




**T.C.**

**SELÇUK ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# FOTOGRAMETRİ YÖNTEMİYLE OLUŞTURULAN 3 BOYUTLU ŞEHİR MODELLERİNİN KADASTRAL VERİLERLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ

**Ekrem AYYILDIZ**

**YÜKSEK LİSANS**

**Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Aralık-2017**
**KONYA**
**Her Hakkı Saklıdır**

# ÖZET

## YÜKSEK LİSANS

## FOTOGRAMETRİ YÖNTEMİYLE OLUŞTURULAN 3 BOYUTLU ŞEHİR MODELLERİNİN KADASTRAL VERİLERLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ

**Ekrem AYYILDIZ**

**Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**
**Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Hakan KARABÖRK**

**2017, 62 Sayfa**

**Jüri**
**Danışman: Prof. Dr. Hakan KARABÖRK**
**Prof. Dr. Ferruh YILDIZ**
**Doç. Dr. Murat UYSAL**

Fotogrametri bilimi geçmişten günümüze kadar teknolojik ve bilimsel gelişmeleri yakından takip etmektedir. Günümüzde teknolojik gelişmeler ve bilimsel çalışmalar sonucunda fotogrametrik çalışmalar farklı veri kaynaklarına ve sonuç ürünlere yönelmiştir. Yaygın olarak kullanılan tek düşey algılayıcıya sahip hava kameraların geliştirilerek düşey ve eğik algılayıcılara sahip kamera sistemlerin fotogrametrik çalışmalarda kullanılmaya başlanması, yeni veri setlerinin oluşmasına imkân sağlamıştır. 3 Boyut algının oluşturulduğu sonuç ürünler üretilmektedir.

Bu çalışmada ülkemiz şartlarında fotogrametrik yöntem ile elde edilen vektör veriler ve eğik algılayıcılardan alınan görüntüler ile obje yüzey kaplaması yapılan 3 Boyutlu şehir modelleri kadastral veriler ile ilişkilendirilmiştir. Çalışmada 3 Boyutlu şehir modelinin temsil kabiliyeti araştırılmıştır. Çalışmamız, 3 boyutlu şehir modelleri ve 3 boyutlu şehir modellerinden elde edilecek bilgilerin mevcut kadastro bilgilerinin tespitinde ve temsilinde kullanılabilirliğini ve/veya kullanılabilmesi için yapılması gereken ilave çalışmaları belirlemeyi amaçlamaktadır. İnceleme Konya Selçuklu ve Meram ilçelerindeki kadastral parsellerdeki yapılar üzerinde yapılmış olup, kadastral parsellerin seçiminde yapılaşma şartları göz önünde bulundurulmuştur. Yapıları temsil eden 3 boyutlu modeller ve kadastral veriler; zemin oturumu, yapı niteliği, yapı detayı ve yapı detay koordinatları açısından incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Eğik Görüntü Fotogrametrisi, Fotogrametrik Veri Üretimi, 3 Boyutlu Şehir Modelleri

# ABSTRACT

## MS THESIS

## INTEGRATION OF CADASTRAL DATA AND 3D CITY MODELS GENERATED BY PHOTOGRAMMETRIC METHOD

**Ekrem AYYILDIZ**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY**
**THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN GEOMATICS ENGINEERING**

**Advisor: Dr. Hakan KARABÖRK**

**2017,62 Pages**

**Jury**
**Advisor: Prof. Dr. Hakan KARABÖRK**
**Prof. Dr. Ferruh YILDIZ**
**Doç. Dr. Murat UYSAL**

Photogrammetry closely follows technological and scientific developments from past to present. As a result of technological developments and scientific studies, photogrammetric studies have led to different data sources and resulting products. With the development of aerial cameras with a single vertical sensor, which has widely used, the begining of camera systems with vertical and oblique sensors in photogrammetric studies enabled the creation of new data sets. Three dimensional sensations are obtained from the result products.

This study contain that, associating 3D city model which generated by photogrammetric method and to textured by oblique image, with cadastral data. As a result of the analysis in the study, the representative ability of the 3D city model was investigated. The study was carried out on constructions in the cadastral parcels at the Konya City, Selçuklu and Meram districts, and the conditions of construction were considered in the selection of cadastral parcels. 3D models and cadastral data representing the constitution; foot prints, structure quality, structure detail and structure detail coordinates. Our aim is to determine the additional work that must be done in order to be able to use and / or use information obtained from 3D city models and 3D city models in the determination and representation of existing cadastre information.

**Keywords:** Oblique air camera, Oblique photogrammetry, Photogrammetric data processing, 3D city model production

# ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmamda tüm bilgi ve birikimlerini bana destek olmak için kullanan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Hakan KARABÖRK ve TKGM Harita Dairesi Başkanı Sedat BAKICI'ya, bu süreçte yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Hasan Bilgehan MAKİNECİ, Harita Dairesi Birim Sorumluları Levent ÖZMÜŞ, Bilal ERKEK, çalışma arkadaşlarım İskender TEKİN, Metin SOYLU ve Hülya TUNA'ya, tezin uygulama aşamasında verilerini ve tecrübelerinin paylaşan Tuncer ÖZERBİL'e, tüm hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen her zaman yanımda olan başta eşim Tuğba AYYILDIZ ve sevgili aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ekrem AYYILDIZ
KONYA-2017

# İÇİNDEKİLER

**ÖZET** ..... **i**

**ABSTRACT** ..... **ii**

**ÖNSÖZ** ..... **iii**

**İÇİNDEKİLER** ..... **iv**

**SİMGELER VE KISALTMALAR** ..... **vi**

**1. GİRİŞ** ..... **1**

**2. KAYNAK ARAŞTIRMA** ..... **3**

**3. MATERYAL METOT YÖNTEM** ..... **6**

**3.1. Fotogrametrik Yöntem İle Veri Üretim Süreçleri Ve Üretilen Veriler** ..... **6**
3.1.1. Uçuş Planlaması ..... 7
3.1.2. Havadan Görüntü Alımı ..... 10
3.1.3. Yer Kontrol Noktalarının (YKN) Seçimi Ölçümü Ve Tesisi ..... 10
3.1.4. Yöneltme İşlemleri ..... 14
**3.2. 3 Boyutlu Şehir Modelli** ..... **15**
3.2.1. 3 Boyutlu Şehir Modeli Üretiminde Kullanılan Veri Setleri ..... 17
3.2.2. 3 Boyutlu Şehir Modeli Kodlama Standardı CıtyGML ..... 18
3.2.3. 3 Boyutlu Şehir Modeli Üretim Aşamaları ..... 20
3.2.4. Donanımlar ..... 27
**3.3. Türkiye'de 3 Boyutlu Şehir Modeli Uygulaması Örneği** ..... **32**
3.3.1. Yer Kontrol Noktalarının Tesisi ..... 33
3.3.2. Eğik Resim Alımı ve İşlenmesi ..... 33
3.3.3. Bina Çatılarının Sayısallaştırılması ve Güncellenmesi ..... 33
3.3.4. 3 Boyutlu Bina Modellerinin Oluşturulması ..... 34
**3.4. 3 Boyutlu Şehir Modelleri Kullanım Alanları** ..... **36**
3.4.1. Kadastro Çalışmaları İçin 3 Boyutlu Veri Altlığı Olarak Kullanımı ..... 36
3.4.2. Gayrimenkul Değerleme Altlığı Olarak Kullanımı ..... 37
3.4.3. Emlak Sektöründe Kullanımı ..... 38
3.4.4. Kentsel Alanlarda Yapılacak Projelere Altlık Olarak Kullanımı ..... 39
3.4.5. Diğer Kullanım Alanları ..... 39

**4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA** ..... **41**

**4.1. Çalışma Alanı** ..... **41**
**4.2. Mevcut Verilerin Düzenlenmesi** ..... **42**
**4.3. Mevcut Verilerin İlişkilendirilmesi** ..... **46**
**4.4. Objelerin Zemin Oturumlarının Analizi** ..... **48**
**4.5. Yapı Niteliği Analizi** ..... **50**
**4.6. Yapı Detay ve Temsil Analizi** ..... **52**
**4.7. Yapı Detay ve Konum Analizi** ..... **54**

**5. SONUÇ VE ÖNERİLER ..... 56**

**5.1. Sonuçlar ..... 56**
**5.2. Öneriler ..... 58**

**KAYNAKLAR ..... 60**

**ÖZGEÇMİŞ .....** Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

# SİMGELER VE KISALTMALAR

## Simgeler

| | |
|---|---|
| $\alpha$ | : Alfa |
| $\beta$ | : Beta |
| $\phi$ | : Fi |
| $\kappa$ | : Kappa |
| $\lambda$ | : Lamda |
| $\omega$ | : Omega |

## Kısaltmalar

| | |
|---|---|
| BÖHHBÜY | : Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgisi Üretim Yönetmeliği |
| CBS | : Coğrafi Bilgi Sistemleri |
| CPU | : Central Processing Unite |
| ÇŞB | : Çevre ve Şehircilik Bakanlığı |
| GB | : Gigabyte |
| GLONASS | : Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema |
| GML | : Geography Markup Language |
| GNSS | : Global Navigation Satellite System |
| GPS | : Global Positioning System |
| GPU | : Graphics Processing Unit |
| IMU | : Inertial Measurement Unitinertial Measurement Unit |
| İHA | : İnsansız Hava Aracı |
| LIDAR | : Light Detectionand Ranging |
| LOD | : Level of Detay |
| OGM | : Open Geospatial Consortium |
| RAM | : Random Access Memory |
| SAM | : Sayısal Arazi Modeli |
| SAS | : Statistical Analysis System |
| SGM | : Semi-Global Matching |
| SSD | : Solid State Drive |
| STH | : Standat Topoğrafik Harita |
| SYM | : Sayısal Yükseklik Modeli |
| TB | : Terabayte |
| TUSAGA-Aktif | : Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı Aktif |
| YKN | : Yer Kontrol Noktası |
| YÖA | : Yer Örnekleme Aralığı |

# 1. GİRİŞ

Fotogrametri bilimi geçmişten günümüze kadar teknolojik ve bilimsel gelişmeleri yakından takip etmektedir. Teknoloji ve bilimde meydana gelen gelişmeler, fotogrametrik verilerin üretim yöntemini, fotogrametrik çalışmalar için elde edinilen veri setlerini ve fotogrametrik çalışmalar sonucunda oluşturulacak ürünlerin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Günümüzde teknolojik gelişmeler ve bilimsel çalışmalar sonucunda fotogrametrik çalışmalar farklı veri kaynaklarına ve sonuç ürünlere yönelmiştir. Yaygın olarak kullanılan tek düşey algılayıcıya sahip hava kameraların geliştirilerek düşey ve eğik algılayıcılara sahip kamera sistemlerinin fotogrametrik çalışmalarda kullanılmaya başlanması yeni veri setlerinin oluşmasına imkân sağlamıştır. Yeni donanımla gelen yeni veri setleri sayesinde uçuş maliyetini arttırmadan aynı süre zarfında yer yüzeyiyle ilgili daha fazla ve daha nitelikli veri toplanmaktadır. Toplanılan verilerden yeni ürünler elde edilebilmektedir. Yer yüzeyi ve objeler ile ilgili daha fazla bilginin edinilebileceği bu veri setleri, fotogrametrik işlem uygulanılarak kullanıcıların mevcut yapılar ve yer yüzeyi ile ilgili daha fazla bilgi vermektedir. Yeni veri setlerinden üretilecek sonuç ürünlerde 3 boyut algısı oluşturulacağı gibi yer yüzeyinde yapılması planlanan projeler ile birleştirilerek proje sonraki durumun gözlemlenmesine de imkân sağlayacaktır.

