde binalara çatı tipleri ve cephe fotoğrafları eklenecektir. Cephe fotoğrafları Meşrutiyet Caddesi için gerçek fotoğraflar olarak diğer binalar için yazılımın kütüphanesindeki seçeneklerden eklenmiştir. Çatı tipleri ile ilgili öznitelik verileri olmadığı için Meşrutiyet Caddesi haricindeki binalar için rastgele seçilmiştir. Meşrutiyet Caddesi'ndeki bina çatı tipleri binalar incelenerek belirlenmiştir.

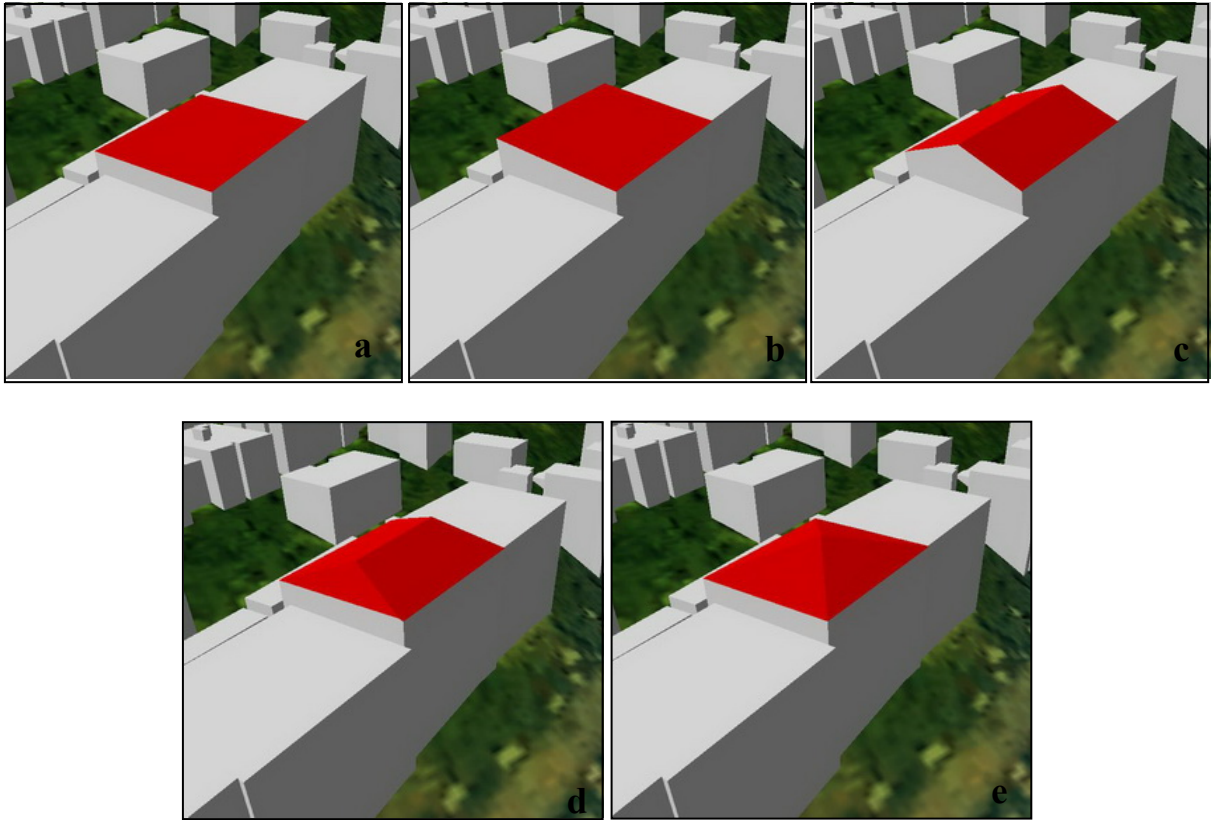
6.5.2.1 Çatı Tiplerinin Belirlenmesi

LandXplorer Studio Professional yazılımında çatı tiplerine ait öznitelik verileri mevcut ise çatı tipleri otomatik olarak oluşturulmaktadır. Kullanılan verilerde çatı tiplerine ait öznitelikler olmadığı için veriler düzenlenmiştir. Yazılımda 7 farklı çatı tipi bulunmaktadır. Bu çatı tiplerinden tonoz (barrel) çatı ve beşik (mansard) çatı Türkiye'de pek kullanılan çatı tiplerinden değildir (Şekil 6.32) (Çelebi, 1984). Bu nedenle 3B bina modellerinde kullanılmamıştır.



Şekil 6.32 Çatı tipleri: tonoz çatı (a) ve beşik çatı (b)

Diğer çatı türleri olan düz (flat) çatı, tek satırlı (pent) çatı, iki satırlı (gabled) çatı, kırma (hipped) çatı ve dört satırlı (tent) çatı ülkemizde kullanılmaktadır (Şekil 6.33) (Çelebi, 1984).



Şekil 6.33 Çatı tipleri: düz (a), tek satırlı (b), iki satırlı (c), kırma (d), dört satırlı (e)

Çatı tipleri verilerde bulunmadığı için kat adetlerine göre sınıflandırılmıştır. Çatı tipleri ve ID'leri ile ilgili değerler Çizelge 6.8'de verilmiştir. Veriler üzerinde düzenleme işlemi MapInfo Professional yazılımında yapılmıştır. Verilerde yapılan düzenleme ile çatı tipleri için

CATI tablosu oluşturulmuştur. Bu tablo da cati_turu ve Kat_adedi sütunlarını içermektedir (Şekil 6.34). Daha sonra orijinal verilerin bulunduğu tablo ile CATI tablosu arasında ortak sütun olan kat adetleri sütunları ile ilişki kurulmuştur.

Çizelge 6.8 Çatı tipleri ve çatı ID'leri

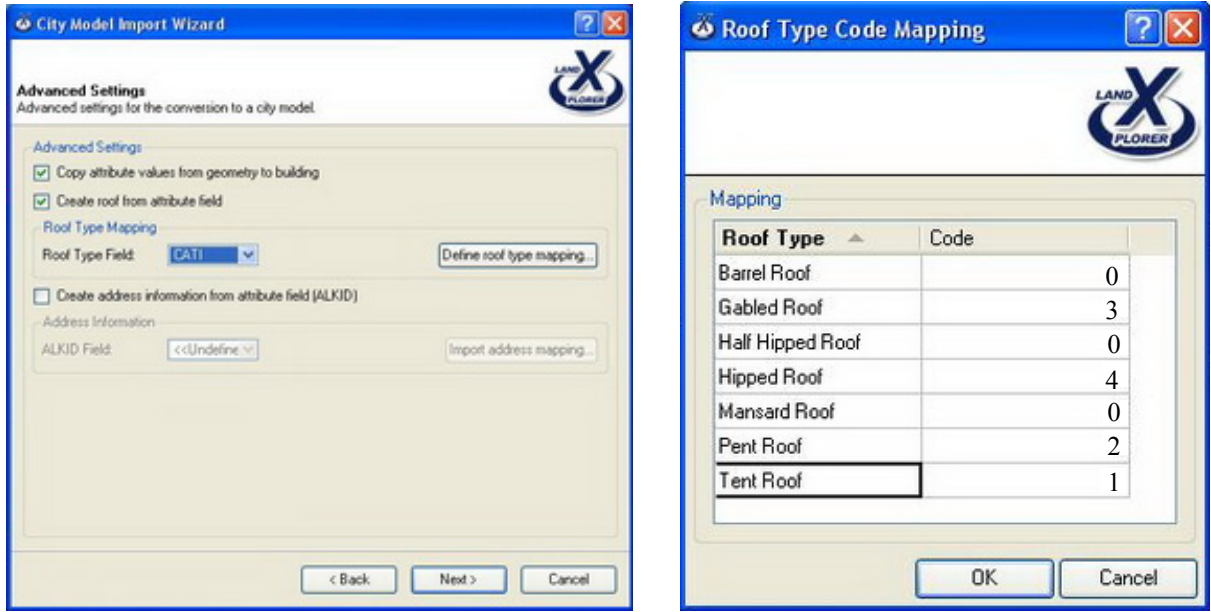
Çatı Tipi	Kat Adedi	Çatı ID
Dört satırlı	1 ve 2	1
Tek satırlı	3	2
İki satırlı	4	3
Kırma	5, 6 ve 7	4
Düz	8 ve üzeri	5

	cati_turu	Kat_adedi
☐	1	1
☐	1	2
☐	2	3
☐	3	4
☐	4	5
☐	4	6
☐	4	7
☐	5	8
☐	5	9
☐	5	10
☐	5	11
☐	5	12
☐	5	13

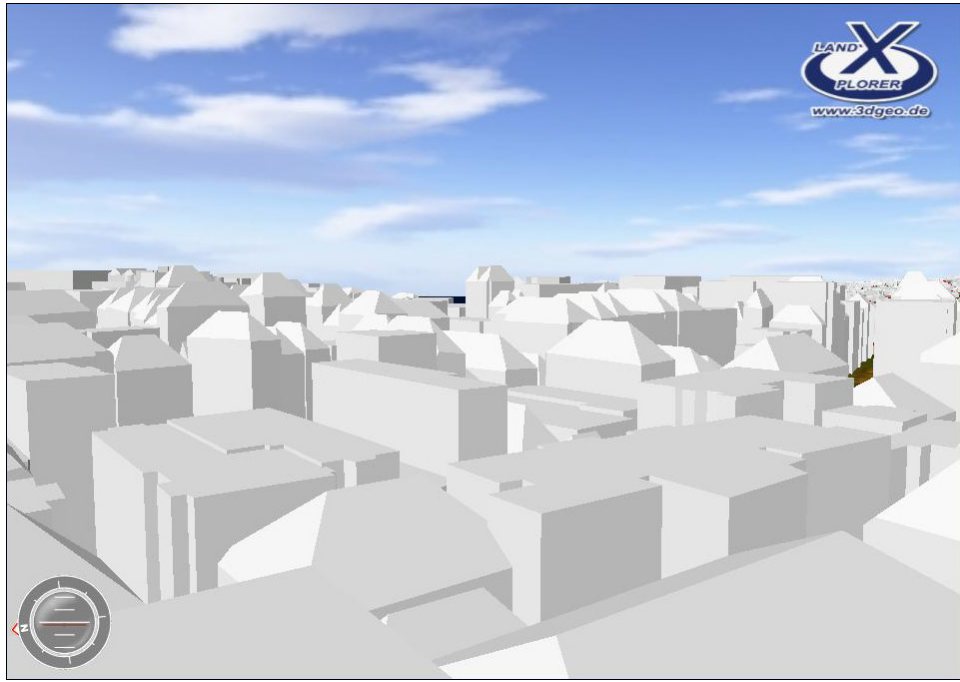
Şekil 6.34 Çatı tipleri için oluşturulan tablo

6.5.2.2 Çatı Modellerinin Belirlenmesi

3B bina modellerine çatı tiplerini eklemek için veriler *Block Buildings* seçeneği ile açılmıştır. Çatı tiplerinin otomatik alınması için çatı ile ilgili seçenekler geldiğinde çatı bilgilerinin cati sütunundan alınması ve hangi çatı tipinin hangi ID numarasına karşılık geldiği belirtilmiştir (Şekil 6.35). Bu işlem sonrası çatı tiplerini içeren 3B bina modelleri oluşturulmuştur (Şekil 6.36).



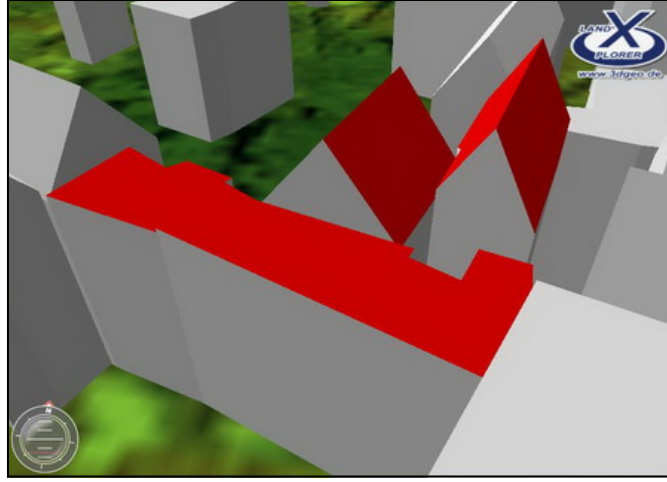
Şekil 6.35 Çatı tiplerinin 3B bina modellerine eklenmesi



Şekil 6.36 Çatıları modellenmiş 3B binalar

Çatıların renklendirilmesi ve cephe fotoğraflarının bina yüzeylerine yerleştirilmesi sorgulama yapılarak gerçekleştirilmiştir. Bu işlemin gerçekleştirilmesi Ek 5'te gösterilmiştir. Kat adetlerine göre farklı çatı tipleri kullanılabileceği gibi kat adetlerine göre farklı çatı renkleri de kullanılabilir. Sorgulama çatı tipleri veya renklerine göre yapılabilir. Bu çalışmada kat adetlerine göre aynı renkte (kırmızı) farklı çatı tipleri kullanılmıştır. Görsellik açısından

kırmızı renk daha uygun bulunmuştur. Oluşturulan 3B kent modeli incelendiğinde çok küçük binaların çatılarının çok dik ve geometrisi çok değişik olan bina çatılarının değişik geometrileri nedeni ile gerçek çatı geometrileri ile gösterilemediği ve düz çatı olarak modele getirildiği görülmüştür (Şekil 6.37). Bunun nedeni karmaşık geometrili binalarda çatı modellerinin program tarafından oluşturulamamasıdır.



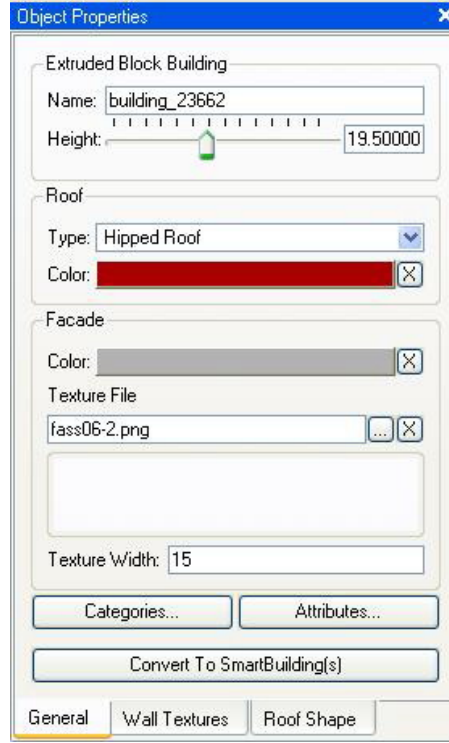
Şekil 6.37 Çatıların modellenmesinde karşılaşılan sorunlar

Yazılımda çatı modelleri için varsayılan yükseklik 4 m'dir. Bu yükseklik değeri ülkemizde kullanılan çatı yüksekliklerine göre fazladır. Türkiye'deki binaların çatı yükseklikleri bölgelere ve iklim koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Çok kar yağışının olduğu dağlık bölgelerde 2.5 m olarak önerilmektedir (Eldem, 1973). İklimin daha yumuşak olduğu bölgelerde bu değer 1.5 m'dir. Çatı yükseklikleri bu özellikler dikkate alınarak düzenlenmiştir. Ayrıca bu işlem çatı tepe açısı ile de belirlenebilmektedir.

6.5.2.3 Bina Cephe Fotoğraflarının Eklenmesi

Binalar kat adetlerine göre sorgulanıp uygun cephe kaplamaları yazılımın kütüphanesinden binalara eklenmiştir. Bu aşamada cephelere eklenen fotoğrafların genişliğinin bina cephe genişliği ile aynı olmasının sağlanması gerekmektedir (Şekil 6.38). Meşrutiyet Caddesi'ndeki binaların cephe fotoğrafları Beyoğlu Belediyesi'nden sağlanmıştır. Ancak cephe fotoğrafları caddede bulunan ağaçlar ve insanları da içerdiği için yeniden düzenlenmiştir. Çünkü cephe fotoğraflarının sadece bina yüzeyi ile ilgili ayrıntıları içermesi gerekmektedir. Günümüzde yapılan birçok uygulamada buna dikkat edilmemektedir. Çekilen her bina cephe fotoğrafı 3B bina modellerine eklenmeden düzenlenerek gereksiz detaylar temizlenmelidir. Bu uygulamada yapılan cephe fotoğrafı düzenlemesi ile ilgili bir örnek Ek 6'da gösterilmiştir.

Düzenleme yapılan cephe fotoğrafları 3B kent modeline eklenmiştir (Şekil 6.39). Bu aşamada SAM oluşturulurken kullanılan 1m×1m çözünürlüklü uydu görüntüsünün yetersiz kaldığı görülmüş ve 30cm×30cm çözünürlüklü hava fotoğrafı ile değiştirilmiştir. Çözünürlüğün yetersizliğinden kaynaklanan görüntü bozukluğu Ek 7’de gösterilmiştir.



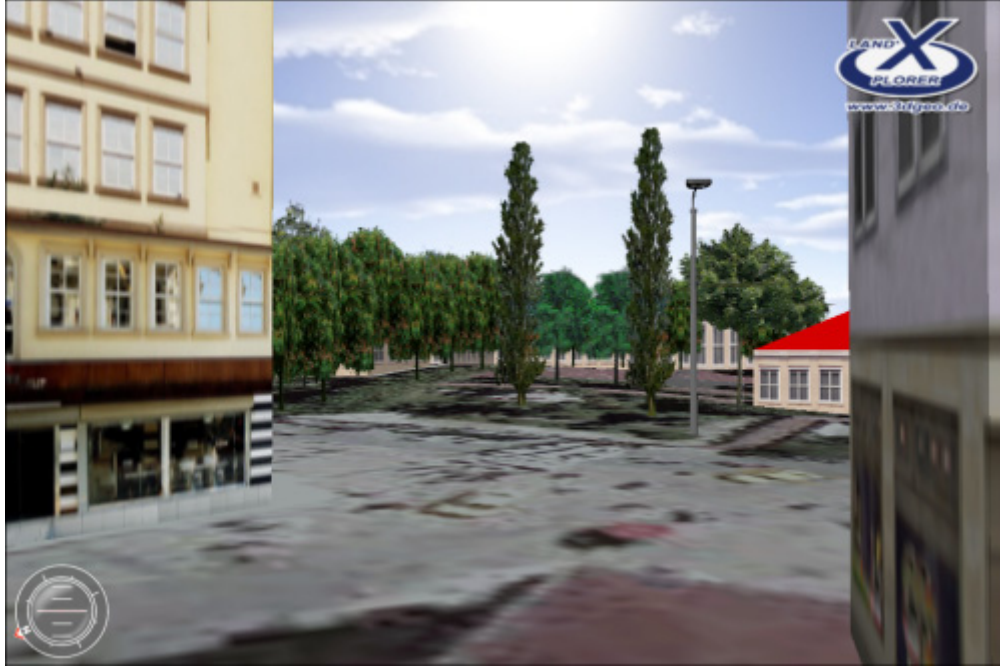
Şekil 6.38 Bina cephe fotoğrafının genişliğinin ayarlanması



Şekil 6.39 LoD2 ayrıntı düzeyinde 3B kent modeli

6.5.2.4 Prototip Nesnelerin Eklenmesi

Prototip nesneler, ağaçlar, elektrik direkleri, trafik işaretleri gibi modellerdir. Bu modelleri, yazılımın kütüphanesinde belirli miktarda mevcuttur. Yetersiz kaldığı durumlarda 3D Studio MAX gibi 3B modelleme yazılımlarında hazırlanmış modeller kent modeline eklenebilmektedir. Bitkiler çok fazla yüzeyden oluştuğu için LoD2 düzeyi için daha basit modellenmiş 3B ağaç modelleri kullanılmıştır (Şekil 6.40). Çizelge 5.1'deki kriterler dikkate alınarak büyük ve önemli olan ağaçlar 3B kent modeline eklenmiştir.



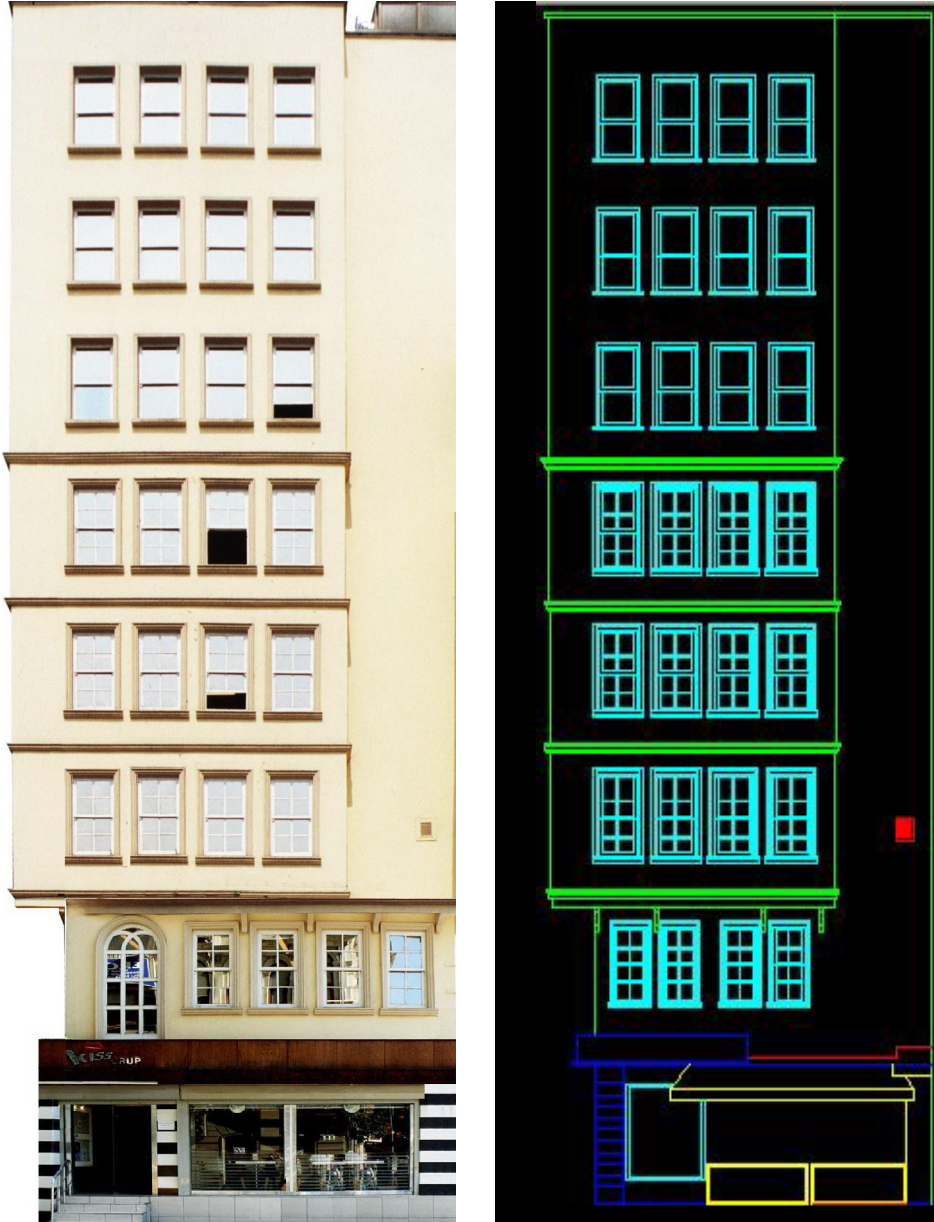
Şekil 6.40 3B ağaç ve 3B prototip nesneler ile zenginleştirilmiş 3B kent modeli

6.5.3 LoD3 Ayrıntı Düzeyinde 3B Kent Modelinin Oluşturulması

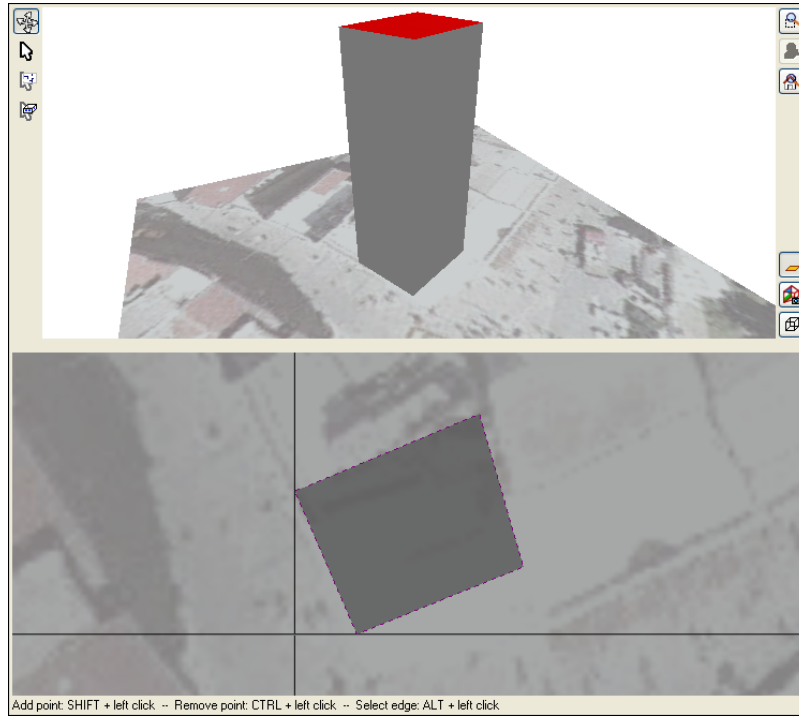
LoD3 ayrıntı düzeyinde bina modelleri için önerilen minimum uzunluk 2m'dir. Bu nedenle bina geometrileri uzunluk olarak 2 m, alan olarak 4 m² eşik değerleri ile basitleştirilmiştir. Basitleştirme işleminde bina alanları korunmuştur. Uygulama bölgesinde 4 m² ve daha küçük bina olmadığı için binaların toplam alanları değişmemiştir. Basitleştirilen bu veriler ile 3B kent modeli tekrar oluşturulmuştur. Bu ayrıntı düzeyinde bina cephelerindeki kapı, pencere, çıkıntı vb. dış detayların ve ayrıntılı olarak modellenmiş 3B mimari modellerin 3B kent modeline eklenmesi gerekmektedir.

6.5.3.1 Bina Dış Yüzey Elemanlarının Modellenmesi

Bu aşamada LoD3 için önerilen basitleştirme işlemi sonucu elde edilen bina verileri ile 3B kent modeli oluşturulmuştur. Bina dış ayrıntılarının belirlenmesi için LandXplorer Studio Professional yazılımının “SmartBuilding” modülü kullanılmıştır. Binaların dış cephe ayrıntıları, binalara ait cephe fotoğrafları ve röleve dosyaları kullanılarak elde edilmiştir (Şekil 6.41). “SmartBuilding” modülünde bina yatayda 2B sınırları ile düşeyde ise 3B olarak gösterilmektedir (Şekil 6.42).

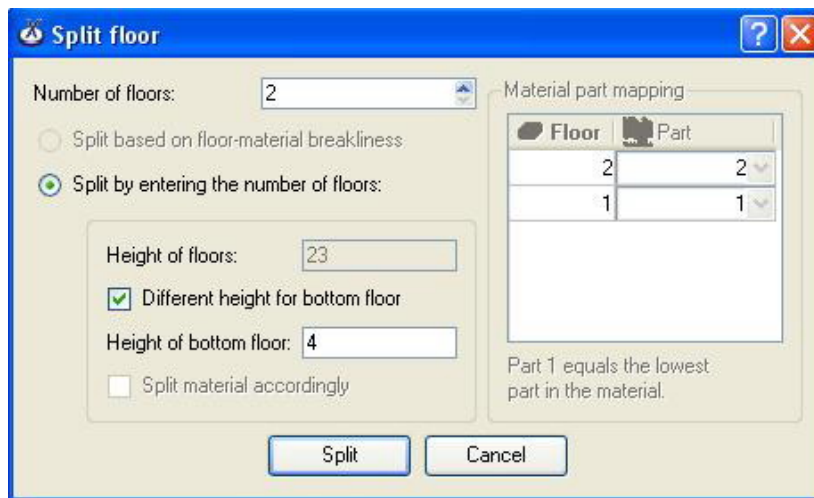


Şekil 6.41 Bina cephe fotoğrafı ve röleve dosyası

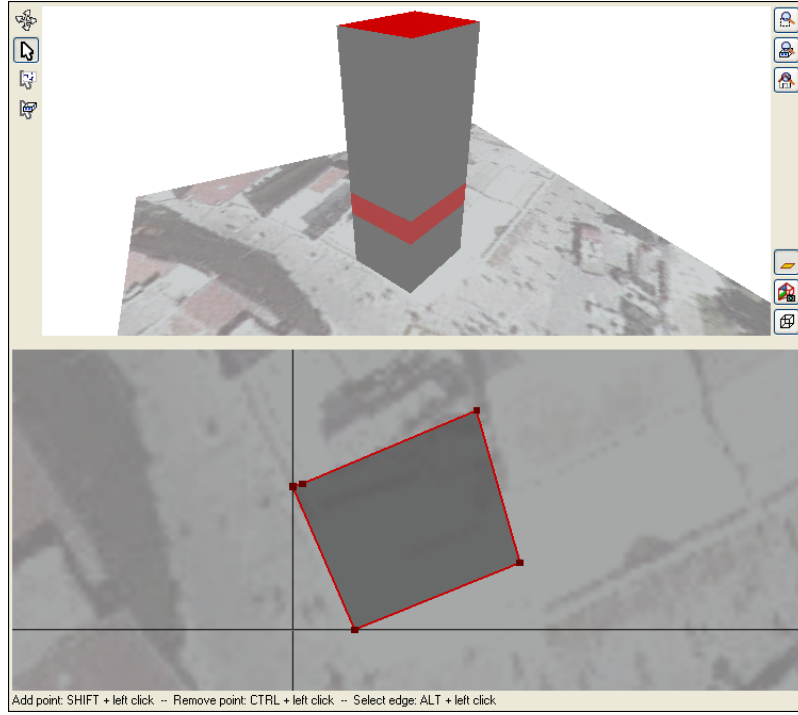


Şekil 6.42 SmartBuilding ile 3B bina modelinin düzenlenmesi

Bu modülde binalar katlara bölünebilmektedir. Zemin katı dükkan olan binalarda zemin kat yüksekliği diğer katlara oranla daha yüksektir. Böyle binalarda katlara ayırma işlemi iki aşamada gerçekleştirilir (Şekil 6.43). Önce zemin kat yüksekliği belirlenir daha sonra diğer katlar eşit yükseklikte olacak şekilde bölünür. Bu işlem Meşrutiyet Caddesi'ndeki binalar için gerçekleştirilmiştir. Binalara ait röleve dosyalarından kat yükseklikleri ölçülmüştür. Ölçü değerlerine göre her bina katlarına ayrılmıştır (Şekil 6.44).