Bu tezin amacı, 3 boyutlu şehir modellerinden elde edilecek bilgilerin mevcut kadastro bilgilerinin tespitinde ve temsilinde kullanılabilirliğini ve/veya kullanılabilmesi için yapılması gereken ilave çalışmaları belirlemektir. Bu tez teknolojik gelişmeler sonucu fotogrametrik çalışmalara yeni veri setleri ve yeni sonuç ürünler kazandıran eğik kamera sistemleri ve birleşenleri hakkında bu alanda çalışan kişi ve kuruluşlara bilgi vermektedir. Eğik hava kamerası sistemleri ile elde edilen verilerden üretilecek ürün çeşitliliği, kullanım alanları ve ürünlerin üretim süreçleri hakkında bu alanda çalışacaklara yol göstermektedir. Türkiye şartlarında elde edilen verilerin işlem süreçleri, işlemde kullanılan yazılımları, karşılaşılan problemleri ve problemlerin aşılması hususlarında edinilen tecrübeyi sunmaktadır. Tez kapsamında günümüzde üretimi yaygınlaşan 3 boyutlu şehir modellerinin analizler sonucu yeryüzünde bulunan objeleri temsil yetisi ile kadastral verileri ile uyumu incelenmiştir. Analizler farklı yapılaşma

şartlarına sahip yapıların bulunduğu kadastral parsellerde uygulanmıştır. Yapılaşma şartlarına göre sonuçlar tespit edilmiştir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMA

Döner 2007 yılında yaptığı çalışmada; uluslararası düzeyde 3 boyutlu kadastro çalışmalarının mevcut durumunu ortaya koymak amacıyla FIG (Uluslararası Ölçmeciler Birliği) bünyesindeki ‘’3B Kadastrolar’’ çalışma grubunun faaliyetleri ve gruba dâhil ülkelerin 3B kadastro üzerindeki yaklaşımları inceleyerek 3 boyutlu kadastro için ortak ihtiyaçlar ve yasal/teknik imkânların belirlenmesi ve farklı yaklaşımların Türkiye için uygulanabilirliklerinin değerlendirmiştir. Değerlendirme sonucunda kadastral verileri kaynak olacak farklı kurum ve kuruluşlardaki verilerin ulaşılabilirliğinin internet üzerinden yapılması, 3 boyutlu mülkiyet birimlerinin oluşturulması ve 3 boyutlu veriler ile 2 boyutlu veriler arasında entegrasyonun sağlanması gerekliliklerine varmıştır. (Döner ve Bıyık, 2007)

Akçın ve Yüceer 2005 yılında yaptığı çalışmada; kentsel gelişim açısından 3 boyutlu mülkiyet kavramı, örnek bir uygulama olarak Bursa kentinin merkezindeki bir yer altı ticaret merkezinin modelini oluşturarak, Bursa kent bilgi sistemi açısından uygulanabilirliğini araştırmıştır. Araştırma sonucunda mülkiyetin 3 boyutlu olarak tapu kütüğüne tescil edilmesi gerekliliği vurgulanmış bu sayede; dikey boyuttaki taşınmaz konusu da aşılmış olacağı, yer altı ve yer üstündeki taşınmaz komşuluklarının ortaya koyulabileceği, hak ihlallerinin önüne geçilebileceği ve daha sağlıklı kentlerin önünün açılacağı belirtilmiştir. (Akçın ve Yüceer, 2005)

Yücel 2009 yılındaki çalışmasında; 3 boyutlu modeli oluştururken, amaca yönelik görselleştirmenin yapılmasını değinmiş ve bunun için gelişmiş görselleştirme yöntemlerini incelemiştir. Ayrıntı düzeyleri ile 3 boyutlu şehir modelli oluşturulmasında kullanılan veri türleri ve ayrıntı düzeylerinin 3 boyutlu şehir modellemesine katkısı anlatılmıştır. (Yücel ve Selçuk, 2009)

Yastıklı 2016 yılındaki çalışmasında; Zekeriyaköy’e ait LIDAR verilerini kullanmış olup farklı çalışma bölgelerinde nokta tabanlı sınıflandırma yaklaşımındaki kurallara ilişkin parametre analizleri gerçekleştirmiştir. Yapılan çalışmada nokta verileri yer yüzeyi, bina ve bitki örtüsü olarak sınıflandırılmış ve bina sınıfındaki noktalardan 3 boyutlu bina modelleri üretilmiştir. Çalışma sonucunda nokta sınıflandırılmasının ve sınıflandırma işleminin detay parametre analizlerine dayanan nokta tabanlı sınıflandırma yönteminin önemi varılmıştır. (Yastikli ve Cetin, 2016)

Yastıklı 2014 yılındaki çalışmasında; fotogrametrik harita ve LIDAR verileri kullanılarak 3B kent modeli üretimine ilişkin bir yaklaşım önerilmiş, İstanbul’un Beyoğlu

ilçesindeki çalışma alanında önerilen yaklaşım ile 3 boyutlu şehir modeli, fotogrametrik veriler ve LIDAR verileri kullanılarak üretilmiştir. Çalışmasının sonucunda; oluşturulan 3 boyutlu şehir modellerinin, veri tabanı üzerinden temel CBS sorgulamaları yapabilirliği ve farklı projelerde, farklı sorgulamalar geliştirilerek istenen amaçlar için kullanılabilirliği, çatı ve yüz modelleme uygulamaları sayesinde kent modelleri görselliği yüksek ve daha gerçekçi bir görünüme kavuşturulabileceği ve bu kent modelleri farklı uygulamalar aracılığıyla web ortamında servis edilerek son kullanıcıların aktif olarak yararlanılabileceği belirtilmiştir. (Yastikli ve ark., 2014)

Biljecki 2014 yılındaki çalışmasında; LOD sınıflandırmalarının belirlenmesindeki belirsizlik ve farklılıkları belirtmiştir. Mevcut LOD ların yetersizliklerin noktaları üzerinde çalışarak çeşitli algoritmalar ile LOD'ların mevcut durum üzerinden geliştirilerek LOD sınıflandırılmalarının 4 den 10 çıkarılarak mevcut sistemdeki yetersizliklerin giderilebileceği vurgusu yapmıştır. (Biljecki ve ark., 2014)

Haala ve arkadaşları 2015 yılındaki çalışmalarında; 3 boyutlu şehir modellerinin üretiminde eğik kamera görüntülerinin yaygın olarak bina kaplama aşamasında kullanıldığını belirtmiş. Uygulamalarında eğik hava kamerası görüntülerinin obje yan yüzey kaplamasının yanında 3 boyutlu şehir modeli üretim aşamalarından nokta bulutu verisi üretiminde de kullanılarak objelerin yan yüzeylerinin de modellenebileceğini belirtmiştir. (Haala ve ark., 2015)

Xiao 2015 yılındaki çalışmasında; Eğik ve düşey hava görüntülerinden yararlanarak bina tespiti, bina zemin oturumlarının çıkarımı ve bina çatı çizgilerini belirlenmesine yer vermiştir.3 aşamada gerçekleşen üretim bandını farklı çalışma bölgelerde uygulanmıştır. Çalışma sonucunda eğik hava görüntülerin bina ve bina zemin oturumunun çıkarımında önemli bir veri kaynağı olacağı ve geliştirilecek algoritmalar ile daha başarılı sonuçlar vereceği belirtilmiştir. (Xiao ve Gerke, 2015)

Kumdakçı 2005 yılındaki çalışmasında; Kadastral amaçlı bilgi sistemlerinde 3 boyutlu modelleme ve görselleştirme tekniklerinin kullanılmasını konu edinmiştir. Mülkiyet kavramının görselleştirme teknikleri ile desteklenerek devlet güvencesi ve güvenilirliği esasının güçlendirilmesi gerekliliğini, bağımsız bölüm alanlarının tapuda kayıt edilmesi gerekliliğini ve 3B modelleme ve görselleştirme uygulamalarının kadastral amaçlı bilgin sistemine dâhil edilmesini belirtmiştir.(KUMDAKÇI, 2005)

Fruh ve arkadaşları 2001 yılındaki çalışmalarında; Yersel görüntüler ve yersel tarayıcılar yardımı ile 3B şehir modellemesi yapmışlardır. Çalışmada bir taşıtın üzerine, 1 adet yatay tarama yapan 2 boyutlu lazer tarayıcı,1 adet düşey tarama yapan 2 boyutlu

lazer tarayıcı monte edilerek bina konumları, bina yüzeylerinin çıkarımı ve bina modelleri kayıt edilmiştir. Çalışmada elde edilen objelerin konum doğrulukları incelenmiştir. Bu çalışma 3B Kent Modeli araştırmalarının kamera-lazer entegrasyonunu gösteren ilk çalışmalardan olup araştırmacılara, 3B Kent Modellerinin kameralar ve nokta bulutlarıyla kolay bir şekilde yapılabilir olduğunu göstermiştir. (Fruh ve Zakhor, 2001)