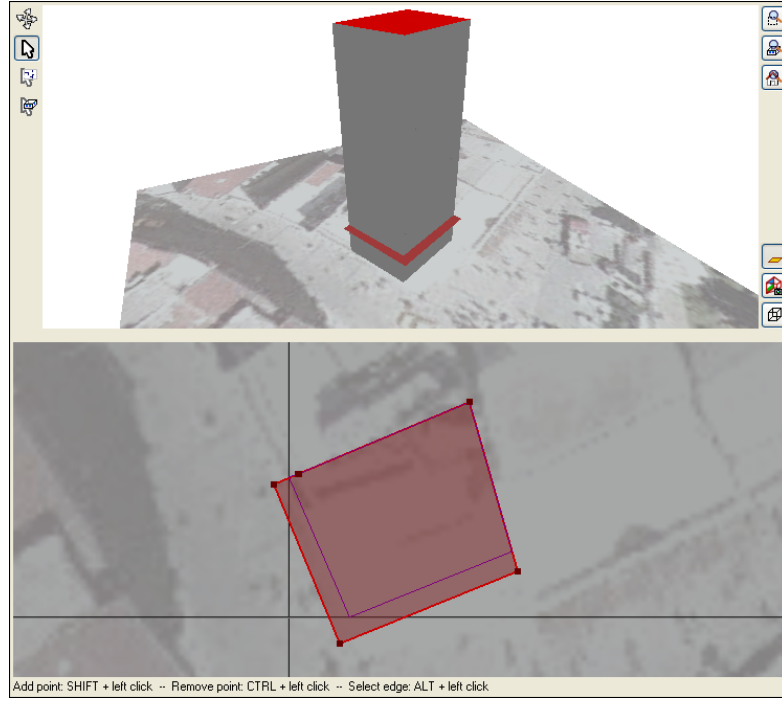


Şekil 6.43 Binanın katlarına ayrılması



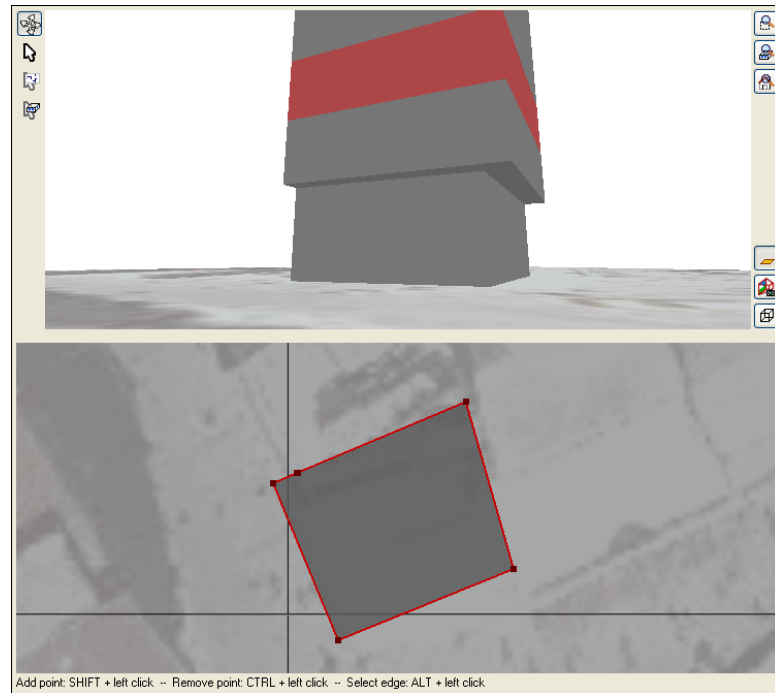
Şekil 6.44 Katlarına ayrılmış 3B bina modeli

Bina çıkıntılarının oluşturulması için her katın zemin planının düzenlenmesi gerekmektedir. Şekil 6.45’de görülen bina ada köşesindedir ve sokağa bakan cephelerinde çıkıntı vardır. Çıkıntılar ölçülerine göre öncelikle 1.kat için 3B bina modelinde gösterilmiştir. Bölünen katların 2B geometrileri görüntülenebilmekte ve yeniden düzenlenerek katların farklı genişlikteki çıkıntıları modellenebilmektedir.



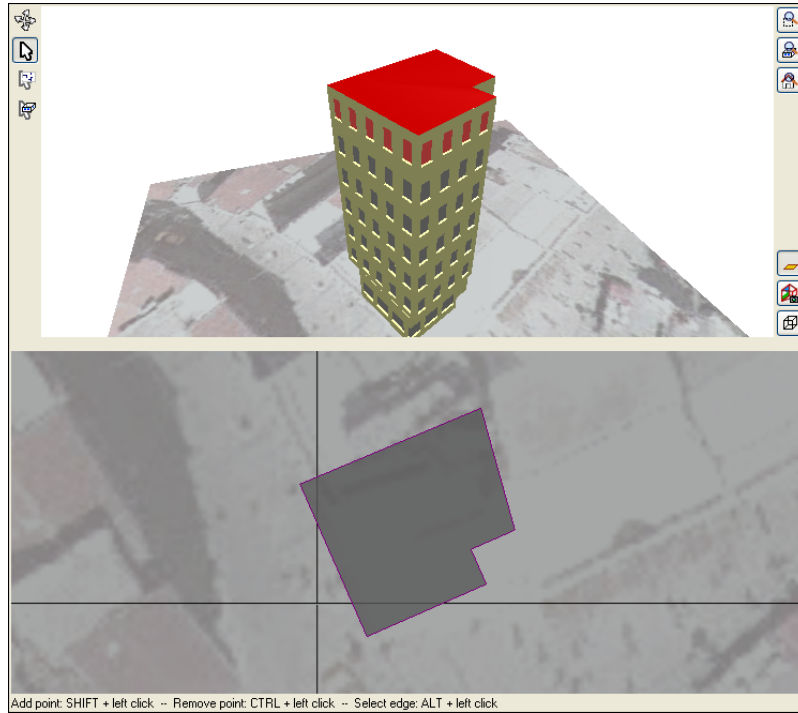
Şekil 6.45 Bina çıkıntılarının oluşturulması

Diğer katlarda bu işlemin tekrarlanmasına gerek yoktur. Çünkü her katın zemin veya duvar planının geometrisi kopyalanıp diğer katların zemin planı veya duvar planlarına eklenebilmektedir. Geometri kopyalama işlemi ile bina çıkıntısı diğer katlara da uygulanmıştır (Şekil 6.46).

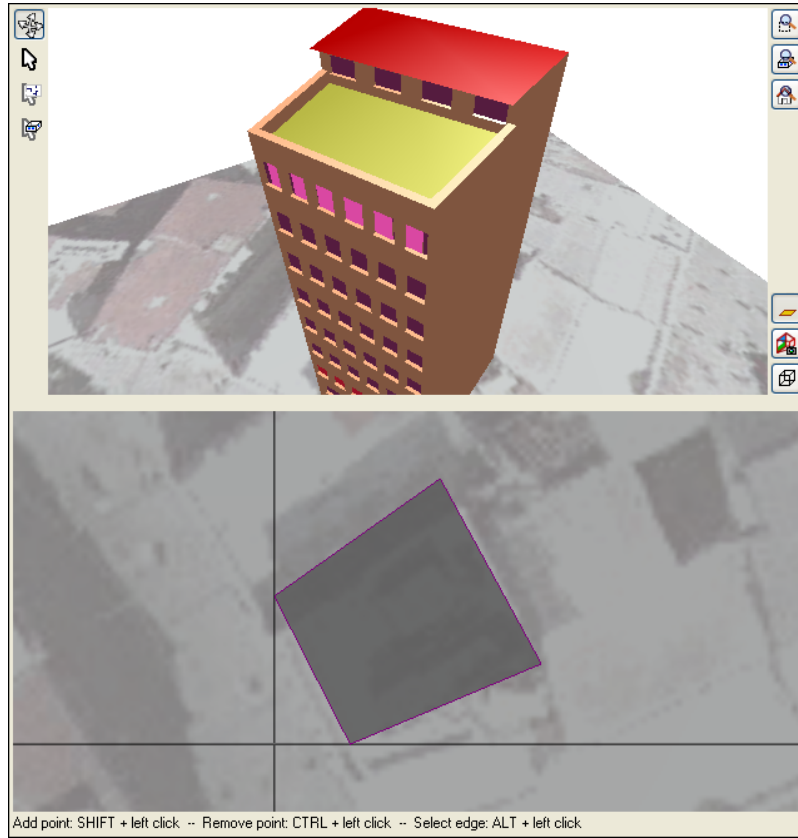


Şekil 6.46 Çıkıntıları oluşturulmuş 3B bina modeli

Pencere oluşturulurken pencere boyutlarının, sayısının ve ilk pencerenin duvar kenarına uzaklığının belirlenmesi gerekmektedir. Bu değerlere göre pencereler oluşturulmuştur. Daha sonra duvar rengi, cam rengi ve cam şeffaflığı belirtilmiştir (Şekil 6.47). Bina katlarının zemin plan geometrileri, duvar geometrileri, duvar kalınlıkları ve çatı geometrileri değiştirilerek çatı katları, balkonlar ve saçaklar modellenmiştir (Şekil 6.48). Pencereler yalnız dikdörtgen veya kare olarak modellenmektedir. Farklı geometrilerdeki pencereler modellenememektedir. Ayrıca camların şeffaflaştırılmasında da geçirgenlik derecesinin ayarlanamaması ile ilgili sorunlar vardır. Herhangi bir cam şeffaf yapıldığında sanki cam yokmuş gibi tamamen binanın içi gözükmemektedir. Sorunlardan bir diğeri de pencereler arası uzaklıkların farklı olarak belirlenememesidir. Pencere sayısına göre duvar eşit aralıklara bölünmektedir. Bu da pencereler arası uzaklıkların farklı olduğu durumların gösterilememesine neden olmaktadır. Ayrıca kapı belirleme olanağı da yoktur.



Şekil 6.47 Pencereleri oluşturulmuş 3B bina modeli



Şekil 6.48 Ayrıntı düzeyi arttırılmış 3B bina modeli

6.5.3.2 Mimari Bina Modellerinin Eklenmesi

LoD3 ayrıntı düzeyinde 3B kent modeli 3B mimari modeller ile zenginleştirilmektedir. Bu işlem Taksim Meydanı'nda gerçekleştirilmiştir. 3D Studio MAX ve Google SketchUp yazımlarında modellenmiş 3B mimari modeller, cadde ve sokak nesneleri (sokak lambası, trafik ışıkları, trafik işaretleri vb.), ağaçlar, küçük bitkiler, arabalar, yollar ve kaldırımlar 3B kent modeline eklenmiştir (Şekil 6.49 ve Şekil 6.50). Yolların SAM üzerine yerleştirilmesinde sorunlar ortaya çıkmıştır. Özellikle eğimin fazla olduğu bölgelerde yol modellerinin bazı kısımları SAM'ın içine girmektedir. Yolun SAM'a değdiği nokta yukarıya kaldırıldığında da temas yüzeyinde aralıklar oluşmuştur (Şekil 6.51). Bu sorunlar yol modellerinin Google SketchUp programında düzenlenmesi ile giderilmiştir.

Ayrıntı düzeyini arttırmak için kullanılan 3B modeller, 3B kent modelinde gezinirken kullanıcının nesneye olan uzaklığına göre farklı ayrıntılarda ekrana gelmektedir. Böylelikle nesnelerin kullanıcıdan uzakta olduğunda çok ayrıntılı gösterimi engellenmiş olmaktadır. Bu da ayrıntı düzeylerinin en önemli özelliğidir. Bu işlem 3B mimari modellerin belirlene eşik değere göre ekranda görüntülenmesi sağlanarak gerçekleştirilmektedir. 3B bir mimari model

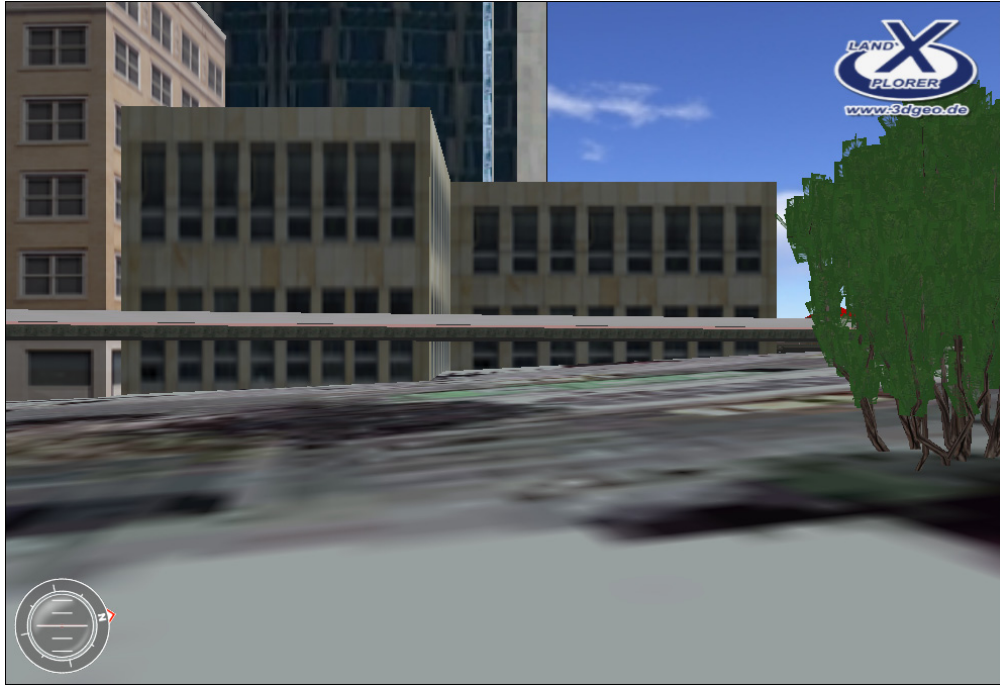
kullanıcıya eşik değerdan daha uzakta bulunuyor ise model üzerinde gösterilmemekte yerine bir alt LoD'deki 3B bina modelinin gösterilmesi sağlamaktadır.



Şekil 6.49 LoD3 ayrıntı düzeyinde 3B Kent modeli



Şekil 6.50 LoD3 ayrıntı düzeyinde 3B Kent modeli



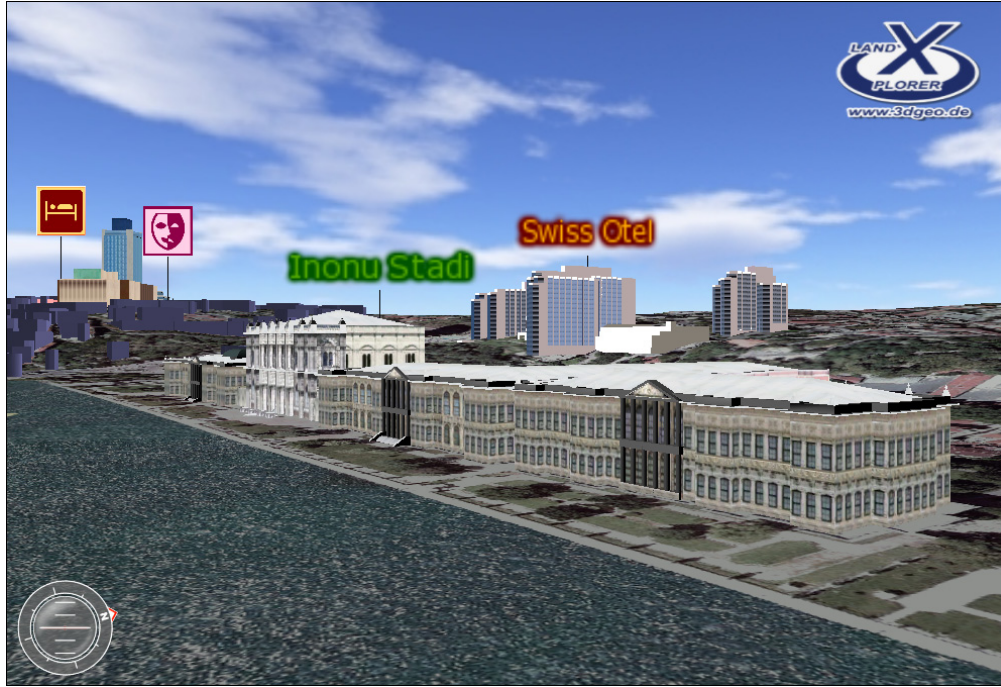
Şekil 6.51 Yolların SAM ile örtüşmemesi sorunu

6.6 3B Kartografik Kent Modelleme

3B kartografik kent modellemede semiotik değişkenler kullanılmaktadır. Bu modellemenin amacı 3B kent modelinde önemli binaların ayrıntılı diğer binaların yatay ve düşey ölçekte ayrıntısız olarak gösterilmesidir. Ayrıca yazılar ve işaretler kullanılarak kullanıcı bilgilendirilir. Uygulamada 3B kartografik kent modelleme kapsamında tüm bölge bina adaları blok hale getirilecek şekilde genelleştirilmiştir. Genelleştirilen bina blokları önemsiz binaların vurgusunun azaltılması için gerçek yüksekliklerinden daha düşük yükseklikte 3B modellenmiştir. Daha sonra önemli binalar 3B mimari model olarak 3B kent modeline eklenmiştir. Önemli yerler harita işaretleri ve yazı kullanılarak açıklanmıştır (Şekil 6.52).

Harita işaretleri ve açıklayıcı yazılar 3B kent modelinde kullanıcının bakış uzaklığına göre üç farklı ayrıntı düzeyinde görüntülenmektedir. Uzaklık en fazla olduğunda nesne işaret (otel, tiyatro vb.) ile açıklanmaktadır. Yaklaştıkça nesnenin bulunduğu yerin adı (Taksim Meydanı, Sultanahmet Meydanı vb.) daha yaklaşıncaya da nesnenin ne olduğu (Atatürk Kültür Merkezi, Dolmabahçe Sarayı vb.) sırasıyla ekranda görüntülenmektedir. Bu geçişlerin hangi aralıklarda olacağı kullanıcı tarafından belirlenebilmektedir. Ayrıca yazı ve işaretler kullanıcının bakış yönüne göre dönerek kullanıcının rahat görebilmesi sağlanmaktadır. Bu aşamada kullanılan harita işaretleri kullanılan yazılımın içeriğinde bulunmamaktadır ve MapInfo yazılımında üretilmiştir. Kartografik 3B kent modelleme ile 3B kent modellerinin görselliği

zenginleştirilmektedir. Böylelikle önemli yerler daha vurgulu gösterilir ve kullanıcının aradığı yeri bulması ve yönünü belirlemesi kolaylaşır.



Şekil 6.52 3B kartografik kent modeli

6.7 Uygulamanın Değerlendirilmesi

Yapılan uygulama değerlendirildiğinde her aşamada yani her ayrıntı düzeyinde yapılan modelleme işlemlerinde, genelleştirme işlemlerinde ve 3B kartografik kent modellemede veri ve yazılım açısından eksiklikler ile karşılaşmış, bunların bir kısmı ilave işlemler ile giderilebilmiş bazıları ise giderilememiştir. Değerlendirme işlemi aşağıda özetlenmiştir:

LoD0 ayrıntı düzeyi: Bu ayrıntı düzeyi 3B bina modellerini içermemektedir. Bu nedenle LoD1 ayrıntı düzeyi için yalnız SAM oluşturulmuştur. Öncelikle SYM oluşturulmuş uydu görüntüsü ve hava fotoğrafları SYM'ye eklenerek SAM elde edilmiştir. SYM oluşturulurken $20m \times 20m$ çözünürlüklü raster SYM verileri kullanılmıştır. $20m \times 20m$ çözünürlüklü verilerin LoD2 ve LoD3 ayrıntı düzeyleri için yetersiz kaldığı görülmüş ve $5m \times 5m$ çözünürlüklü SYM verileri kullanılmıştır. Yüksek çözünürlüklü veri ile SYM oluşturma bilgisayar performansı ve görüntü akıcılığı açısından bir sakıncası olmadığı görülmüştür. SYM üzerine $1m \times 1m$ çözünürlüklü uydu görüntüsü eklenmiş ve SAM elde edilmiştir. Ancak kullanılan uydu görüntüsünün çözünürlüğünün LoD2 ve LoD3 ayrıntı düzeyleri için yetersiz olduğu anlaşılmış ve $30cm \times 30cm$ çözünürlüklü hava fotoğrafları ile değiştirilmiştir. Yüksek

           hava fotoğraflarının da bilgisayar performansını olumsuz etkilemediğı g          . SYM y  seklik bilgilerinin renkler, renk tonları, y  seklik eğrileri ve eğim bilgilerinin eğim taramaları ve renk tonları ile zenginleştirilmiştir. Yazılım   zelliklerinin yetersiz kalması nedeniyle y  seklik eğrilerinin SYM'ye eklenmesi LandXplorer yazılımı tarafından gerçekleştirilememiştir.

LoD1 ayrıntı düzeyi: LoD1 ayrıntı düzeyinde binalar dikdörtgen prizmalar gibi basit 3B geometrik şekiller ile gösterilmektedir. Bu ayrıntı düzeyi için değişik yaklaşımlar vardır. Bazı yaklaşımlar her binanın tek tek modellenmesini desteklerken bazıları binaların blok hale getirilip modellenmesini desteklemektedir. Bu tezde her iki yaklaşımda incelenmiş ve blok bina gösterimlerin büyük alan kaplayan yani çok sayıda binayı içeren 3B kent modelleri için daha hızlı bilgisayar performansı ve daha hızlı veri paylaşımı açısından daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Blok binaların oluşturulmasında genelleştirme işlemleri kullanılmıştır. OGC tarafından önerilen genelleştirme öğütlerinin uygulama bölgesine uygun olmadığı g  r         ve en uygun          belirlenmiştir (Bkz. 6.5.1.1).

3B bina modellerinin oluşturulmasında kullanılan CBS verilerinin bina y  sekliklerini içermemesi nedeni ile bina y  seklikleri bina kat adetlerine göre belirlenmiştir. Uygulama bölgesindeki tüm binaların aynı anda semantik bilgileri ile gerçek y  sekliklerinde modellenebilmesi kullanılan yazılımın üstün özelliklerindendir. Ancak kullanılan verilerin y  seklik bilgilerini içermemesi bina y  sekliklerinin ve kat y  sekliklerinin hassas olarak belirlenmesine engel olmuştur. Kat y  seklikleri binadan binaya farklılık göstermektedir. Bu nedenle kat adetlerine göre bina y  sekliklerinin belirlenmesi doğru değildir. Mevcut verilerin kat y  sekliklerini içerecek şekilde güncellenmesi ve yeni toplanan verilerde bina y  sekliklerinin dikkate alınması gerekmektedir.

LoD2 ayrıntı düzeyi: Bu ayrıntı düzeyinde 3B bina modelleri çatı tiplerini ve cephe fotoğraflarını içermektedir.   atı tipleri kullanılan bina verilerinin semantik bilgilerinden modele aktarılabilir. Ancak   lkemizde mevcut veriler çatı tipleri ile ilgili bilgileri içermemektedir. Bu nedenle ülkemizde sık olarak kullanılan çatı tipleri kat adetleri ile ilişkilendirilerek 3B bina modellerine aktarılmıştır. Gerçekçi 3B kent modellerini oluşturulması için ülkemizdeki mevcut verilerin çatı tiplerini içerecek şekilde güncellenmesi gerekmektedir. Kullanılan yazılımda çatı y  seklikleri y  seklik değerleri veya tepe açıları ile belirlenebilmektedir. Yazılım Almanya'da geliştirildiği için çatı modellerini çok y  sek oluşturmaktadır ve bu çatı y  seklikleri Türkiye için uygun değildir.   atı modellerinin düzenlenmesi 3B kent modeli oluşturulduktan sonra tek tek binaların düzenlenmesi ile

gerçekleştirilmektedir. Çatı yüksekliklerinin daha kolay belirlenmesi ve daha gerçekçi 3B bina modellerinin oluşturulması için veriler yüklenirken çatı yüksekliklerinin belirlenebilmesi daha pratik olacaktır.

Bu ayrıntı düzeyinde 3B binalar bina cephe fotoğrafları ile görselleştirilmektedir. Uygulamada kullanılan bina cephe fotoğrafları bina detaylarının haricinde detayları (ağaç, insan, kablo, kuş, araba, elektrik direği vb.) içermektedir. Fotoğraflar yeniden işlenerek bu gereksiz detaylar temizlenmiştir. Bu oldukça zor ve uzun zaman alan bir işlemdir. Bu nedenle bina cephe verileri yalnız bina cephe bilgilerini içerecek şekilde toplanmalıdır.

LoD3 ayrıntı düzeyi: Bu ayrıntı düzeyinde kullanılan SYM verilerinin, hava fotoğraflarının, bina cephe fotoğraflarının ve bina verilerinin çözünürlüğünün yüksek olması önemlidir. Bina modellerinde 1:1000-1:2500 ölçek aralığındaki verilerin kullanılması uygundur. Oluşturulan 3B kent modelinde cadde ve sokaklarda gezinerek binalar incelenmektedir. Binaların ayrıntılı detayları (kapı, pencere, balkon vb.) bu ayrıntı düzeyinde gösterilmektedir. Daha küçük ölçeklerde bu ayrıntıların gösterimi olanaksızdır. Binalar katlarına ayrıldıktan ve çıkıntıları oluşturulduktan sonra 3B kent modeline aktarılabilir. Ancak ayrılan katlara yeni semantik bilgiler eklenememektedir. Bu nedenle kat düzeyinde sorgulama yapılamamaktadır. Katlara göre sorgulamanın gerçekleştirilebilmesi için bu sorunun çözülmesi gerekmektedir. Ayrıca bina detaylandırma işleminde de kısıtlamalar vardır. Bina pencereleri yalnız dikdörtgen olarak belirlenmektedir. Kapılar ise belirlenememektedir. Binalar kat adetlerine ayrıldıktan sonra her katın cephe fotoğrafının belirlenmesi işlemi yapılamamaktadır. Pencerelerin şeffaflaştırılması işleminde eksiklikler bulunmaktadır. Bu sorunların giderilmesi ile görsel olarak daha gerçekçi bina modelleri oluşturulabilecektir.

Yüksek çözünürlüklü veriler ile oluşturulmuş olan LoD3 ayrıntı düzeyindeki 3B kent modellerinin ekranda daha akıcı olarak gösterilmesinde yüksek kapasiteli ekran kartlarının yanı sıra OpenGL ve DirectX gibi ekran kartını destekleyici yazılımlara gereksinim duyulduğu anlaşılmıştır. Kullanılan yazılım OpenGL ile desteklendiğinde binalar arasında gezinirken görüntü akıcılığı açısından daha iyi performans göstermektedir.

3B bina modelleme yazılımlarında üretilmiş 3B mimari modeller LandXplorer yazılımına yüklendiğinde yatay ve düşey düzlemde konumu tam olarak belirlenebilmektedir. Ancak eğimli yerlerde arazi yüzeyi ile çakışma sorunları meydana gelmektedir. Bu sorun binalar için binanın yüzeye değdiği noktalardan en düşük yükseklikte olan noktaya kadar indirilmesi ile çözülebilmektedir. Ancak yollar gibi uzun ve sürekli nesnelerin arazi yüzeyine tam örtüşmesi

zor olmaktadır. Bu nedenle yolların boyuna ve enine eğimlerinin de göz önünde tutulması gerekmektedir. Bu sorun 3D Studio MAX yazılımında yapılan düzenlemeler ile giderilmiştir. Ancak bu yöntem pratik değildir.

7. SONUÇ ve ÖNERİLER

3B görselleştirmenin en yoğun uygulandığı alanlardan biri olan 3B kent modelleme, kentsel çalışmalarda karar verme, durum belirleme, projelendirme, mühendislik ve çeşitli sektörel uygulamalara altlık oluşturmaktadır. Yani 3B kent modellerinin kullanımı, oluşturulması neredeyse gereklilik haline gelmiştir. Gelişmekte olan 3B modelleme teknolojileri ile karmaşık yapıli bölgelerin ve bu bölgelere ait mekansal bilgilerin modellenenebildiğı yazılımlar üretilmiştir. Bu tezde farklı ayrıntı düzeylerinde 3B kent modelleme konusunda en gelişmiş yazılımlardan biri kullanılmıştır. Ancak uygulama sırasında 3B nesnelerin (bina, ağaç, sokak lambası, yollar vb.) SAM'a yerleştirilmesinde ve bina ayrıntılarının (balkon, pencere, çatı, kapı vb.) belirlenmesinde kısım 6.7'de uygulamanın değeriendirilmesi başlığı altında değinilen sorunlar olduğı görülmüştür. Bu sorunların çözülmesi kullanılan yazılımın geliştirilmesine ve mevcut verilerin 3B kent modellemeye uygun altlık oluşturulacak şekilde güncelleştirilmesine bağılıdır.