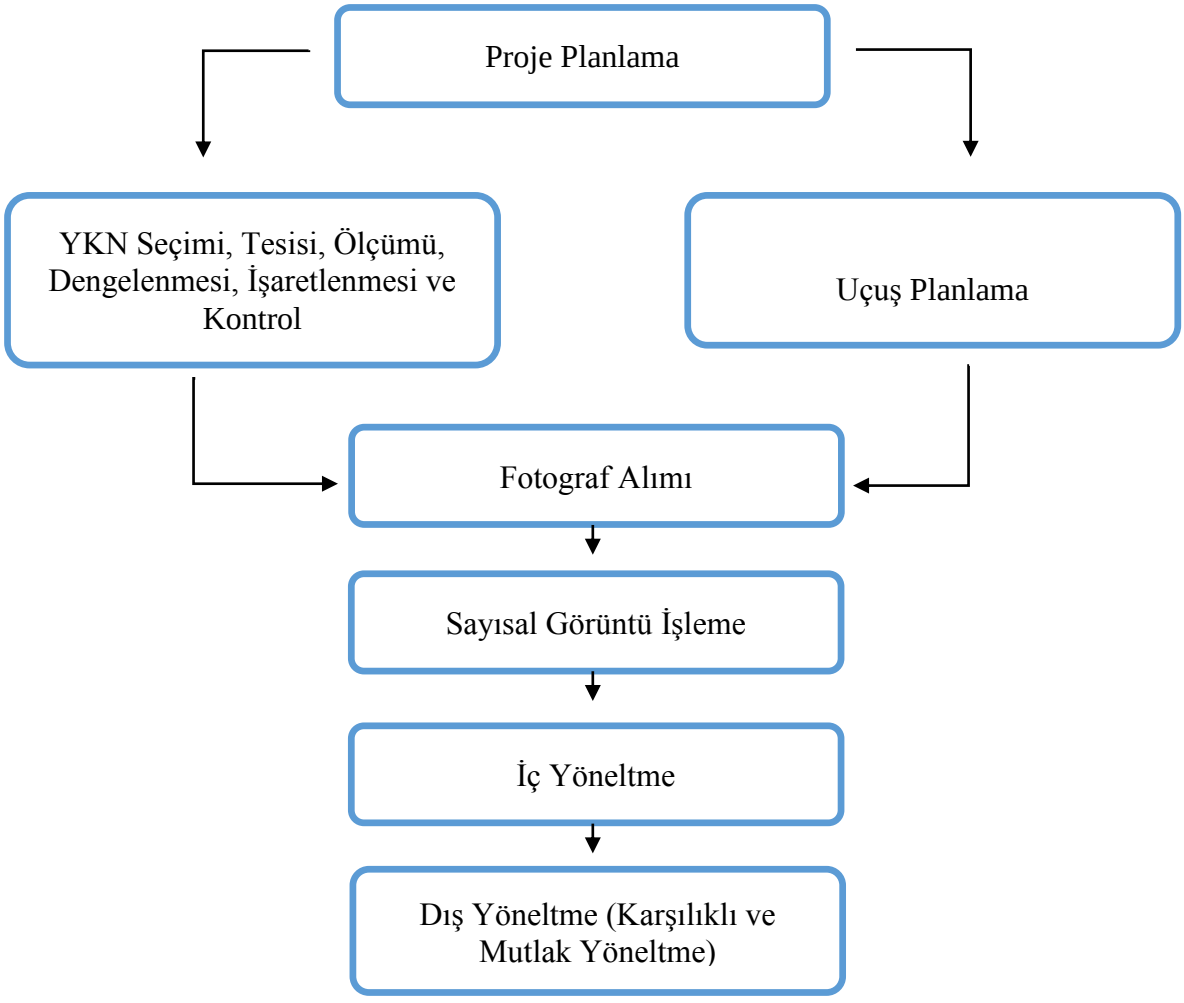
# 3. MATERYAL METOT YÖNTEM

## 3.1. Düşeye Yakın Fotograflarla Veri Üretim Süreçleri

Fotogrametrik yöntem ile veri üretim süreçleri üretilecek sonuç ürüne bakılmaksızın 5 temel aşamadan oluşur (Şekil 3.1.). Bu aşamalar;

- Proje Planlaması
- Yer Kontrol Noktalarının Tesisi
- Uçuş Planlaması
- Havadan Görüntü Alımının Gerçekleşmesi
- İç Yöneltme ve Dış Yöneltme (Karşılıklı ve Mutlak Yöneltme) İşlemleri

dir.




Şekil 3.1.Fotogrametrik veri üretim süreçleri

### 3.1.1. Uçuş Planlaması

Fotogrametrik amaç ile gerçekleştirilen uçuşlar daha önce hazırlanmış uçuş planlarına göre gerçekleştirilir ve ilgili haritalar ile ilişkilendirilir. Uçuş plânları 1/25000 ölçekli haritalar üzerinde ve/veya sayısal ortamda düzenlenir. Bu planlarda uçuş doğrultuları, uçuş yükseklikleri ve fotograf alım noktaları işaretlenir.

Uçuş planı BÖHHBÜY'de "Uçuş plânı Madde 55 − Uçuş plânlarında, yapılacak haritaların pafta sınırları, uçuş çizgileri, uçuş yükseklikleri gösterilir. Sayısal uçuş plânlarında ise fotograf çekimi noktalarının yaklaşık X,Y,Z koordinatları bulunur." şeklinde ifade edilmektedir. Uçuş planında belirtilen doğrultular ve görüntü alım konum bilgileri üretimi gerçekleştirilecek fotogrametrik ürüne yani alımı gerçekleştirilecek hava fotografinım ölçeğine, alımda kullanılacak kameranın odak uzaklığına ve görüntü boyutuna ve üretimde kullanılacak görüntülerin bindirme miktarına göre hesaplanır. Uçuş planlamasında kullanılan bu kavramlar aşağıda açıklanmıştır.

**Hava Fotografı Ölçeği:**

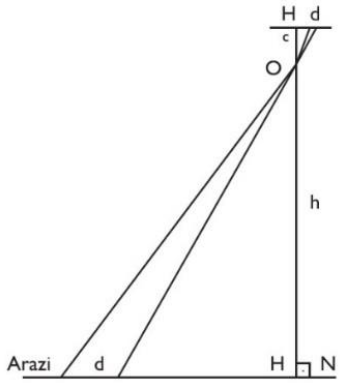
Hava fotografın ölçeği harita ölçeği ile benzerlik göstermektedir. Harita ölçeği bir objenin harita üzerindeki uzunluğunun gerçek uzunluğuna bölünmesi ile hesaplanırken hava fotografı ölçeği bir objenin fotograftaki uzunluğunun gerçek uzunluğuna bölünmesi ile elde edilir (Eşitlik 3.1.) Hava fotografının uygulamalardaki karşılığı ve uçuş planlamasını etki eden tarafı ise hava fotografının ölçeğinin aynı zamanda alımda kullanılacak hava kamerasının odak uzaklığının uçuş yüksekliğine bölümüne eşit olmasıdır (Şekil 3.2.). Dijital hava kameralarında ise ölçek faktörü bir pikselin yer yüzeyinde kapladığı alan açısından önemlidir. Uçuş yüksekliği ile odak uzaklığı arasındaki ilişki bir pikselin yer yüzeyinde kapladığı alanı belirlemektedir. Buradan yola çıkılarak uçuş planlamasında belirtilen uçuş yüksekliği kamera odak uzaklığı ve ölçek faktöründen yola çıkılarak planlanır.

$$mr = \frac{c}{h} \tag{3.1}$$

$mr$: Ölçek,

$c$: esas uzaklık,

$h$: uçuş yüksekliği




Şekil 3.2. Fotograf ölçeği

Fotograf ölçeği gerek uçuşun yer yüzeyine tam paralel gerçekleştirilememesi veya fotografın kapladığı yüzeyde farklı yükseklikte objelerin ve yüzey şekillerinin bulunmasından dolayı fotograf ölçeğinden yola çıkan hesaplamalarda yaklaşık değerler hesaplanmaktadır.

Hava fotografının ölçek belirlemesinde ise fotogrametrik yöntem ile üretilecek harita veya harita bilgisinden ölçek değerine göre hesaplanır (Eşitlik 3.2.) (Batuk, 2012).

$$mr = 200\sqrt{mk} \tag{3.2}$$

$mk$: harita ölçeği

Fotograf ölçeği Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgisi Yapım Yönetmeliğinde aşağıdaki gibi belirtilmektedir.

Fotograf ölçekleri ”Madde 54 − Düşey fotograf ölçekleri yapılacak harita ve ortofoto ölçeğine bağlı olarak belirlenir. Bu ölçeklerin 1/5000 olması durumunda fotograf ölçeği 1/16000’den, 1/2000 olması durumunda 1/10000’den, 1/1000 olması durumunda da 1/5000’den küçük olamaz, 1/500 ölçekli haritaların yapımı için de fotograf ölçeği 1/3500’den küçük olamaz.” denmektedir. Sayısal kamera kullanılması durumunda ise taslak yönetmelik çalışmalarında, görüntülerin radyometrik çözünürlükleri en az 8 bit, yer örnekleme aralığının ise harita ve ortofoto ölçeğinin;1/5.000 olması durumunda 30 cm, 1/2.000 olması durumunda 18 cm, 1/1.000 olması durumunda 10 cm, 1/500 olması durumunda 5 cm den fazla olmaması tercih edileceği belirtilmektedir.

**Hava Fotografı Bindirme Oranı, Baz ve Kolonlar Arası Uzaklıklar**

Uçuş planlarında belirtilen hava fotograflarının alım noktalarını belirlenmesinde etkili olan diğer faktörler ise ardışık ve komşuluk ilişkisi olan hava fotograflarının alım noktalarının arasındaki mesafelerdir. Bu mesafelerin hesaplanmasında bindirme oranları,

baz ve kolon mesafeleri kullanılmaktadır. Bindirme oranı birbirleri ile komşu olan görüntülerin ortak alanının bir görüntünün alanına bölünmesi ile elde edilen değere denir. Yan yana olan hava görüntülerinin bindirme oranlarına boyuna bindirme (p) altlı üstlü hava görüntülerinin bindirme oranlarına enine (q) bindirme denmektedir. Aynı kolon üzerindeki ardışık iki fotografın merkezleri arasındaki mesafeye baz uzunluğu (b), altlı üstlü iki fotografın merkezleri arasındaki mesafeye ise kolonlar arası mesafe (e) denir. Uçağın tek bir doğrultu üzerinde aldığı görüntü kümesine kolon, birden fazla paralel kolonlardan oluşan hava görüntülerine blok denmektedir. Bu iki değer enine ve boyuna bindirme oranlarından yararlanılarak hesaplanır (Eşitlik.3.3.)(Batuk, 2012).

$b=m_r \times S \times (1-p)$

$e=m_r \times S \times (1-q)$ (3.3)

S: Fotografın bir kenarının uzunluğu

Bir proje alanında çekilecek hava fotografı sayısı b ve e değerleri kullanılarak hesaplanır (Eşitlik 3.4.,3.5.).

$$nr = \frac{lb}{b} + 1 \quad nk = \frac{la}{e} \tag{3.4}$$

$nr$: Fotograf sayısı (bir kolondaki),

$nk$: Kolon sayısı,

$lb$: Bloğun uçuş yönündeki uzunluğu,

$la$: Bloğun uçuş yönüne dik yöndeki uzunluğu

$$\text{Fotograf sayısı} = nr \times nk \tag{3.5}$$

**Uçuş Doğrultusunun Belirlenmesi**

Uçuş doğrultusu belirlenir iken mümkün olduğunca doğu batı veya kuzey güney doğrultuları tercih edilmeli çapraz uçuşlardan kaçınılmalıdır. Uçuş doğrultusu belirlenir iken arazi engebeleri göz önünde bulundurularak uçuş yüksekliğindeki değişimler en aza indirilmelidir. Çalışma alanının kıyı veya ülke sınırı kapsadığı durumlarda; uçuş doğrultusu kıyı kenar çizgisi ve komşu ülke sınırlarına göre belirlenmektedir. Bu durum uçuş süresini ve iş gücünü olumlu yönde etkilemektedir. Uçuş doğrultusu belirlenir iken

üretimi gerçekleştirilecek harita verisinin paftalanmasına dikkat edilmelidir. Uçuş doğrultusu pafta ortasına gelecek şekilde tayin edilmelidir. Uçuş doğrultusunun belirlenmesi BÖHHBÜY'de "Uçuş plânı Madde 55 − Uçuş çizgileri doğu-batı ya da kuzey-güney doğrultusunda ve olabildiğince paftaların orta çizgileri ile çakışacak şekilde düzenlenir. Zorunlu durumlarda uçuş çizgileri çapraz doğrultuda da olabilir. Sahillerde ve kinematik GPS uygulamalarında destek görevi yapacak, çapraz yönde ve normal kolonlara dik yönde ek kolonlar oluşturulur." geçmektedir.