Değişik mekansal veri tabanları farklı özellikte mekansal verileri içerebilir. Bu farklılıklar veri toplama amacı, ölçeğı, çözünürlüğü, veri gösteriminde kullanılan koordinat sistemi ve verisi toplanan nesnelerin özelliklerine bağılıdır (Bkz. 6.5.1.3). 3B kent modeli oluşturulurken kullanılan verilerin kalitesi ve özellikleri oluşturulan modelin kalitesini doğrudan etkiler. Fotorealistik olarak en iyi modellerin oluşturulması için bina ve arazi modellerine ilişkin fotoğraflar yüksek çözünürlüklü olmalıdır. Bu tezde yapılan uygulamada özellikle SYM üzerine giydirilen hava fotoğrafının 30cm×30cm çözünürlüklü olmasına rağmen yakın plan gösterimlerde yetersiz kaldığı görülmektedir. SAM üzerine 3B yol modelleri yerleştirilirken çözünürlük yetersiz ise sorunlar çıkmaktadır. Ayrıntı düzeyleri ile 3B kent modellerinde SAM verilerin yüksek çözünürlüklü olması bilgisayar ortamında yavaşlamaya neden olmamaktadır. Bu nedenle SAM oluşturulurken kullanılan ve SAM yüzeyine giydirilen verilerin çözünürlüğünün yüksek olması yararlıdır. Bina cephelerinde kullanılan fotoğrafların bina detaylarının dışında gereksiz ayrıntıları (ağaçlar, arabalar, insanlar, kablolar vb.) içerdığı görülmektedir. Bina cephe fotoğrafları yalnız bina ile ilgili ayrıntıları içermelidir. Mevcut bina cephe fotoğrafları düzenlenmeli yeni toplanan verilerde de gereksiz ayrıntıların olmamasına dikkat edilmelidir.

Ayrıntı düzeyleri ile 3B kent modelleri oluşturulurken kullanılan vektör veriler en yüksek ayrıntı düzeyi için yeterli doğruluk ve çözünürlükte olmalıdır. Daha düşük ayrıntı düzeyleri için bu veriler basitleştirme, eleme ve birleştirme işlemleri ile genelleştirmelidir. Bu tezde yapılan uygulamada LoD1 ayrıntı düzeyi OGC'nin 06-057r1 numaralı raporunda önermiş

olduğu genelleştirme ölçütlerinin uygulama bölgesine uygun olmadığı anlaşılmıştır. Her ayrıntı düzeyinde binaların bitişik veya ayırık nizamda olması, bina sınırlarının düzgün veya karmaşık olması, uygulama bölgesinin büyüklüğü ve arsa değerleri, en küçük bina alanı ve binaların yükseklikleri genelleştirme ölçütlerini etkilemektedir. Bu nedenle Çizelge 5.1’de belirtilen ölçütler bölgesel özelliklere (bina yoğunluğu, bitişik veya ayırık nizamlı yapılaşma olması ve bina geometrilerinin karmaşıklığı gibi) göre belirlenmelidir. Bu çalışmadaki uygulama bölgesi için LoD1 ayrıntı düzeyinde basitleştirme ve birleştirme için 4 m, eleme için de 16 m² eşik değerlerinin uygun olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Ayrıca LoD1 ayrıntı düzeyi için aynı yükseklikte olan binaların blok olarak modellenmesi yönteminin bilgisayar performansı açısından yararlı olduğu görülmüştür. Büyük bölgeler için yapılan 3B kent modellerinde ayrıntı düzeyleri kullanılsa da bina sayısının çok fazla olması bilgisayar ortamında işlem hızını yavaşlatmaktadır. Blok binaların oluşturulması ile bu yavaşlama büyük oranda azalmaktadır. Ayrıca binaların konum, alanları ve yükseklikleri ile ilgili bir değişikliğe neden olmamaktadır. Bu nedenle özellikle büyük 3B kent modellerinde blok gösterimlerin kullanılması faydalıdır.

Kartografik 3B kent modelleme ile semiotik değişkenleri içeren 3B kent modelleri oluşturulmaktadır. Böylelikle 3B kent modellerinin harita özelliklerini de içermesi sağlanmaktadır. Günümüzde bu konudaki çalışmalar yenidir ve gelişmeye açıktır. Kartografik görselleştirmede kullanılan görsel değişkenler (biçim, büyüklük, renk, renk tonu, doğrultu ve doku) ve grafik elemanlar (nokta, çizgi, alan, işaret, diyagram, yarım ton ve yazı) 3B kent modellemede tam olarak kullanılmamaktadır. Semiotik değişkenlerin 3B kent modellemede kullanılması ile ayrıntı düzeyleri kavramının temel amaçlarından birisi olan amaca yönelik modelleme kavramı da gerçekleşmektedir. Semiotik değişkenlerin kullanılması ile 3B kent modelleri gereksiz ayrıntıların gösterilmesinden kurtularak amaca yönelik modellenmekte yazı ve harita işaretleri ile zenginleştirilmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalar görsel değişkenlerin ve grafik elemanların 3B kent modellemede kullanımını daha da arttırmaya yönelik olacaktır. Tasvirsel görselleştirme yöntemi, bu açıdan uygulamaya ve gelişmeye açıktır.

Binaların gerçeğe en yakın modellenmesi için cephe bilgilerinin, bina çıkıntılarının, çatı tiplerinin ve iç mekan nesnelerinin gösterilmesi gerekmektedir. Günümüzde bu bilgilerin 3B kent modellerine aktarılması için birçok ülke veri tabanlarını geliştirmektedir. Bu amaca paralel olarak birçok Avrupa ülkesi 3B bina bilgileri (çatı tipleri, bina yükseklikleri, bina giriş çıkış yerleri, bina çıkıntıları vb.) ile veri tabanlarını bütünleştirmiş ve yeni verilerin

toplanmasında bu özellikleri dikkate almaktadır. Örneğin Almanya’da ATKIS sisteminde 3B kent modelleme amaçlı bilgiler mevcuttur. Ülkemizde şu anda CBS amacı için toplanmış olan 2B bina verileri sınırlı olarak 3B bina bilgilerini de içermektedir. Örneğin; İstanbul Büyükşehir Belediyesi’ndeki CBS verileri kat adedi bilgilerini içermektedir ve bu bilgiler 3B kent modellerinde kullanılabilir. Ancak tarihi yapıların kat adedi yükseklikleri günümüzdeki bina kat yüksekliklerinden daha yüksek olduğu için bina yüksekliklerinin doğru olarak 3B kent modellerine aktarılması gerçekleştirilememektedir. Bu nedenle daha doğru sonuçlara ulaşmak için kullanılmakta olan bu verilere kat adetlerinin yanı sıra bina yüksekliklerinin metrik olarak da eklenmesi gerekmektedir.

Bu tezde yapılan araştırmalar ve öneriler doğrultusunda ülkemizde özellikle büyükşehirlerde ihtiyaç duyulan 3B kent modelleri daha büyük bölgelerde ve daha hızlı olarak oluşturulabilecektir. Ayrıca semiotik değişkenlerin kullanılması ile kartografik özellikleri içeren amaca yönelik, gereksiz ayrıntıların azaltıldığı ve önemli ayrıntıların vurgulandığı 3B kent modelleri oluşturulacaktır. Böylelikle 3B kent modellerinin harita özellikleri de içermesi sağlanmış olacaktır.

KAYNAKLAR

- Abdul Rahman, A., (1994), "Digital Terrain Model Data Structures", Buletin Ukur, 5 (1). pp. 61-72.
- Abdul-Rahman, A. and Pilouk, M., (2008), "2D and 3D Spatial Representations", In: Spatial Data Modelling for 3D GIS, Chapter 3, Springer, Berlin, pp.25-42.
- AGENT Consortium, (1999), "Constraint Analysis", Project Report DA2, ESPRIT/LTR/24.
- Anders, K.H., (2005), "Level of Detail Generation of 3D Building Groups by Aggregation and Typification", Proceedings of 22st International Cartographic Conference, 9-16 August, La Coruna, Spain, (CD).
- Bader, M., Barrault, M., and Weibel, R., (2005), "Building Displacement Over A Ductile Truss", International Journal of Geographical Information Science, Vol. 19, pp. 915-936.
- Bai, F., and Chen, X.Y., (2001), "Generalization for 3D GIS", In: Proceedings of the 3rd ISPRS Workshop on Dynamic and Multi-Dimensional GIS, Eds: Chen, J., Chen, X.Y., Tao, C., and Zhou, Q.M., pp. 8-11.
- Başaraner, M., (1997), "Turistik Amaçlı Coğrafi Bilgi Sistemi Oluşturulması", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Başaraner, M., (2005), "Nesne Yönelimli Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında Orta Ölçekli Topografik Haritalar için Bina ve Yerleşim Alanlarının Otomatik Genelleştirilmesi ", Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bertin, J., (1982), "Graphische Darstellungen - Graphische Verarbeitung von Informationen", Übersetzt und Bearbeitet von Wolfgang Scharfe, Walter de Gruyter, Berlin.
- Bidoshi, K., (2003), "Virtual Reality Visualizations for Maps of The Future", PhD Thesis, The Ohio State University, USA.
- Bildirici, İ.Ö., ve Uçar, D., (1996), "Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Genelleştirme", 6. Harita Kurultayı, HKMO, Ankara, Mart 3-7, pp.75-85.
- Bildirici, İ.Ö., (2000), "1:1000-1:25000 Ölçek Aralığında Bina ve Yol Objelerinin Sayısal Ortamda Kartografik Genelleştirmesi", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bildirici, İ.Ö., ve Uçar, D., (2001), "Digital Generalization of Buildings: Comprehension Problem", 4th International Symposium of Turkish-German Joint Geodetic Days, Vol.1, pp. 163-171.
- Blaser, A., (2000), "A Study of People's Sketching Habits in GIS", Spatial Cognition and Computation, Vol.2, pp.393-419,
- Brenner, C., Dold, C., and Jülge, K., (2003), "Fusion, Interpretation and Combination of Geodata for The Extraction of Topographic Objects", The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Eds: Maas, H.G., Vosselman, G., Streilein, A., Vol. XXXIV, Part 3W13.
- Brodlie, K., and El Khalili, N., (2002), "Web-based Virtual Environments", In: Virtual Reality in Geography, Eds.: Fisher, P., and Unwin, D., Taylor & Francis, pp. 35-46.

- Bronsvort, W.F., and Noort, A., (2004), "Multiple-View Feature Modeling for Integral Product Development", *Computer-Aided Design*, 36(10), pp. 929-946.
- Brunet, P., (1992), "3-D Structures for the Encoding of Geometry and Internal Properties", In: *Three-Dimensional Modeling with Geoscientific Information Systems*, Eds.: Turner, A.K., NATO ASI Series C, Kluwer Academic Publishing, Dordrecht, Vol. 354, pp. 159-188.
- Buchele, S., and Crawford, R., (2003), "Three-Dimensional Halfspace Constructive Solid Geometry Tree Construction from Implicit Boundary Representations, SM'03, Seattle, WA, June, (CD).
- Buchholz, H., and Döllner, J., (2005), "Visual Data Mining in Large-Scale 3D City Models", 2th International Conference and Exhibition on Geographic Information, Estoril Congress Center, May 30 - June 2, Estoril, Portugal, (CD).
- Buchholz, H., Döllner, J., Nienhaus, M., and Kirsch, F., (2005), "Real-Time Non-Photorealistic Rendering of 3D City Models", *Proceedings of The 1st International Workshop on Next Generation 3D City Models*, June 21-22, Bonn, Germany, (CD).
- Camara, M.A.U., and Lopez, F.J.A., (2000), "Mathematical Morphology Applied to Raster Generalization of Urban City Block Maps", *Cartographica*, Vol. 37, pp. 33-48.
- Card, S.K., and Nation, D., (2002), "Degree-of-Interest Trees: A Component of an Attention-Reactive User Interface", In: *International Conference on Advanced Visual Interfaces (AVI'02)*, May 22-24, Trento, Italy, (CD).
- Carleer, A., and Wolff, E., (2004), "Exploitation of Very High Resolution Satellite Data for Tree Species Identification", *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 70(1), pp. 135-140.
- Carrozzino, M., Evangelista, C., and Bergamasco, M., (2009), "The Immersive Time-Machine: A Virtual Exploration of The History of Livorno", *Proceedings of the 3rd ISPRS International Workshop 3D-ARCH 2009: 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures*, 25-28 February, Trento, Italy.
- Çelebi, M.R., (1984), "Yapı Elemanları", Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yapı Elemanları ve Malzemeleri Bilim Dalı, sayfa: 129-131.
- Damen, J., van Kreveld, M., and Spaan, B., (2008), "High Quality Building Generalization by Extending the Morphological Operators", 11th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation, 20-21 June, Montpellier, France.
- Doğru, A.Ö., ve Uluğtekin, N., (2007), "Çoklu Gösterim Veritabanları ve Navigasyon Haritası Tasarımı", *İTÜ Dergisi*, Cilt: 6, Sayı: 2, Nisan 2007, sayfa: 3-14.
- Dong, F., (1996), "Three-Dimensional Models and Applications in Subsurface Modeling", Department of Geomatics Engineering, Reports No. 20093, University of Calgary, pp.93.
- Döllner, J., and Walther, M., (2003), "Real-Time Expressive Rendering of City Models", *Proceedings IEEE 2003 Information Visualization*, London, pp.245-250.
- Döllner, J., and Buchholz, H., (2005), "Continuous Level-of-Detail Modeling of Buildings in 3D City Models", *Proceedings of ACM GIS 2005*, pp. 173-181.