### 3.1.2. Havadan Görüntü Alımı

Görüntü alımının gerçekleştiği anda hava bulutsuz ve güneşli olmalıdır. Geniş yapraklı bitkilerin bulunduğu ve sık ormanlık bölgelerde ağaçların yapraklarını döktüğü mevsimler tercih edilmelidir. Mevsimlere göre güneş açısının 30º büyük olduğu saatlerde uçuşlar gerçekleşmelidir. Güneş açısı üzerinde çalışılacak olan fotografın yeterince kontrastlı olması ile yakından ilişkilidir. Havadan görüntü alımı BÖHHBÜY'de "Fotograf çekimi Madde 58 − Uçuş görevi, nisan ilâ eylül döneminde uçuş plânına uygun olarak bulutsuz bir havada, yerel öğle zamanından yaklaşık iki saat önceki ve sonraki zaman aralığında gerçekleştirilir. Bu dönemin dışında zorunlu hâllerde, ilgili idarenin onayı alınarak fotograf çekimi yapılabilir. Fotograf çekimi arasında güneşin yükseklik açısı 30º den daha büyük olmalıdır. Uçuşların plânlanan biçimde gerçekleştirilmesi için GPS denetimli, uçuş sisteminden de yararlanılır. Fotograf çekim noktalarının plânlanan durumdan olan farkları fotograf ölçeğinde 2 cm'yi geçmemelidir. Kamera ekseninin düşey doğrultudan sapmaları da 5 gradı geçmemelidir. "açıklaması ile bulunmaktadır.

### 3.1.3. Yer Kontrol Noktalarının (YKN) Seçimi Ölçümü Ve Tesisi

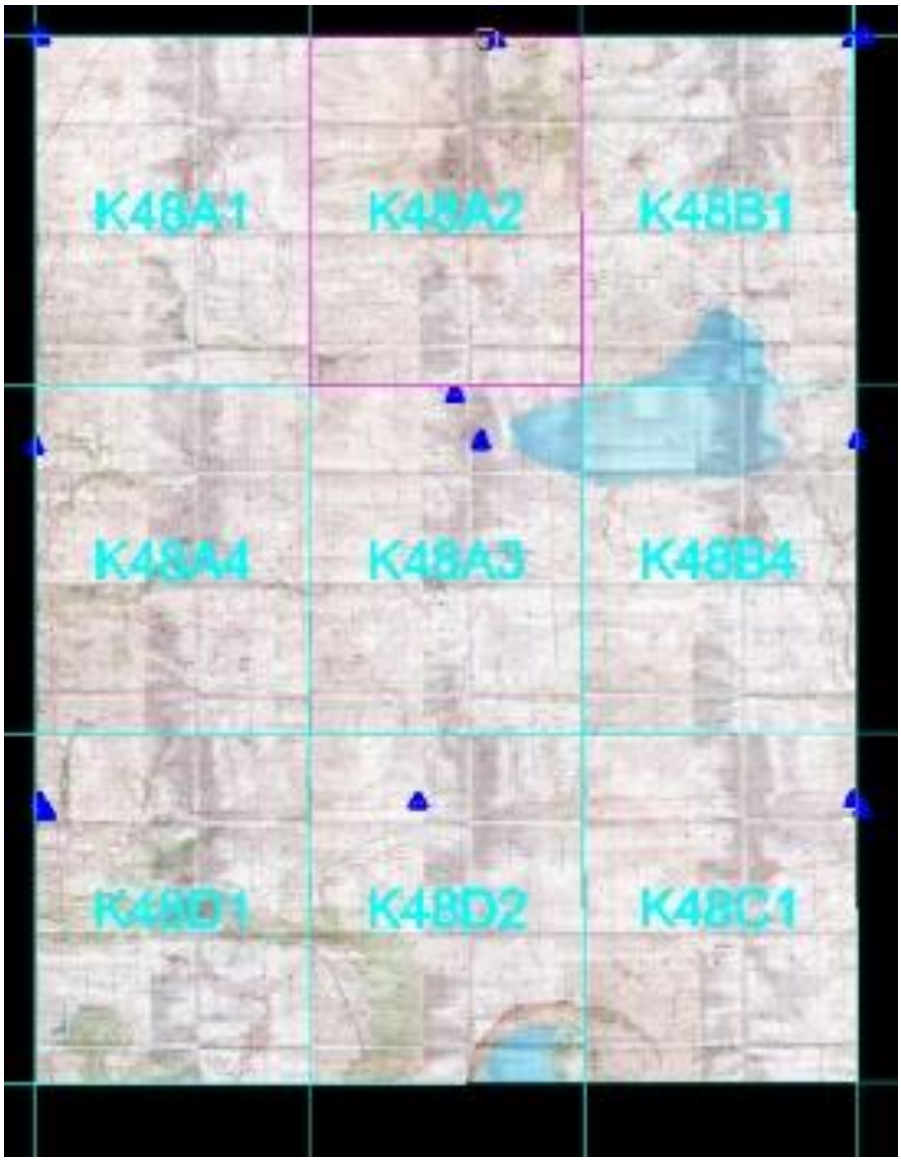
Yer kontrol noktaları, havadan görüntü alımından öce alınacak hava fotografından merkez koordinatı ayırt edilebilecek şekilde araziye fotogrametrik amaç ile tesis edilmiş veya arazide mevcut olan objeler veya işaretlerdir. Bu noktaların koordinatları jeodezik yöntemlerle elde edilir.

#### Yer Kontrol Noktaların Yerlerinin Belirlenmesi

Yer kontrol noktaların konumlarının seçilmesinde esas olan proje planlama sürecinde hazırlanan proje alanını kapsayan fotogrametrik çalışma bloklarıdır. YKN yer seçimi için ilgili fotogrametrik çalışma bloklarının haritası ile o bölgeye ait 25 000 ölçekli standart topoğrafik haritalar tek bir harita üzerinde çakıştırılır (Şekil 3.3.). Tesis edilecek

noktaların blok sınırlarının dışında olmasına ve 2 şerli olan noktalarında aynı fotograf üzerinde görüntülenebilecek şekilde aralarındaki mesafenin ayarlanmasına dikkat edilmelidir. İlgili bölgeye ait standart topoğrafik haritadan da YKN tesis edileceği noktanın fiziksel yapısı tespit edilip seçilecek noktanın korunaklı, ulaşımı kolay ve YKN tesisine engel olabilecek koşulları barındırmaması göz önünde bulundurulur. YKN ölçümleri ise bu noktaların koordinatları ve yükseklikleri C3 ağ noktası niteliğine sahip olacak şekilde yapılmalıdır.

YKN'larının yerlerinin belirlenmesi BÖHHBÜY'de "Madde 52 -Kinematik GNSS ve GNSS-IMU destekli fotogrametrik nirengi yöntemi kullanılması durumunda ise; blok köşelerinde ve çapraz kolonların baş ve sonlarında en az 2'şer adet YKN tesis edilir. Bu noktalara ek olarak, bloğun kenarlarında ve içerisinde idarece belirlenen yerlerde ve sayıda YKN oluşturulur. Bu noktaların koordinatları ve yükseklikleri, C3 derece ağ noktaları niteliğindedir." şeklinde açıklanmıştır.




Şekil 3.3.YKN'larının gösterimi

**Yer Kontrol Noktalarının Tesisi**

Fotogrametrik üretimde kullanılacak YKN'ları hava fotograflarından ayırt edilebilecek şekilde tesis edileceği yüzeyin renginden farklı renklerde boyanmalıdır (Şekil 3.4.). Yol kenarlarında bulunan asfalt kısımlar, düz çatılar ve üstü kapanma durumu olmayan meydanlar YKN tesisleri için uygun alanlardır. YKN, yağlı boya kireç gibi zeminden ayırt edilecek materyaller ile işaretlenebileceği gibi bu iş için özel üretilmiş metal platformlarda kullanılabilmektedir. Kırsal ve eğimli alanlarda ise öncelikle tesis edilecek noktanın yeri düzeltilip renklendirilip bu işlemler sonunda işaretleme işlemine geçilmektedir. YKN işareti merkezi nokta ile çakıştırılmalıdır.



Şekil 3.4.YKN'larının tesisi

Yer kontrol noktalarının tesis şekli belli bir standarda göre yapılmaktadır. Bu standart BÖHHBÜY'de ''**Madde 53** - Proje alanındaki bütün YKN ve denetleme noktaları, uygulama noktaları, gerektiğinde taşınmaz mal ve orman sınır kırık noktaları, hava fotografı çekiminden önce fotograflarda görünecek ve ölçüm yapılabilecek şekilde işaretlenir. Yapılan işaretlerin simetri merkezleri, ilgili yer noktası ile çakıştırılır.

Pilye biçimindeki YKN ve denetleme noktalarında, pilye plâtformu ya da merkez dışı bir konuma işaretleme yapılabilir. Merkez dışı olması durumunda; işaret merkezinin koordinatları, pilye noktasına yer ölçme yöntemleri ile bağlanarak 1-2 cm doğrulukla hesaplanır.

İşaretler; en az 60º'lik bir görüş açısına sahip olacak şekilde açık alanlara yapılır. Bu görüş konisi içinde bina, ağaç gibi herhangi bir engel olmamalıdır.

Yeterli görüş olmayan durumlarda YKN ve denetleme noktalarının tesisi ve işaretlenmesi çatı ve benzeri yüksek noktalara yapılabilir. Bu durumdaki işaret, jeodezik ölçümlerle yakınındaki noktalara, bu noktalar ile aynı doğruluk derecesine sahip olacak şekilde bağlanır ve koordinatları bulunur.

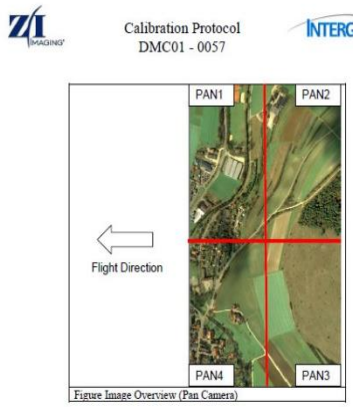
İşaretleme zemin noktalarının üzerinin ve yakın çevresinin boyanması ya da geçici plâkalar takılması suretiyle yapılır. Bu işaretler; fotograf üzerinde çapı veya bir kenarı üç piksel olan kare veya daire biçiminde tesis edilir. İşaretlerin daha iyi görülebilmesi için farklı renkte dış çevreler oluşturulabilir ve uygun uzunlukta üç ya da dört kol işaretlenebilir. Fotogrametrik yer işaretleri beyaz ya da yakın çevresi ile zıt renkli olmalıdır." ile belirtilir.

### 3.1.4. Yöneltme İşlemleri

Fotografın çekim anındaki konumuna geri getirilmesi işlemine fotografların yöneltme işlemi denir. Yöneltme işlemi iç yöneltme ve dış yöneltme olarak iki basamaktan oluşur. Dış yöneltme işleminde kendi içerisinde karşılıklı ve mutlak olmak üzere iki kısımdan oluşur.

**İç Yöneltme**

İç yöneltme havadan görüntü alımı gerçekleştirilen kameranın teknik özelliklerinden kıymetlendirme sürecinde kullanılması gereken değerlerdir. Bu değerler asal nokta koordinatları, izdüşüm merkezi koordinatları ve kamera odak uzaklığıdır. Bu değerler kamera kalibrasyon raporunda mevcuttur (Şekil 3.5.).




| | |
|---|---|
| Virtual Focal Lenght (m) | 0.12 |
| Virtual Sensor Size (Px) | 13824 x 7680 |
| Virtual Pixel Size (µm) | 12 |
| Virtual Principlw Point (mm) | X=-0.0 Y=0.0 |
| Distortion Parameter | Distortion Free |

| | |
|---|---|
| Virtual Focal Lenght (m) | 0.12 / 4.75 |
| Virtual Sensor Size (Px) | 3072 x 2048 |
| Virtual Pixel Size (µm) | 12 |
| Virtual Principlw Point (mm) | X=-0.646 Y=0.646 |
| Distortion Parameter | Distortion Free |

Şekil 3.5.Kalibrasyon raporu

Dijital hava kameralarının kamera kalibrasyon raporunda; kamera odak uzaklığı, piksel sayısı, piksel büyüklüğü ve fotograf orta noktası kayıklık değerleri belirtilmektedir.

Analog (film) hava kameralarının kalibrasyon raporlarında; odak uzaklığı, filim çerçeve boyutları, fotograf orta nokta bulucusu koordinatları, distorsiyon parametreleri bulunmaktadır.

**Dış Yöneltme**

12 dış yöneltme elemanı bir aşamada bulunabileceği gibi, iki aşamada da çözülebilir. Uygun beş eleman karşılıklı yöneltme ile geriye kalan 7 elemanda mutlak yöneltme ile çözülür. Karşılıklı yöneltme ile fotografın eğiklik ve dönüklükleri

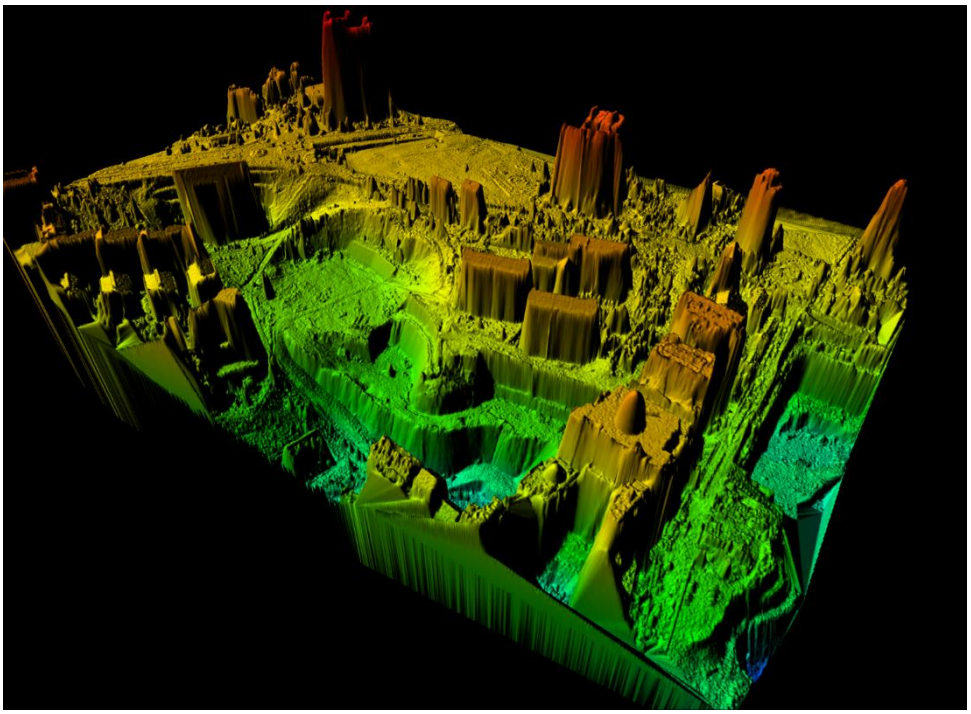
giderilerek fotograf çiftleri birbirine göre çekildiği andaki konuma gelirler. Karşılıklı yöneltme ile arazinin ya da nesnenin 3 Boyutlu modeli elde edilir. Fakat bu 3 Boyutlu model araziye paralel ve ölçekli değildir. Mutlak yöneltme ile arazinin tam benzeri elde edilir. Yani karşılıklı yöneltme ile elde edilen 3 Boyutlu model araziye paralel ve ölçekli hale gelir.

Doğrudan görüntü koordinatlarının ölçüleri ile çalışan ışın demetleriyle dengelemenin özü yer yüzeyinde bulunan bir nokta, iz düşüm merkezi ve bu noktanın görüntü üzerindeki görüntüsünün bir doğru üzerinde olması prensibidir. Bu nedenle görüntüde görünen her noktanın bir izdüşümü ışın vardır. Yer yüzeyinde bulunan bir nokta birçok görüntüde bulunacağından bunu temsil edecek birçok ışın söz konusudur(Batuk, 2012).

Bu noktaların uzayda konumları izdüşüm ışınlarının arazide bir noktada kesişimleri ile bulunur. Yerde bulunan bütün noktaların konumları bu şekilde belirlenirken, mevcut kontrol noktaları ile de araziye en iyi uyumu sağlayacak şekilde tüm ışınların oluşturduğu demetler bir bütün olarak dengelenir.

### 3.2. 3 Boyutlu Şehir Modelli

Fotogrametri alanında çalışan kişilerin en büyük amaçlarından birisi yeryüzünü en iyi şekilde temsil edecek nokta bulutu (Şekil 3.6.), 3 boyutlu şehir modeli (Şekil 3.7.) vb. üretmektir. Teknolojideki gelişmelerin fotogrametri anabilim dalında uygulanması fotogrametri yöntemi ile üretilen her türlü coğrafi bilginin kullanıcıya daha doğru, daha estetik ve daha nitelikli bir şekilde sunma imkânı sağlamıştır.



Şekil 3.6. Nokta bulutu

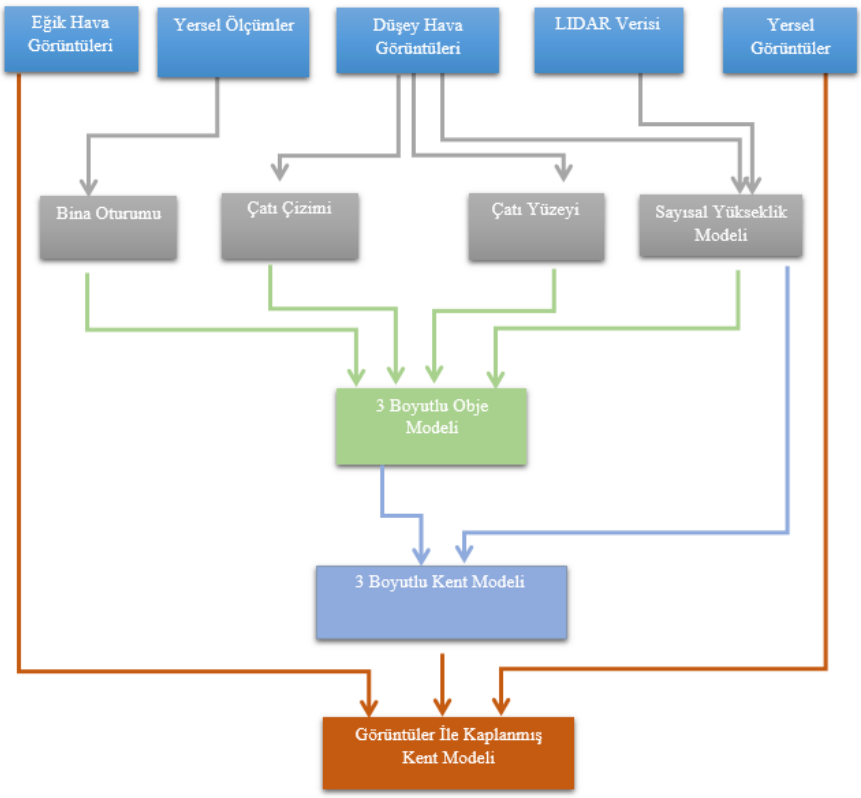


Şekil 3.7. 3 Boyutlu şehir modeli

Son zamanlarda bilişim sektöründeki sanal gerçeklik programlarının geliştirilmesi fotogrametri alanındaki çalışmalara yeni ufaklar açmaktadır. Bu kapsamda yerleşim yerleri için üretilecek 3 boyutlu modeller ve bu modellere entegre edilecek uygulamalar insanların yaşam kalitesini yükseltmek için atılacak her adımda bu alanlarda yapılacak tüm istatiksel çalışmalarda ve bu bölgelere sunulacak her hizmette önemli bir veri kaynağı olacaktır.

### 3.2.1. 3 Boyutlu Şehir Modeli Üretiminde Kullanılan Veri Setleri

3 Boyutlu şehir modeli üretimi üretimde kullanılacak verilerden, üretim sonucunda oluşacak üründen istenen özelliklere ve üretimin için harcanacak emek göre farklılıklar göstermektedir. 3 Boyutlu şehir modeli üretiminde yersel ölçümler, havadan alınan düşey ve eğik görüntüler, yerden ve havadan alınan LIDAR verileri, insansız hava araçlarından alınan görüntüler, hava fotograflarından üretilen nokta bulutu verileri, sokak görüntüleri gibi veri türlerinin tek tek veya kombinasyonlar ile kullanılarak üretim mümkündür. Bu veri setlerindeki girdiler birbiri yerine kullanılabileceği gibi birlikte de kullanılarak üretilecek verinin kalitesinde önemli bir etken olarak rol oynamaktadır(Şekil 3.8.). Bu veri setlerinin tercihi üretilecek sonuç ürünün özelliklerine, eldeki imkânlara göre şekillenmektedir. Verilerin 3 boyutlu şehir modeli üretiminin hangi aşamalarında kullanıldığı şekilde gösterilmektedir.




Şekil 3.8. 3 Boyutlu Şehir Modeli Üretim Veri Setleri

### 3.2.2. 3 Boyutlu Şehir Modeli Kodlama Standardı CıtyGML

OGM (Open Geospatial Consortium ) tarafından geliştirilen CityGML (Geography Markup Language) 3 boyutlu şehir modellerinin paylaşımı ve depolaması için geliştirilmiş bir kodlama standardıdır.

Bu kodlama standardının geliştirilme sebebi son yıllarda yaygınlaşan 3 boyutlu şehir modellerinin sadece grafiksel veya görsel olarak üretilmesi şematik ve topolojik verilerin ikinci plana atılmasıdır. Bu kodlama standardı ile 3 boyutlu modeller sadece görselleştirme amacıyla değil aynı zamanda tematik sorgulama ve analiz yapmak içinde kullanılmasına olanak sağlayacaktır. CityGML ikinci bir özelliği farklı uygulamalar için üretilmiş 3 boyutlu şehir modellerinin ortak bir semantik bilgi modelinde üretilip birbirleri ile ilişkilendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Hedeflenen uygulama alanları şehir planlama, mimari tasarım, turizm ve eğlence sektörü, çevre simülasyonu, mobil telekomünikasyon, afet yönetimi, gayrimenkul yönetimi, araç ve yaya navigasyonu ve eğitim simülasyonlarıdır(Diez ve Sorribas, 2017).

City GML de;

- Sayısal Yüzey Modelleri, Morfoloji Verileri, Sayısal Üçgen Modelleri
- Bina, Köprü, Tünel
- Bitki Örtüsü
- Su Kütleleri
- Ulaşım Tesisleri
- Arazi Kullanımı
- Kent Modelleri
- Kullanıcı Tarafından Tanımlanan Gruplar

veri girdisi olarak kullanabilir.

City GML formatın veriler farklı ayrıntı düzeyleri ile tanımlanmaktadır (Şekil 3.9.),(Şekil 3.10). Bu ayrıntı düzeyleri aşağıda ifade edilmiştir.