- Döllner, J., Buchholz, H., Nienhaus, M., and Kirsch, F., (2005), "Illustrative Visualization of 3D City Models", Proceedings of the Conference on Visualization and Data Analysis, IS&TSPIE, St. Andrews, Scotland, pp. 42-51.
- Döllner, J., Baumann, K., and Buchholz, H., (2006a), "Virtual 3D City Models as Foundation of Complex Urban Information Spaces", CORP 2006 & Geomultimedia'06, February 13-16, Vienna, Austria, (CD).
- Döllner, J., Kolbe, T.H., Liecke, F., Sgouros, T., and Teichmann, K., (2006b), "The Virtual 3D City Model of Berlin - Managing, Integrating and Communicating Complex Urban Information", In: Proceedings of the 25th Urban Data Management Symposium UDMS'06, May 15-17, Aalborg, Denmark, (CD).
- Duchaineau, M., Wolinsky, M., Sigeti, D.E., Miller, M.C., Aldrich, C., and Mineev-Weinstein, M.B., (1997), "ROAMing Terrain: Real-Time Optimally Adapting Meshes", In: Proceedings of The 8th Conference of Visualization '97, October 18-24, Phoenix, AZ, pp. 81-87.
- Eldem, S.H., (1973), "Yapı", Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi (DGSA), Yüksek Mimarlık Bölümü, Yapı Kürsüsü, Birsen Kitapevi Yayınları, Arpaz Matbaacılık.
- Fairchild, K., (1993), "Information Management Using Virtual Reality-Based Visualizations", In: Virtual Reality Applications and Explorations, Eds.: Wexelblat, A., Academic Press Professional, pp. 45-74.
- Forberg, A., (2004), "Simplification of 3D Building Data", Proceedings of the ICA Workshop Generalisation and Multiple Representation, 20-21 August, Leicester, UK, (CD).
- Forberg, A., and Mayer, H., (2004), "Squaring and Scale-Space Based Generalization of 3D Building Data", XXth ISPRS Congress, 12-23 July, Istanbul, (CD).
- Gökgöz, T., (2002), "Kartografyada Özel Konular", Yüksek Lisans Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gröger, G., Kolbe, T.H., Drees, R., Kohlhaas, A., Müller, H., Knospe, F., Gruber, U., and Krause, U., (2004), "Das Interoperable 3D-Stadtmodell der SIG 3D der GDI NRW", Version 2, NRW GDI SIG 3D Meeting, 07 May, Düsseldorf, Germany, (CD).
- Gröger, T., Kolbe, T.H., and Czerwinski, A., (2006), "Overview of CityGML", In: Candidate OpenGIS CityGML Implementation Specification, Open Geospatial Consortium Inc., Reference Number: OGC 06-057r1.
- Haist, J., and Korte, P., (2006), "Adaptive Streaming of 3D-GIS Geometries and Textures for Interactive Visualisation of 3D City Models", 9th AGILE International Conference on Geographic Information Science, 20-22 April, Visegrad, Hungary, (CD).
- Hampe, M., Anders, K., and Sester, M., (2003), "MRDB Applications for Data Revision and Real-Time Generalisation", ICC Proceedings, Durban, pp. 192-202.
- Heaberling, C., (2002), "3D Map Presentation - A Systematic Evaluation of Important Graphic Aspects", Proceedings to the Mountain Cartography Workshop of ICA, Mt. Hood, Oregon, USA.
- Heywood, I., Cornelius, S., and Carver, S., (2006), "An Introduction to Geographic Information Systems", 3rd Edition, Harlow, England, Pearson Education Limited, pp. 58-59.

Hopkinson, C., and Chasmer, L., (2008), "LIDAR", Encyclopedia of Geographic Information Science, SAGE Publications.

Jaakkola, O., (1998), "Multi-Scale Categorical Data Bases with Automatic Generalization Transformations Based on Map Algebra", Cartography and Geographic Information Systems, Vol. 25, No.4, pp.195-207.

Jaynes, C., Riseman, E., and Hanson, A., (2003), "Recognition and Reconstruction of Buildings from Multiple Aerial Images", Proceedings ASPR 2001, St. Louis, USA.

Jobst, M., Kyprianidis, J.E., and Döllner, J., (2008), "Mechanisms on Graphical Core Variables in the Design of Cartographic 3D City Presentations", Geospatial Vision-New Dimensions in Cartography, Lecture Notes on Geoinformation and Cartography, New Zealand, pp. 45-59.

Jones, C.B., (1989), "Data Structures for Three-Dimensional Spatial Information Systems in Geology", International Journal of Geographical Information Systems, Vol.3, No. 1, Taylor & Francis, London, pp. 15-31.

Jones, C.B., Bundi, G.L., and Ware, J.M., (1995), "Map Generalization with A Triangulated Data Structure", Cartography and Geographic Information Systems, Vol. 22, pp. 317-331.

Jones, C.B., (1997), "Geographic Information Systems and Computer Cartography", Harlow: Addison Wesley Longman, pp. 319.

Kada, M., (2002), "Automatic Generalization of 3D Building Models", The International Archives of The Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXIV, Part 4, pp.243-248.

Kim, Z., and Nevatia, Z., (2004), "Automatic Description of Complex Buildings from Multiple Images", Computer Vision and Image Understanding, 96 (1), pp. 60-95.

Kolbe, T.H., and Gröger, G., (2003), "Towards Unified 3D City Models", Proceedings of The ISPRS Comm. IV Joint Workshop on Challenges in Geospatial Analysis, Integration and Visualization II, October 14-17, Stuttgart, Germany, (CD).

Kolbe, T.H., (2004), "Interoperable 3D-Visualisierung - 3D Web Map Server", KS Band 9 - Der XFaktor - Mehrwert für Geodaten und Karten, Bonn, pp. 130-140.

Kolbe, T.H., and Plümer, L., (2004), "Bridging The Gap Between GIS ad CAAD - Geometry, Referencing, Representations, Standards and Semantic Modeling", GIM International, July, pp. 12-15.

Kolbe T.H., Gröger G., ve Plümer, L. (2007), "CityGML - Interoperable Access to 3D City Models", In: Proceedings of the Int. Symposium on Geoinformation for Disaster Management, Eds: Oosterom, van P., Zlatanova, S., Fendel, E.M., 21-23 March, Delft, Netherlands, Springer.

Kosslyn, S.M., (1980), "Image and Mind", Harvard University Press, Cambridge.

Kraak, M.J., (1999), "Cartography and the Use of Animation" In: Multimedia Cartography, Eds: Cartwright, W., Peterson, M.P., Gartner, G., Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, pp.173-180.

Kreveld, van M.J., (2001), "Smooth Generalisation for Continuous Zooming", Proceedings of The 20th International Cartographic Conference, Beijing, China, pp. 2180-2185.

- Lal, J., and Meng, L., (2003), "Aggregation on The Basis of Structure Recognition", ICA Workshop on Progress in Automated Map Generalisation, IGN, 28-30 April, Paris, France.
- Lal, J., and Meng, L., (2004), "3D Building Recognition Using Artificial Neural Network", ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation, 20-21 August, Leicester, UK.
- Lamy, S., Ruas, A., Demazeau, Y., Baeijs, C., Jackson, M., Mackaness, W., and Weibel, R., (1999), "AGENT Project: Automated Generalisation New Technology", 5th EC-GIS Workshop, 28-30 June, Stresa, Italy.
- Lattuada, R., (2006), "Three-Dimensional Representation and Data Structures in GIS and AEC" ", In: Large-Scale 3D Data Integration, Eds: Zlatanova, S., and Prosperi, D., Taylor & Francis, USA, pp. 57-86.
- Lee, D., (1999), "New Cartographic Generalization Tools", Proceedings of 19th ICC Conference, 14-21 August, Ottawa, USA, (CD).
- Lee, D., and Hardy, P., (2005), "Automating Generalization - Tools and Models", Proceedings of the 22nd International Cartographic Conference (ICC'05), 9-16 July, La Coruna, Spain, (CD).
- Li, R., (1994), "Data Structures and Application Issues in 3-D Geographic Information Systems", *Geomatica*, Vol.48, No.3, pp. 209-224.
- Li, Z.L., Yan, H., Ai, T., and Chen, J., (2004), "Automated Building Generalization Based on Urban Morphology and Gestalt Theory", *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 18(5), pp. 513-534.
- Li, Z.L., Zhu, Q., and Gold, C., (2005), "Digital Terrain Modelling: Principles and Mothodology", CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, FL.
- Li, Z.L., (2007), "Algorithms for Translations of Three-Dimensional Surfaces and Features", In: *Algorithmic Foundation of Multi-Scale Spatial Representation*, CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, FL, pp. 255-269.
- Lonergan, M.E., and Jones, C.B., (2001) "An Iterative Displacement Method for Conflict Resolution in Map Generalisation", *Algorithmica*, Vol.30, pp.287-301.
- Luebke, D., Reddy, M., Cohen, J., Varshney, A., Vatson, B., and Huebner, R., (2003), "Level of Datail for 3D Graphics", Morgan Kaufmann, San Francisco.
- Lynch, K., (1960), "The Image of the City", Cambridge: MIT Press.
- Maass, S., Trapp M., Kyprianidis, J.E., Döllner, J., Eichhorn, M., Pokorski, R., Bäuerlein, J., and v.Hesberg, H., (2008), "Techniques for The Interactive Exploration of High-Detail 3D Building Reconstructions Using The Example of Roman Cologne", VSM 2008 - Conference on Virtual Systems and MultiMedia Dedicated to Digital Heritage, Limassol, South Cyprus.
- Mackaness, W.A., and Purves, R.S., (2001), "Automated Displacement for Large Numbers of Discrete Map Objects", *Algorithmica*, 30(2), pp. 302-311.
- Mayer, H., (2005), "Scale-spaces for Generalization of 3D Buildings", *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 19, 975-997.
- Meagher, D., (1982), "Geometric Modelling Using Octree Encoding", *Computer Graphics and Image Processing*, Vol. 19, pp. 129-147.

- Meng, L., (2002), "How can 3D Geovisualization Please Users Eyes Better?", *Geoinformatics Magazine for Geo-IT Professionals*, Vol.5, Emmeloord, The Netherlands, pp. 34-35.
- Meng, L., and Forberg, A., (2007), "3D Building Generalization", In: *Generalisation of Geographic Information: Cartographic Modelling and Applications*, Eds: Mackaness, W., Ruas, A., and Sarjakoski, T., VTEX, Vilnius, Chapter 11, pp. 211-232.
- Midtbo, T., (1996), "Spatial Modelling by Delaunay Networks of Two and Three Dimensions", PhD Thesis, Norwegian Institute of Technology, University of Trondheim, Norway.
- Oosterom, van P., (1995), "The GAP-tree, an Approach to "on-the-fly" Map Generalization of an Area Partitioning", In: *GIS and Generalization, Methodology and Practice*, Eds: Muller, J.C., Lagrange, J.P., and Weibel, R., Taylor & Francis, London, pp. 120-132.
- Oosterom, van P., Stoter, J., and Jansen, E., (2006), "Bridging the Worlds of CAD and GIS", In: *Large-Scale 3D Data Integration*, Eds: Zlatanova, S., and Prosperi, D., Taylor & Francis, USA, pp. 9-36.
- Penninga, F., (2005), "Towards 3D Topography Using a Feature-Based Integrated TIN/TEN Model", In: *AGILE 2005: Proceedings of the 8th Conference on Geographic Information Science*, Eds: Toppen, F., and Painho, M., Lisbon: ISEGI-UNL, pp. 373-381.
- Peterson, M. P., (1999), "Elements of Multimedia Cartography", In: *Multimedia Cartography*, Eds: Cartwright, W., Peterson, M., Gartner, G., Springer-Verlag Berlin, pp. 31-40.
- Petzold, B., (2003), "3D City Models - Nice Toy or Basis Information of the City Council?", FIG Working Week 2003, April 13-17, Paris, France, (CD).
- Peucker, T.K., and Chrisman, N., (1975), "Cartographic Data Structures", *The American Cartographer*, Vol. 2, No. 1, pp. 55-69.
- Peucker, T.K., (1978), "Data Structures for Digital Terrain Models: Discussion and Comparison", 1st. International Advanced Study Symposium on Topological Data Structures for Geographical Information Systems, Harvard Paper on GIS, Edited by G. Dutton, Vol. 5., pp. 30-42.
- Portele, C., (2007), "Revision Notes for OpenGIS Implementation Specification: Geographic information - Geography Markup Language Version 3.2.1", Open Geospatial Consortium, Inc., Reference Number: OGC 07-061.
- Putten, van J., and Oosterom, van P., (1998), "New Results with Generalised Area Partitionings", In: *Proceedings of 8th International Symposium on Spatial Data Handling*, pp. 485-495.
- Qingquan, L., and Deren, L., (1996), "Hybrid Data Structure Based on Octree and Tetrahedron in 3-D GIS", *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* Vol. XXXI, Part B, Commission 4, Eds: Kraus, K., and Waldhausl, P., International Congress of Photogrammetry and Remote Sensing, Vienna, pp. 503-507.
- Ramos, F., Siret, D., and Musy, M., (2004), "A 3D GIS for Managing Building Rehabilitation Process", *Proceedings of The 12th International Conference on Geoinformatics*, 7-9 June, Gavle, Sweden, (CD).
- Regnault, N., (2001), "Contextual Building Typification in Automated Map Generalization", *Algorithmica*, 30(2), pp. 312-333.

- Regnauld, N., and Revell, P., (2007), "Automatic Amalgamation of Buildings for Producing Ordnance Survey 1:50,000 Scale Maps", *The Cartographic Journal*, Vol. 44, pp. 239-250.
- Rhyne, M.T., (1997), "Going Virtual with Geographic Information and Scientific Visualization", *Computers & Geosciences*, Vol. 23, No. 4, pp. 489-491.
- Ribelles, J., Heckbert, P.S., Garland, M., and Stahovich, T.F., (2001), "Finding and Removing Features from Polyhedra", *Proceedings of DETC'01, ASME Design Engineering Technical Conferences*, Pittsburgh, Pennsylvania, USA, (CD).
- Richards, J.A., and Jia, X., (1999), "Remote Sensing Digital Image Analysis", Springer, New York, pp. 1-7.
- Rottenstainer, F., (2001), "Semi-Automatic Extraction of Buildings Based on Hybrid Adjustment Using 3D Surface Models and Management of Building Data in A TIS", Ph.D. dissertation, Vienna University of Technology, Vienna.
- Ruas, A., (1998), "A Method for Building Displacement in Automated Map Generalisation", *International Journal of Geographical Information Science*, Vol.12, pp. 789-803.
- Samet, H., (1984), "The Quadtree and Related Hierarchical Data Structures", *ACM Computing Surveys*, Vol. 16, No. 2, pp. 187-260.
- Schilcher, M., Roschlaub, R., and Guo, Z., (1998), "Vom 2D-GIS zum 3D-Stadtmodell durch Kombination von GIS, CAD und Animationstechniken", *Proceedings ACS '98, Fachseminar Geoinformationssysteme*, 12-14 November, Frankfurt, Germany, (CD).
- Schulte, C., and Coors, V., (2008), "Development of a CityGML ADE for Dynamic 3D Flood Information", *Proceedings of 3rd International Joint Conference on Information Systems for Crisis Management*, 4-6 August Harbin, China, (CD).
- Selçuk, M., Uçar, D., Uluğtekin, N., Bildirici, İ.Ö., Gökgöz, T., Başaraner, M., Yücel, M.A., Gülgen, F., Bilgi, S., ve Doğru, A.Ö., (2006), "Sayısal Kartografya ve Mekansal Bilişim", *Türkiye Bilişim Ansiklopedisi*, Eds: Ören, T., Üney, T., ve Çölkesen, R., Türkiye Bilişim Vakfı (TBV) & Papatya Yayıncılık, pp. 689-694.
- Sester, M., (2000), "Generalization Based on Least Squares Adjustment", *ISPRS-International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol.13, pp. 931-938.
- Sester, M., (2005), "Optimization Approaches for Generalization and Data Abstraction", *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 19 (8-9), pp. 871-897.
- Sester, M., (2007), "3D Visualization and Generalization", *Photogrammetric Week 2007*, Stuttgart, Germany, pp. 285-295.
- Smaalen, J.W.N. van, (1996), "Spatial Abstraction Based on Hierarchical Re-classification", *Cartographica*, Vol.33, No.1, pp. 65-73.
- Sohn, G., (2004), "Extraction of Buildings from High-Resolution Satellite Data and LIDAR", *ISPRS*, 12-23 July, Istanbul, Turkey, (CD).
- SSC (Swiss Society of Cartography), (1987), "Cartographic Generalization - Topographic Maps", *Cartographic Publication Series*, No.2, Zurich, pp. 22.
- Su, B., Li, Z., Lodwick, G., and Muller, J.C., (1997), "Algebraic Models for the Aggregation of Area Features Based upon Morphological Operators", *International Journal of Geographical Information Science*, Vol.11, pp. 233-246.