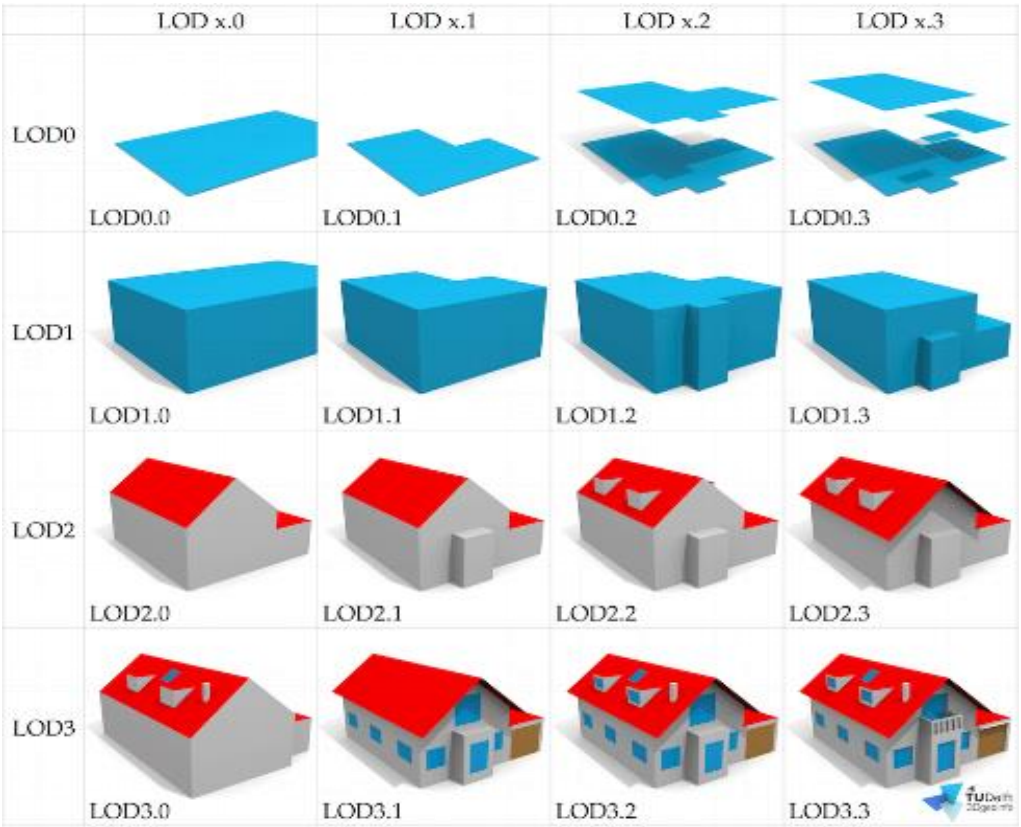
**LOD 0:**En az detaya sahip seviyedir. Bu seviye sayısal arazi modeline hava görüntülerinin veya haritaların ilişkilendirilmiş halidir. Binalar zemin oturumları veya çatı çizgileri ile temsil edilir.

**LOD 1:** Objeler düzgün 3 boyutlu modeller ile temsil edilir. Obje çatıları düz tabaka şeklindedir.

**LOD 2:** Objelerin gösteriminde Lod 1 in aksine objelerin üst ve yan yüzeylerindeki derinlikleri farklı kısımlarda model üzerine işlenmiştir.

**LOD 3:** Duvardaki detayalar pencere ve kapı detayları dâhil olmak üzere çatı yapıları ile mimari modeller gösterir.

**LOD 4:** Lod 3 seviyesine ek olarak odalar, iç kapılar, merdivenler, mobilyalar vb. gibi objenin içyapısına ait detaylarda eklenir(Diez ve Sorribas, 2017).




Şekil 3.9. LOD'ların gösterimi (Diez ve Sorribas, 2017)

LOD'lara ait uygulama alanları, sınıflandırma yetileri, üretimde kullanılan nokta sıklığı vb. gibi özellikler belirlenmiştir (Çizelge 3.1.).

Çizelge 3.1. LOD'ların özellikleri

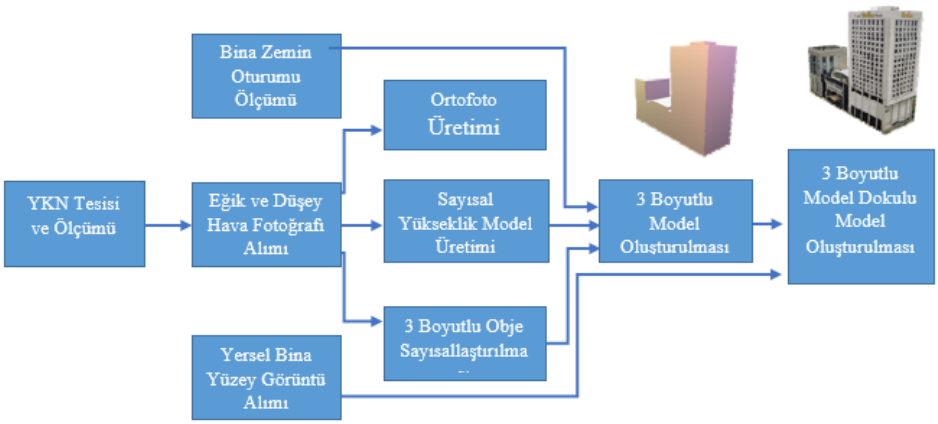
| | LOD 0 | LOD 1 | LOD 2 | LOD3 | LOD4 |
|---|---|---|---|---|---|
| Uygulama Alanları | Kırsal | Kırsal, Şehir | Şehir, Şehir Merkezleri | Şehir Merkezleri | Mimari Projeler |
| Sınıflandırma Yetisi | En Düşük | Düşük | Orta | İyi | Çok İyi |
| Nokta Bulutu Sıklığı | | 5*5 metre | 2*2 metre | 0.5*0.5 metre | 0.2*0.2 metre |
| Genelleme | En Yüksek | >6*6m/3m | >4*4m/2m | <2*2m/1m | Tüm Yapı Edilir |
| Bina Eklentileri | Yok | Yok | Var | Var | |
| Çatı Yapısı | Görüntü | Düzlem | Temsili Çatı | Gerçek Çatı | Gerçek Çatı |
| Çatı Çıkıntıları | Var | Yok | Var | Var | Var |




Şekil 3.10. LOD obje gösterimleri (Diez ve Sorribas, 2017)

### 3.2.3. 3 Boyutlu Şehir Modeli Üretim Aşamaları

3 Boyutlu şehir modellerinin üretim süreçleri üretimde kullanılacak olan veri setine göre şekillenmektedir. Düşey, eğik hava fotograflarının, yerden alımı gerçekleştirilmiş görüntülerin ve zemin oturumlarının veri seti olarak kullanıldığı 3 Boyutlu şehir modeli üretim süreçleri (Şekil 3.11.)gösterilmektedir.




Şekil 3.11. 3 Boyutlu şehir modeli üretim süreçleri

**Yer Kontrol Noktaları (YKN) ve Fotogrametrik Nirengi**

Fotogrametrik çalışmalarda YKN doğruluğu sonuç ürünün konum doğruluğunda önemli bir rol oynamaktadır. Aynı zamanda YKN'lerin sıkılığı ve doğruluğu üretim süreçlerden bina yüzeylerinin eğik hava görüntüleriyle kaplanmasında oluşturulacak 3 Boyutlu model ile eğik görüntülerin eşleşmesini kolaylaştıracaktır.

**Bina Zemin Oturumlarının Ölçümleri**

Bina zemin oturumları 3 Boyutlu şehir modellerinin üretiminin 3 Boyutlu obje modellemesi aşamasında ve objelere özniteliksel bilgilerin entegre edilmesinde kullanılmaktadır. Bina zemin oturumları mevcut ise yazılımların istediği formatlara dönüştürülerek kullanılabilmektedir. Mevcutta 3 boyutlu şehir modeli üretilecek alana ait bina zemin oturumlarını gösteren haritalar yok ise üretilmesi gerekmektedir. Bina zemin oturumlarının bulunduğu haritaların üretiminde bindirmeli olarak çekilmiş hava görüntülerinden oluşturulan stereo görme imkânı sağlayan veriler kullanılabileceği gibi yersel metotlarla da üretilip kullanılabilmektedir. Zemin oturumlarının üretiminde kullanılacak yöntem üretimin gerçekleştirilecek bölgenin sahip olduğu bina yapılarına ve bitki örtüsüne diğer bir değiş ile bina zemin oturumlarının hava görüntülerinden tespit edilip edilemeyeceğine göre belirlenmektedir.

**Düşey ve Eğik Görüntü Alımı**

3 boyutlu şehir modellemesinde kullanılacak düşey ve eğik hava görüntülerinin alımı iki farklı uçuşta alınabileceği gibi tek bir uçuşta da alınabilir. İki farklı uçuşta yapılan çalışmalar düşey görüntülerden istenilen kriterin eş zamanlı olarak eğik görüntülerden elde edilmemesi durumlara tercih edilmektedir.

Hava kameraların gelişip düşey ve eğik görüntü alımlarında algılayıcıların odak uzaklığının değiştirme imkânı sağlanması düşey ve eğik görüntülerin tek seferde istenilen YÖA sahip görüntülerin alınmasına olanak sağlamıştır. Görüntü alımlarında düşey hava görüntülerinde bindirme oranı boyuna %80 enine % 60 olacak şekilde belirlenir. Uçuş planlamasındaki etkileyen bu oran düşey görüntüler üzerine uygulanır ve uçuş kolonları ve görüntü alım noktaları bu şekilde hesaplanır. Görüntü alımı gerekli göründüğünde birbirine dik kolonlar halinde de gerçekleştirilebilir.

**Bina Çatı ve Çatı Detaylarının Sayısallaştırılması ve 3 Boyutlu Obje Modeli Üretimi**

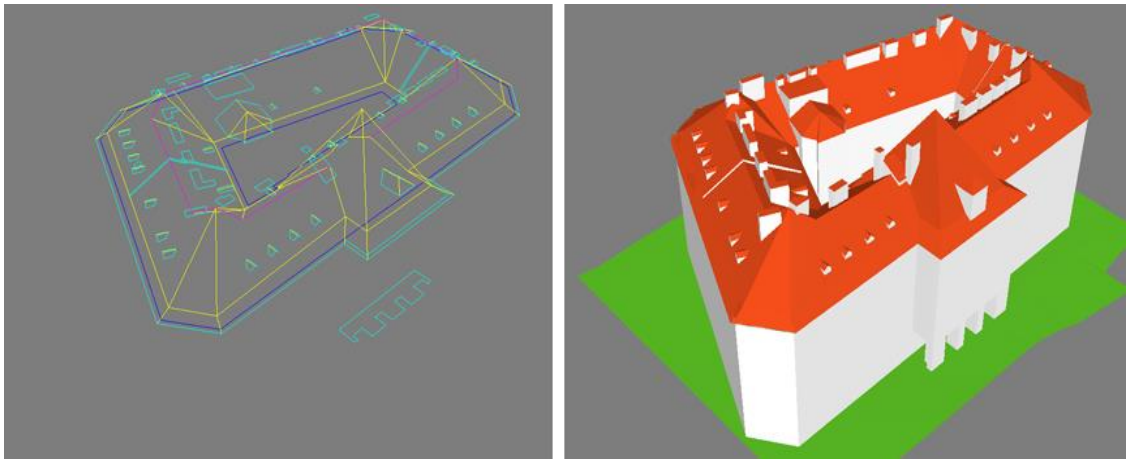
3 Boyutlu şehir modellerini oluşturan objelerin modellenmesi çatı detay ve çatı sınır çizgilerinden yapılır. Üç boyutlu şehir modellerinde gerçekçi bir görüş sağlamak ve şehirleri oluşturan binaları en iyi şekilde temsil edilebilmesi için bina çatılarının tam ve detaylı olarak çizilmesi gerekmektedir. Bu aşama diğer fotogrametrik verilerin üretiminde olduğu gibi vektörel veri üretim sürecini bulundurmak.