- Tang, T., Zhao, W., Gong, H., Zhang, A., Pan, J.G., and Liu, Z.Q., (2008), "Terrestrial Laser Scan (LIDAR) Survey and 3D TIN Model Construction of Urban Buildings in a Geospatial Database", *Geocarto International*, Taylor & Francis Inc., Vol. 23, Issue 4, pp. 259-272.
- Tao, C.V., (2006), "3D Data Acquisition and Object Reconstruction for AECCAD", In: *Large-Scale 3D Data Integration*, Eds: Zlatanova, S., and Prosperi, D., Taylor & Francis, USA, pp. 39-57.
- Taylor, D.R.F., (2003), "The Concept of Cybercartography", In: *Maps and the Internet*, Eds: Peterson, M.P., Elsevier, Amsterdam, pp.405-420.
- Taylor, D.R.F., (2005a), "Remaining Challenges and The Future of Cybercartography", In: *Cybercartography: Theory and Practice*, Eds: Taylor, D.R.F., Elsevier, Amsterdam, pp. 54-60.
- Taylor, D.R.F., (2005b), "The Theory and Practice of Cybercartography: An Introduction", In: *Cybercartography: Theory and Practice*, Eds: Taylor, D.R.F., Elsevier, Amsterdam, pp. 1-13.
- Thiemann, F., and Sester, M., (2004), "Segmentation of Buildings for 3D-Generalisation", *ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation*, 20-21 August, Leicester, UK.
- Tsai, V., and Vonderohe, A.P., (1991), "A Generalized Algorithm for The Construction of Delaunay Triangulations in Euclidean n-Space", *Proc. GIS/LIS '91*, Vol. 2, Atlanta, Georgia, USA, pp. 562-571.
- Verbree, E., van Maren, G., Jansen, F., and Kraak, M.J., (1999), "Interaction in Virtual World Views", *International Journal of Geographical Information Science*, 13 (4), pp.385-396.
- Verbree, E., van der Most, A., Quak, W., and van Oosterom, van P., (2005), "Towards a 3D Feature Overlay through a Tetrahedral Mesh Data Structure", *Cartography and Geographic Information Science*, 32(4), pp. 303-314.
- Waller, D., Loomis, J., Colledge, R., and Beall, A., (2002), "Place Learning in Humans: The Role of Distance and Direction Information", *Spatial Cognition and Computation V.2*: pp. 333-354.
- Wang, H., Wu, F., Deng, H., Ge, L., Huang, Q., (2005), "The Application of Mathematical Morphology and Pattern Recognition to Building Polygon Simplification", *Proceedings of the 22nd International Cartographic Conference (ICC'05)*, 9-16 July, La Coruna, Spain.
- Ware, J.M., Jones, C.B., and Bundy, G.L., (1995), "A Triangulated Spatial Model for Cartographic Generalisation of Areal Objects", In: *COSIT*, pp.173-192.
- Weibel, R., (1987), "An Adaptive Methodology for Automated Relief Generalization", *Proceedings of Auto-Carto 8*, Baltimore, MD, pp.42-49.
- Weibel, R., (1997), "Generalization of Spatial Data – Principles and Selected Algorithms", In: *Van Kreveld, M., Nievergelt, J., Ross, Th., Widmayer, P. (eds.) Algorithmic Foundations of GIS. Lecture Notes in Computer Science*, Berlin: Springer-Verlag, Vol. 1340, pp. 99-152.
- Wonka, P., and Schmalstieg, D., (1999), "Occluder Shadows for Fast Walkthroughs of Urban Environments", *Computer Graphics Forum*, 18(3), Blackwell Publishers, ISSN: 1067-7055, pp. 51-60.

Yang, P., Lin, H., Mao, S.J., and Shen, D., (2004), "A Study on Algorithms of a 3D Visualization Dynamic Modification System Based on TIN", Proceedings of the 12th International Conference on Geoinformatics, Gävle, Sweden, 7-9 June, Eds: Brandt, S. A., pp. 347-354.

Yücel, M. A., (2002), "Coğrafi Bilgilerin Görselleştirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yücel, M.A., Selçuk, M. (2004) "3D Visualization of YTU Davutpasa Campus Area", XXth ISPRS Congress, Commission V, WG V/6, 12-23 July, Istanbul, Turkey.

Yücel, M. A., ve Selçuk, M., (2005a), "Coğrafi Sanal Gerçeklik Modelleme Dili ve 3B Kartografya", TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28 Mart - 1 Nisan , Ankara, (CD).

Yücel, M. A., ve Selçuk, M., (2005b), "Virtual Reality in Geospatial Applications", 15th International Symposium on Modern Technologies, Education and Professional Practice in Geodesy and Related Fields, 3-4 November, Sofia, Bulgaria, pp. 646-653.

Yücel, M.A. ve Selçuk, M., (2008), "3D City Modeling through CityGML", International 18th Symposium on Modern Technologies, Education and Professional Practice in Geodesy and Related Fields, 6-7 November, Sofia, Bulgaria, pp.189-194.

Zlatanova, S., Abdul-Rahman, A., and Shi, W., (2004), "Topological Models and Frameworks for 3D Spatial Objects", Computer & Geosciences, Volume 30, Issue 4, May 2004, pp. 419-428.

İNTERNET KAYNAKLARI

- [1] <http://www.precisionterrain.com/>
- [2] http://www.sanctuarysimon.org/monterey/sections/other/whats_new_lidar.php
- [3] <http://www.innovativegis.com/basis/MapAnalysis/Topic18/Topic18.htm>
- [4] <http://terrain.cs.duke.edu/tin/index.php>
- [5] <http://www.der-wirtschaftsingenieur.de/index.php/cad-geometriemodellierung/>
- [6] <http://www.thermite3d.org/joomla/>
- [7] <http://www.atcsystems.com.br/upload/nt-01/ComputacaoGrafica.htm>
- [8] <http://pubs.usgs.gov/of/2004/1451/garrity/index.html>
- [9] <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=welcome>
- [10] www.akademie.de/info-bereich/netlexikon/
- [11] <http://www.geographie.uni-bonn.de/karto/hd3d/screenshots.en.htm>
- [12] <http://www.w3.org/XML/>
- [13] <http://www.w3.org/MarkUp/VRML/>
- [14] <http://www.ai.sri.com/geovrml/>
- [15] <http://www.opengeospatial.org/standards/gml>
- [16] <http://www.citygml.org/1523/>
- [17] http://www.ikg.uni-bonn.de/fileadmin/nextgen3dcity/pdf/NextGen3DCity2005_Kolbe.pdf
- [18] www.3dgeo.de
- [19] <http://sketchup.google.com/3dwarehouse/>

EKLER

Ek 1 LandXplorer yazılımının kullanabildiği SYM dosya biçimleri ve özellikleri

Dosya Biçimi	Uzantı
ArcInfo ASCII Grid	.asc
ArcInfo Binary Grid	.adf
ArcInfo Grid Export	.e00
VTP Binary Terrain	.bt
Nasa SRTM	.hgt
Golden Surfer Grid	.grd
Military elevation data	.dt0, .dt1
GeoTIFF	.tif; 16-Bit ve 32-Bit gri ton
Erdas Imagine	.img; 16-Bit ve 32-Bit gri ton
DLR Vicar	.vic
USGS ASCII DEM	.dem

Özellikler
Her çözünürlükteki veriyi kullanabilme
Ayrıntı düzeylerini otomatik olarak oluşturma
Hard disk, DVD ve internetten hızlı olarak veri kullanabilme

Ek 2 LandXplorer yazılımında gökyüzü görüntüsü seçenekleri

Sun Position

AzimuthElevation

Sun Color

Red
Green
Blue

Cloud Movement

x
y
z

Cloud Parameters

Coverage
Density
Opacity

Cloud Scale

x
y
z

Rayleigh Scattering

Coefficient (1/Value)