Vektörel veri üretim projelerinde olduğu gibi fotogrametrik yöntem ile 3 Boyutlu bina modeli üretiminde de en zaman alıcı ve en maliyetli iş adımı bina modelini oluşturacak çatı detaylarının sayısallaştırılmasıdır. Çatı kırıklarının çizilmesi manuel bir işlemdir ve tam anlamıyla operatör desteğine ihtiyaç duymaktadır. Çatı sayısallaştırmasında deneyimli bir fotogrametrik kıymetlendirme operatörü günde ortalama 60-80 adet binanın çatısını sayısallaştırabilir. Ancak bu sayı bina çatılarının karmaşıklığı ve operatörün deneyimine göre değişmektedir.

3 Boyutlu şehir modellerini üretim aşamalarından olan 3 Boyutlu obje üretme aşaması üretimi istenilen şehir modelinin üretim sürecine, maliyetine ve detay seviyesine göre farklılıklar göstermektedir.

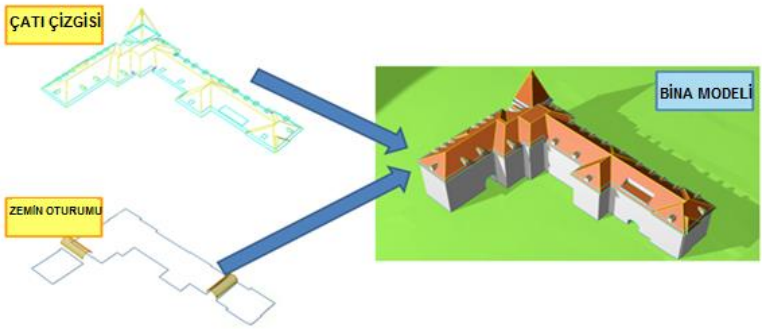
**Bina Zemin Oturumu ve Çatı Kırıklarının Çizilmesi İle 3 Boyutlu Obje Modeli Üretimi:**

Çatının yüzey modelinin oluşturulmasında tam anlamıyla LOD 3 yakalanabilmektedir. Bina yüzeyinde ise LOD 2 seviyesinde kalmaktadır. Tarihsel, kültürel ve politik açıdan önemli binaların 3 Boyutlu modellemesinde tercih edilmektedir ( Şekil 3.12.).



Şekil3.12. Bina zemin oturumu ve çatı kırıklarının çizimi

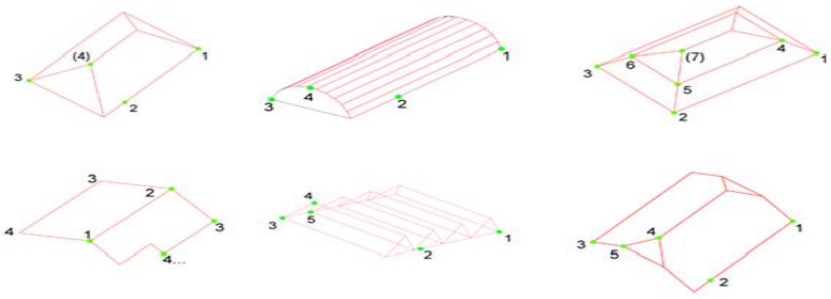
Bu modelleme biçimi Avusturya ve İsviçre'de yaygın olarak kullanılmaktadır. Almanya'da ise uzun yıllardır kent modellemesine sahip olan belediyeler son yıllarda önemli şehir merkezlerinin 3 boyutlu modelini üretiminde bu üretim şeklini tercih etmeye başlamıştır. Bu yöntemde bindirmeli olarak çekilen düşey hava görüntüleri stereo ortama aktarılarak çizimler gerçekleştirilir. Üretim sürecinde nokta bulutu kullanılmamaktadır. Oluşan modelin hassasiyeti stereo ortamdaki görüntülerin hassasiyetine eşittir. Çiziler sonucu oluşturulan 3 boyutlu vektör veriler yazılımlar ile otomatik olarak 3 boyutlu obje modeline aktarılabilmektedir (Şekil3.13). Bu üretim sürecinde manuel çizim ağırlıklı olduğundan günlük üretim sayısı binaların zemin ve çatı yapılarına ve operatörlerin çizim performansına bağlı olarak değişir.




Şekil 3.13. Bina zemin oturumu ve çatı kırıklarının çizimi

**Bina Çatısının Yüzeylerinin Sayısallaştırılması İle 3 Boyutlu Obje Modeli Üretimi:**

Bina çatısının yüzeyler olarak sayısallaştırılması operatör desteği ile 3 Boyutlu kıymetlendirme yazılımında çatı üzerinde gerekli noktaların sırası ile tıklayarak çatının karakteristik noktaları belirtilir. Yazılım bunları yorumlayarak çatı yüzeylerini otomatik olarak oluşturur( Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Bina çatısı sayısallaştırılması

Oluşturulan yüzeyler ile yazılımın kütüphanesinde bulunan çatı geometrileri eşleştirilerek obje çatısı oluşturulur. Kıymetlendirmede stereo hava görüntüleri kullanılır, nokta bulutu üretilmez. Çatının ana hatlarının çıkarımı manuel, çatı modelinin oluşturulması otomatik olduğundan yarı otomatik bir yöntemdir. Çatı detayı olarak LOD3 seviyesinde üretim mümkündür. Modellerdeki yanılma payı stereo hava fotografları yanılma payından daha yüksektir

**Model Tabanlı Kıymetlendirme İle 3 Boyutlu Obje Modeli Üretimi**:

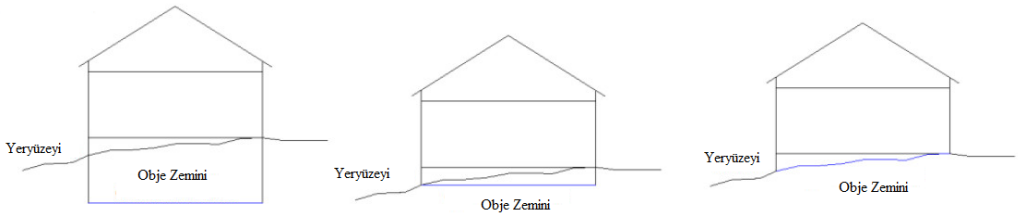
Yüksek bindirmeli oranına sahip düşey konumlu kameradan alınan görüntülerinden üretilen nokta bulutu kullanılmaktadır. Nokta bulutu yardımı ile çatılar tanımlanmakta ve modellenmektedir. Bina zemin oturumu bu yöntemde gereklidir. Bina zemin oturumu yok ise öncelik ile stereo ortamda bina zemin oturumları oluşturulur. Bu işlem gerçekleştikten sonra 3 Boyutlu obje üretimine geçilir. Yazılım kütüphanesinde bulunan örnek objelerden en uygun gördüğünü bina üzerine yerleştirir. Bina taban izi olmaksızın bina modeli üreten çözümlerde mevcut, ancak bu metot sık yapılaşmanın olmadığı, arazinin çok engebeli olmadığı ve bitki örtüsünün bina çatılarını örtmediği alanlarda tam otomatik olarak çalışmaktadır. Bu durumların haricinde bina zemin oturumu önemli bir veri kaynağı olarak kullanılır. Kullanılan kütüphane şehirde olası tüm bina tiplerini ve şekillerini bulunduramayacağı için bina parçaları saklanmaktadır ve modellemede yazılım bu objeleri birleştirerek binaları oluşturmaktadır. Dolayısıyla parçalardan oluşan bina kütleleri birbirleri içine girerler ve topolojik açıdan temiz değillerdir. Bu aşamada binaları temizletip düzgün geometriler elde etme aşamasında operatör desteğinden yararlanılır. Bu metot 3 boyutlu obje modeli üretiminde kullanılan en ucuz ve en hızlı metottur. Obje detay seviyesi LOD 2 dir.

**Nokta Bulutundan Yüzeyler Tanımlayarak Bina Çatı ve Modeli İle 3 Boyutlu Obje Modeli Üretimi:**

Nokta bulutundan yüzeyler tanımlayarak bina çatı ve modeli üreten yazılımlar idealist bir yaklaşımla kütüphane kullanmadan sadece nokta bulutundan ürettiği modeli kullanarak bulduğu çatı yüzeylerini birleştirerek bina çatısını tanımlar ve modeller. Üretilen modellerin neredeyse tamamı manuel bir düzenleme gerektirdiği için metot üretimde kabul görmemektedir.

### 3 Boyutlu Objelerin Yüzey İle İlişkilendirilmesi

3 boyutlu objelerin üretimi tamamlandığında oluşan objelerin zemin ile ilişkisi kurulmamıştır. Oluşturulan objelerin yükseklikleri üretiminde girilen değerler ile belirlenmiştir. 3 Boyutlu objenin zemin ile ilişkilendirilmesi üretim metodolojisine göre çatı sınır çizgilerinden zemine doğru bloklar indirilmesi tercih edilebildiği gibi obje yüzey modeline ait yüzey detayları var ise çatıdan indirilen objeler bu detaylarda kırıklar yaparak zemine objenin bütün olarak ulaşması sağlanır. Zemine ile birleşen objeler sayısal yükseklik modelleri referans alınarak kesilir ve obje modelinin zemin ile bütünleşmesi sağlanır (Şekil 3.15.).(Said, 2016)




Şekil 3.15. 3 Boyutlu objelerin yüzey ile ilişkilendirilmesi (Said, 2016)

### 3 Boyutlu Bina Katı Modellerinin Eğik Görüntülerle Otomatik Kaplanması

3 boyutlu şehir modellerinin obje yüzeyleri kaplanmadan sunulması mümkündür. Ancak görselliğin ön planda olduğu, kullanıcının ilk bakışta fikir sahibi olması gerektiği durumlarda 3 boyutlu objelerin görüntüler ile kaplanması gerekmektedir (Şekil 3.16.).(Tütüneken, 2017)



Şekil 3.16. Bina yüzeylerinin giydirilmesi (Tütüneken, 2017)

Görüntülerden anlaşıldığı gibi 3 boyutlu obje çalışmasında hangi LOD seviyesini seçerseniz seçin objelerin görüntüler ile kaplanmadığı durumlarda modeller her dâim eksik kalmaktadır.