Wavelengths

Red
Green
Blue

Mie Scattering

Mie Coefficient
Excentricity

Inscattering Scale

Earth & Atmosphere

Earth Radius
Atm. Thickness

Slices

StacksReset

Sun

Clouds

Advanced sky properties

Slices

StacksHide

Sun

Clouds

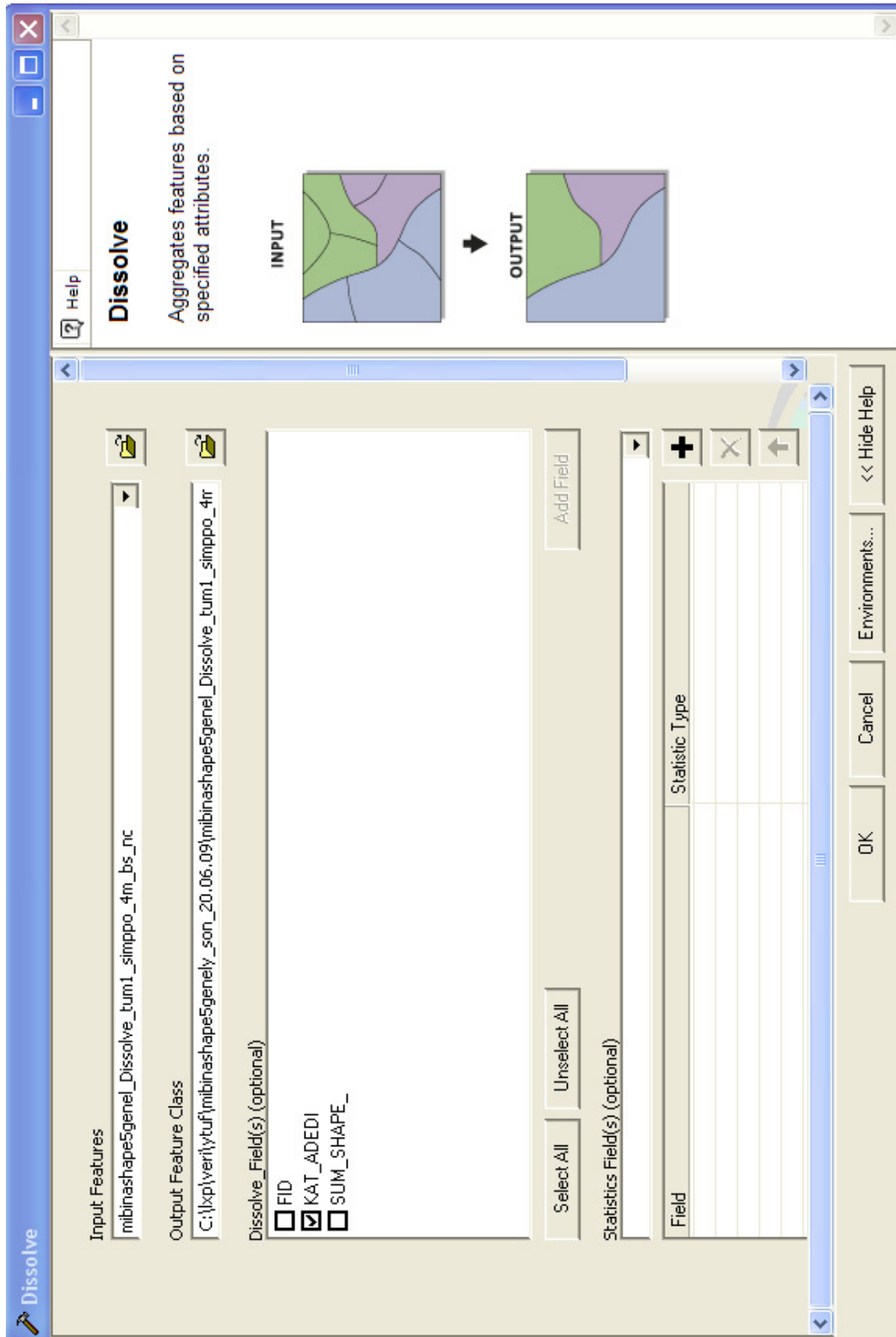
Advanced sky properties

Ek 3 Bina verilerinin nesne kataloğundan örnekler

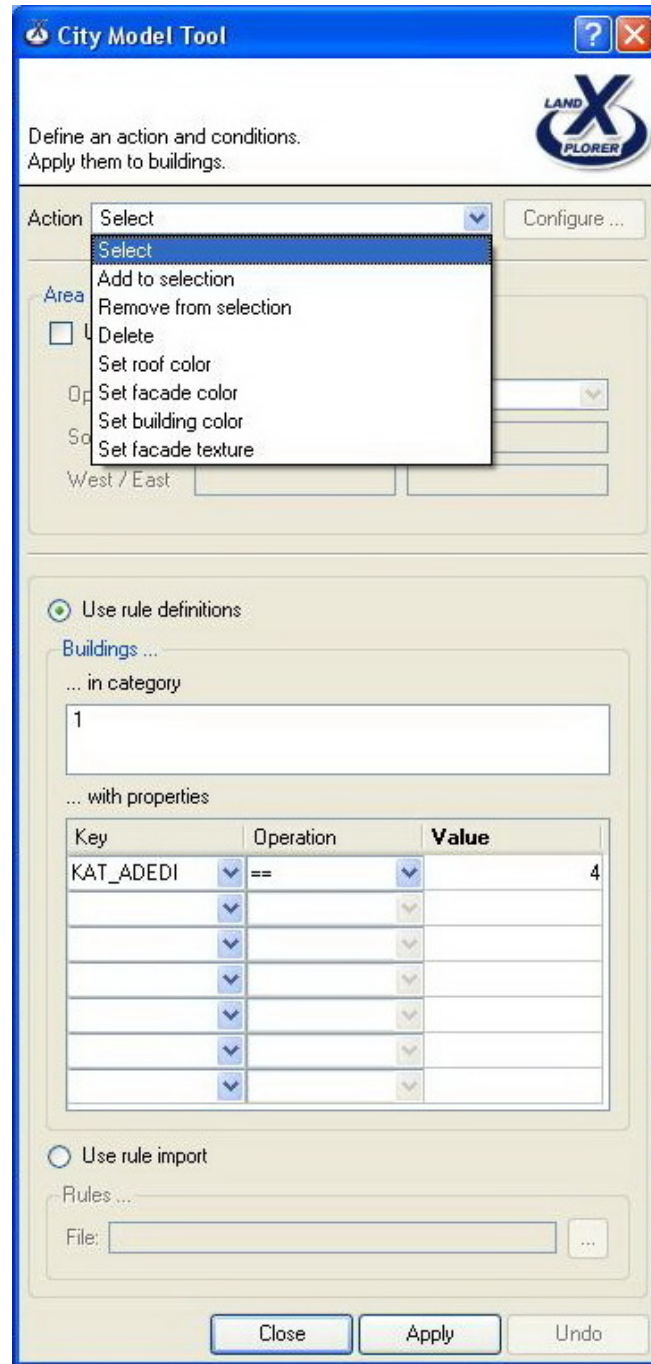
Nesne ID	Nesne Ana Grup	Nesne Ana Grup Adı	Nesne Grup Kod	Nesne Grup Adı	Nesne Kod	Nesne Adı	Veri Kaynağı
1	11	Ticaret Alanları, Satış Noktaları, İşyerleri	81	Kağıt Kitap Fotoğraf Müzik Basım	252	Basımevi	N_TICARET
2	11	Ticaret Alanları, Satış Noktaları, İşyerleri	81	Kağıt Kitap Fotoğraf Müzik Basım	253	Fotokopici	N_TICARET
3	11	Ticaret Alanları, Satış Noktaları, İşyerleri	81	Kağıt Kitap Fotoğraf Müzik Basım	255	Kırtasiyeci	N_TICARET
4	11	Ticaret Alanları, Satış Noktaları, İşyerleri	81	Kağıt Kitap Fotoğraf Müzik Basım	256	Kitapçı	N_TICARET
5	11	Ticaret Alanları, Satış Noktaları, İşyerleri	81	Kağıt Kitap Fotoğraf Müzik Basım	257	Matbaa	N_TICARET
6	11	Ticaret Alanları, Satış Noktaları, İşyerleri	82	Kişisel Bakım	258	Berber	N_TICARET
7	11	Ticaret Alanları, Satış Noktaları, İşyerleri	82	Kişisel Bakım	259	Bijuteri	N_TICARET
8	11	Ticaret Alanları, Satış Noktaları, İşyerleri	82	Kişisel Bakım	260	Güzellik salonu	N_TICARET
9	11	Ticaret Alanları, Satış Noktaları, İşyerleri	82	Kişisel Bakım	261	Kozmetik Ürünleri Satışı	N_TICARET

10	11	Ticaret Alanları, Satış Noktaları, İşyerleri	82	Kişisel Bakım	262	Kuaför	N_TICARET
11	11	Ticaret Alanları, Satış Noktaları, İşyerleri	82	Kişisel Bakım	263	Parfümeri	N_TICARET
12	11	Ticaret Alanları, Satış Noktaları, İşyerleri	83	Medya	265	Dergiler	N_TICARET
13	11	Ticaret Alanları, Satış Noktaları, İşyerleri	83	Medya	266	Film Stüdyosu	N_TICARET
14	11	Ticaret Alanları, Satış Noktaları, İşyerleri	83	Medya	267	Gazeteler	N_TICARET
15	11	Ticaret Alanları, Satış Noktaları, İşyerleri	83	Medya	268	Radio kanalları	N_TICARET
16	11	Ticaret Alanları, Satış Noktaları, İşyerleri	83	Medya	269	Televizyon firmaları	N_TICARET
17	11	Ticaret Alanları, Satış Noktaları, İşyerleri	84	Otomotiv	270	Otomotiv Galeri Satış	N_TICARET
18	11	Ticaret Alanları, Satış Noktaları, İşyerleri	84	Otomotiv	271	Lastik satış	N_TICARET
19	11	Ticaret Alanları, Satış Noktaları, İşyerleri	84	Otomotiv	273	Otomotiv Servis bakım	N_TICARET

Ek 4 Kat adetlerine göre bina geometrilerinin birleştirilmesi



Ek 5 Çatı modellerinin 3B binalara eklenmesi ve renklendirilmesi



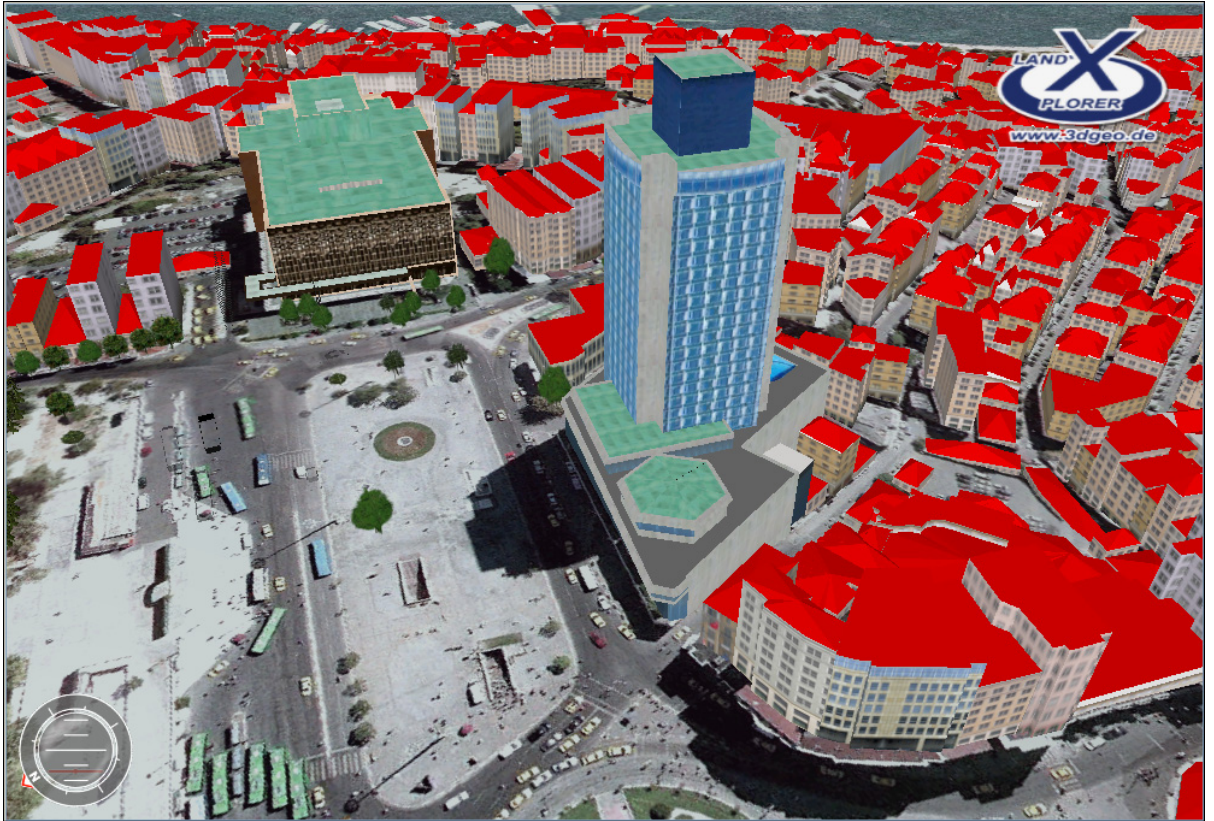
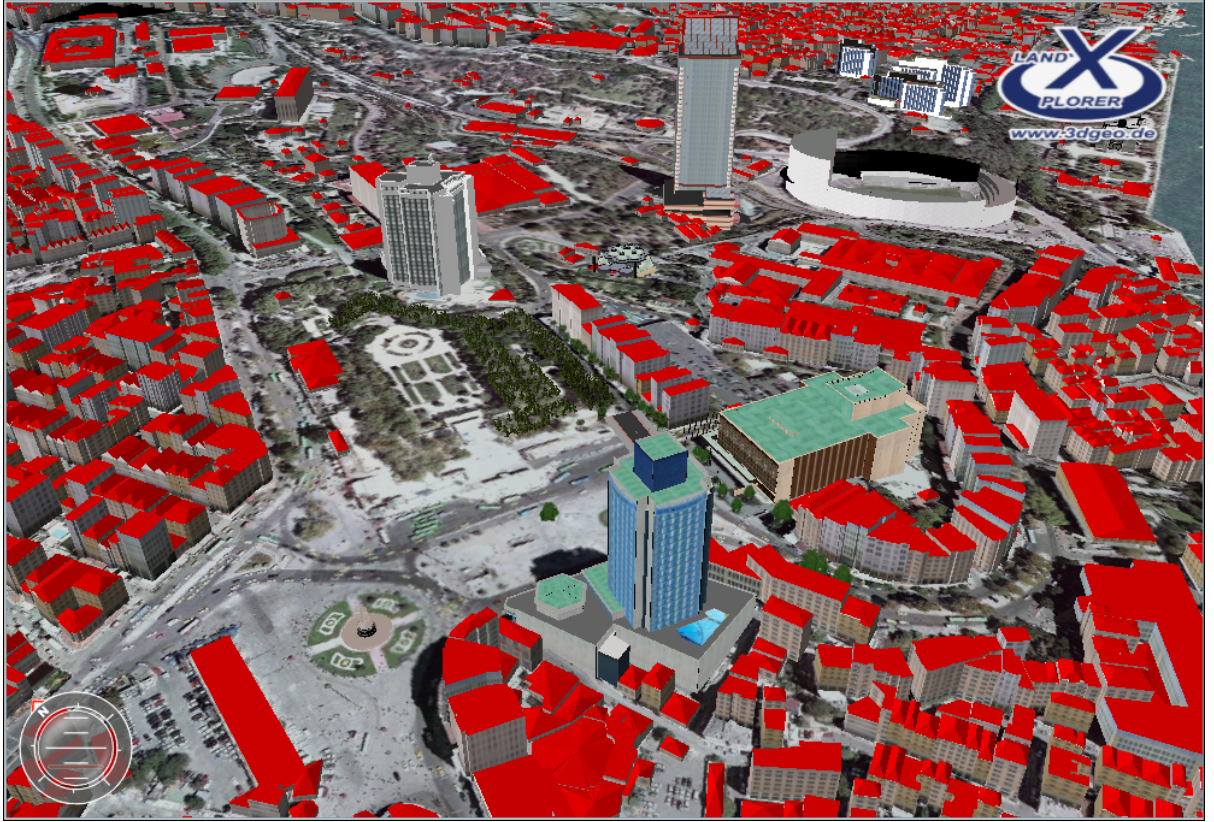
Ek 6 Bina cephe fotoğraflarından gereksiz detayların ayıklanması



Ek 7 Uydu görüntüsü ve hava fotoğraflarının çözünürlük farkı



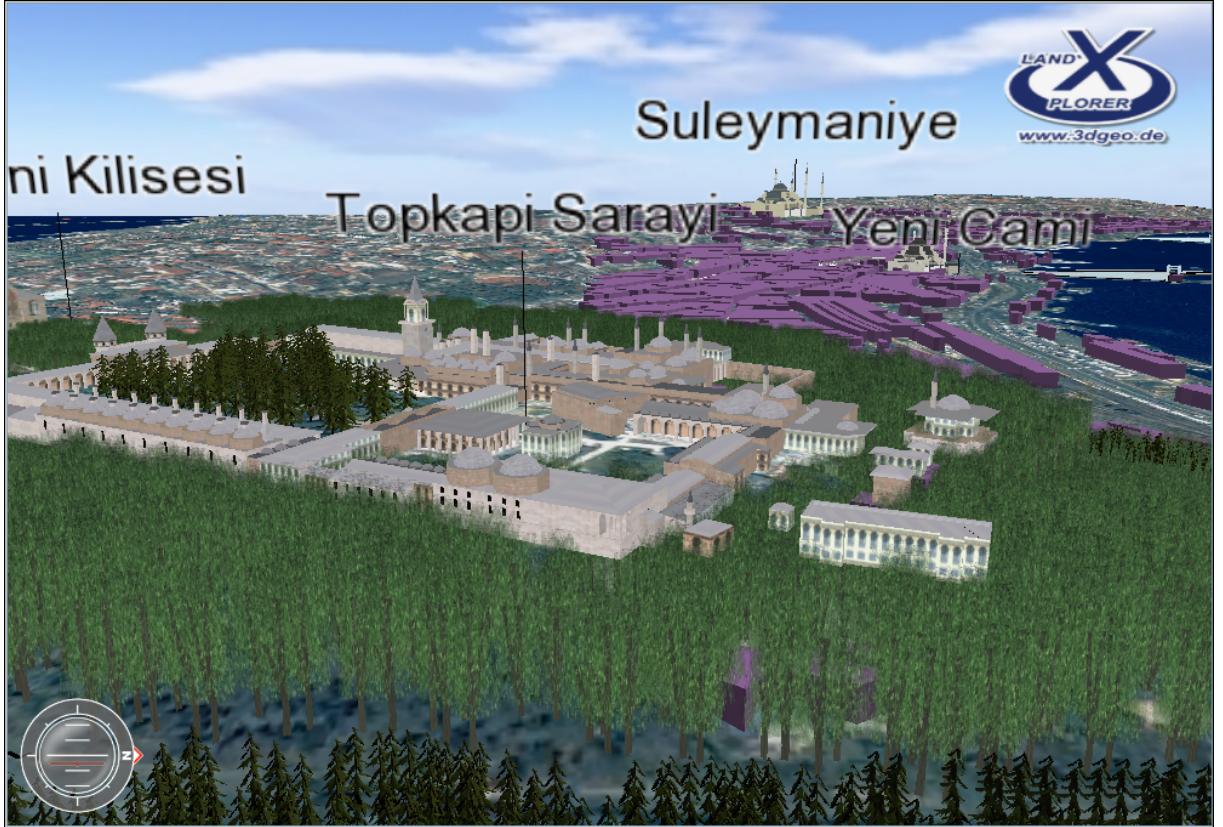
Ek 8 Taksim Meydanı 3B kent modeli görüntüleri



Ek 9 Sultanahmet Meydanı 3B kent modeli görüntüleri



Ek 10 3B kartografik kent modeli görüntüleri



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 02.01.1977

Doğum yeri Biga - Çanakkale

Lise 1991-1994 Biga Mehmet Akif Ersoy Lisesi

Lisans 1995-1999 Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi
Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü

Y.Dil Hazırlık 1999-2000 İstanbul Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Hazırlık
Programı

Yüksek Lisans 2000-2003 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı

Doktora 2003-2009 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı, Uzaktan
Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Programı

Çalıştığı kurumlar

2000-Devam ediyor YTÜ İnşaat Fakültesi Araştırma Görevlisi