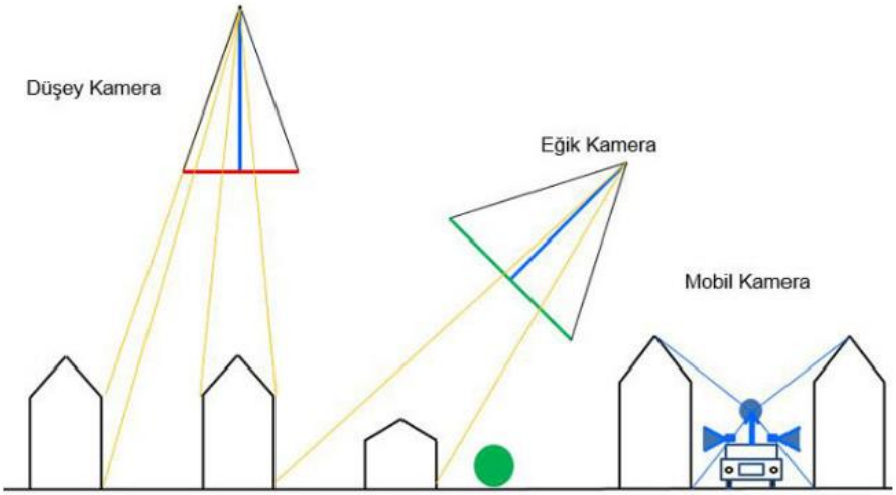
3 boyutlu objelerin bina yüzeylerine ait görüntülerin alımında cadde seviyesinde alınan görüntüler kullanıldığı gibi havadan alımı gerçekleştirilen eğik görüntülerde kullanılmaktadır. Cadde seviyesinde alımlarının tercih edildiği projelerde objenin caddeye cephesi olmayan yüzeylerinin kaplanamamaktadır. Bu durumda 3 boyutlu şehir modellerinin bütünlüğü açısından istenmeyen bir durumdur (Şekil 3.17.).



Şekil 3.17 4. Cadde seviyesi görüntüler kaplanan bina modelleri (Tütüneken, 2017)

3 boyutlu objelerin kaplanmasında havadan görüntü alımının tercih edildiği projelerde bina yüzeylerinde ayırt olmaksızın görüntü elde edilebilmektedir. Bu çalışmalarda ise havadan görüntü alımından kaynaklanan zemine yakın bölgelerin görüntülerinin üretilmemesi ve yapılaşmanın sık olduğu bölgelerde bina yüzeylerinin görüntülerinin yeterince alınamadığı tespit edilmiştir.

3 boyutlu objelerin kaplamak için kullanılacak görüntülerin temini için uygulanması geçerli olan yöntem ise hem cadde seviyesi hem de havadan alımı gerçekleştirilen eğik görüntülerin kullanılmasıdır( Şekil 3.18.). Bu yöntem ile 3 boyutlu objelerin yüzey kaplaması tamamen yapılabilmektedir. (Tütüneken, 2017)




Şekil 3.18. Cadde seviyesi ve hava görüntülerinin alımı (Tütüneken, 2017)

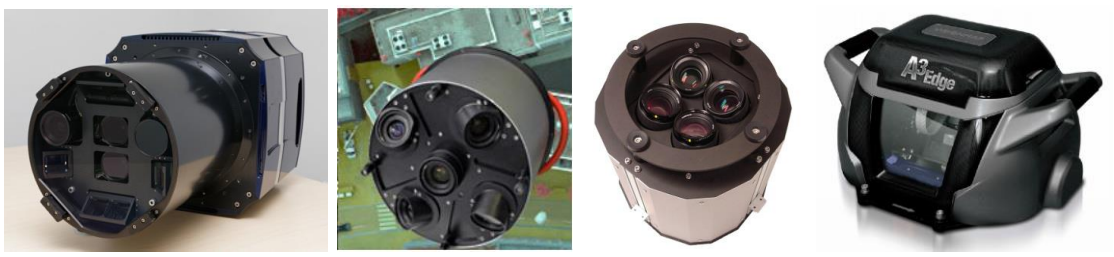
3 boyutlu objelerin yüzey kaplamasının otomatik olarak yapılabilmesi 3 boyutlu objelerin konum doğruluğuna, havadan görüntü alımı esnasında kullanılan YKN'larına ve yersel görüntü algılayıcının konum doğruluğuna bağlı olarak değişmektedir.

Kent modelinin yapı olmayan yüzeylerinin kaplanmasında ise bölgeye ait ortofoto veya true ortofoto kullanılmaktadır.

### 3.2.4. Donanımlar

**Kamera ve Sensör**

Eğik resim fotogrametrisini klasik fotogrametriden ayırt eden en büyük fark görüntü alımında kullanılan algılayıcıların sayısı ve konumlanış şeklidir. Tekli veya çoklu algılayıcıdan oluşan hava kameraları veya kamera sistemleri yeryüzünde bulunan objelerin farklı açılardan görüntü alımına imkânı sağlamaktadır. Eğik resim kameralarını algılayıcı sayılarına göre tekli, ikili, üçlü, dörtlü, beşli ve altılı olarak sınıflandırmak mümkündür(Şekil3.19.).




Şekil 3.19. Eğik resim kameraları (Gerke ve ark., 2016)

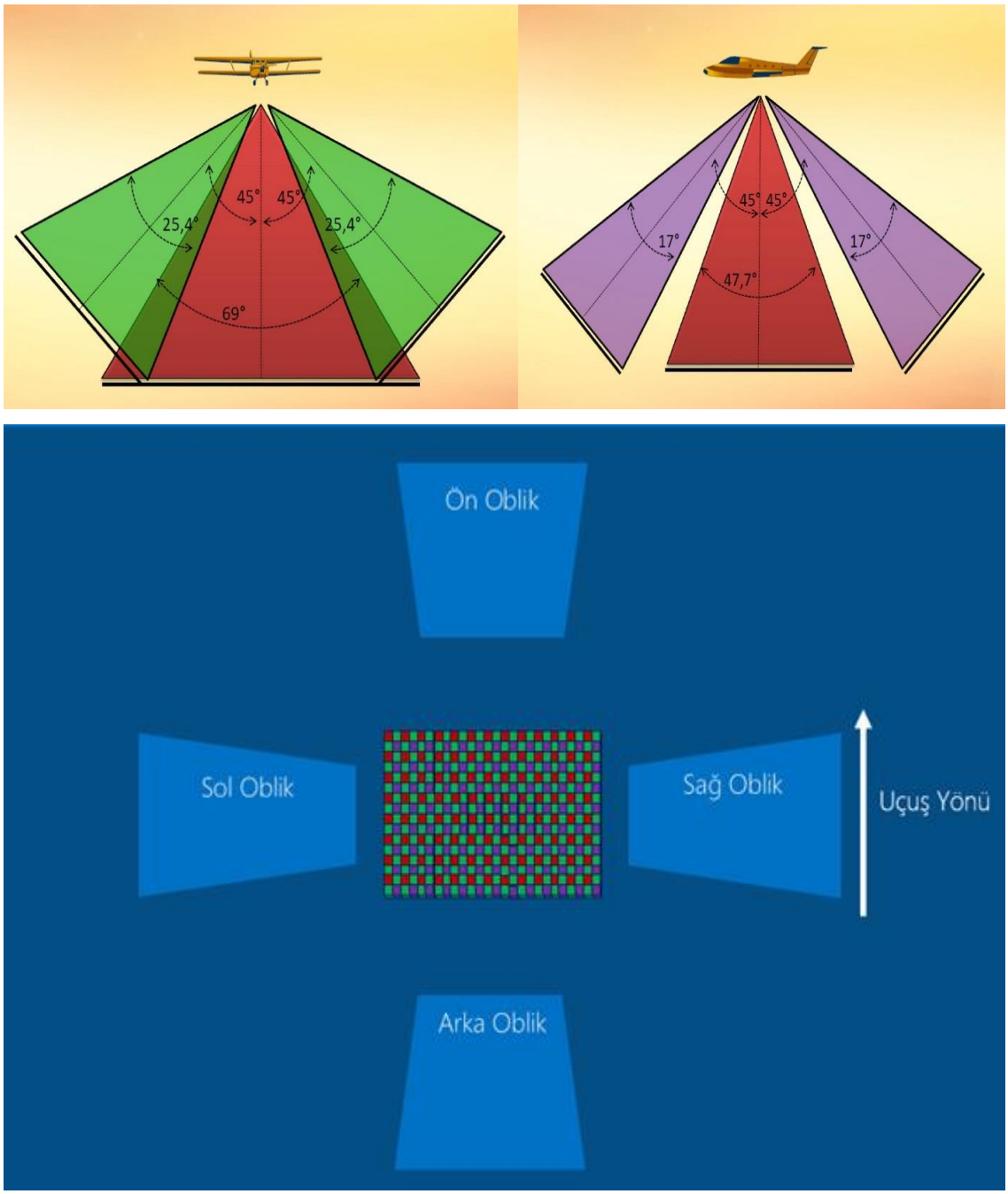
En çok tercih edilen eğik kamera sistemi ise beşli kamera sistemleridir. Bu kamera sistemlerinde düşeyde bir adet ve dört farklı yönde eğik olarak konumlandırılmış toplam beş adet kamera mevcuttur.

Beşli kamera sistemine sahip olan çeşitli markaların kamera sistemlerinin katalog değerleri tabloda gösterilmiştir(Çizelge3.2.).

Çizelge 3.2. Eğik resim kameraları katalog değerleri

| | UltraCam Osprey Prime II | UltraCam Osprey Prime | PentaDigiCAM 80 | Leica RCD 30 |
|---|---|---|---|---|
| Görüntü Büyüklüğü | 13.470*8.670 | 10.300*7.700 | 10.328*7.760 | 10.320*7.752 |
| Düşey Kamera Odak Uzaklığı (mm) | 80 | 80 | 50-70 | 50 |
| Eğik Kamera Odak Uzaklığı (mm) | 120 | 120 | 110 | 80 |
| Eğik Kamera Açıları (Derece) | 45 | 45 | 45 | 35 |
| Piksel Büyüklüğü (Mikron) | 5.2 | 5.2 | 5.2 | 5.2 |
| Pankromatik Özelliği | Var | Yok | Yok | Yok |
| Kızılötesi Özalliği | Var | Yok | Var | Var |
| Görüntü Alım Süresi (Sn) | 2.4 | 2.4 | 1.6 | 1.8 |

Klasik fotogrametriden farklı olarak bulunan eğik kameraların açı değerleri uçuş esnasında yeryüzünde bulunan objelere ait yan yüzeylerin görüntülerinin alımında etkilidir(Şekil 3.20).




Şekil 3.20. Eğik kameralardan alınan görüntülerin yeryüzündeki kapladık alanların gösterimi, Eğik kameraların açı değerlerinin gösterimi

Fotogrametrik amaçla kullanılan hava kameralarında görüntülerin kapladığı alan fotogrametrik çalışmaların ilk aşaması olan planlamasından hemen hemen her aşamada önemli bir yer tutmaktadır. Planlama aşamasında fotogrametrik çalışma yapılacak alanın daha az görüntü ile kapatılması bölgede oluşturulacak fotogrametrik blok sayısını azaltmaktadır. Blok sayısının azlığı çalışma alanında ihtiyaç duyulan YKN sayısı azalır ve buna bağlı olarak daha düşük maliyete ve daha kısa sürede işin tamamlanmasına imkân

sağlar. Fotogrametrik üretimin diğer aşamaları olan görüntü işlemesi, dengeleme işlemleri ve dış yöneltme işlemlerinde görüntü sayısının azalması hem emek hem de süreç açısında olumlu bir etkili oluşturmaktadır.

Eğik resim fotogrametrisi için geliştirilen bu kameraların teknik özelliklerinden bir olan görüntüyü alım süreci (Çizelge 3.3.) fotogrametrik üretim süreçlerinde uçuş planlaması ve görüntü alım sıklığını ile ilişkilendirilmektedir.

Çizelge 3.3.Eğik resim kameralarının görüntü kayıt süreleri

| | UltraCam Osprey Prime II | UltraCam Osprey Prime II | PentaDigiCAM 80 | Leica RCD 30 |
|---|---|---|---|---|
| Görüntü Alım Süresi (Sn) | 2.4 | 2.4 | 1.6 | 1.8 |

Görüntü alım sıklığı kameranın takılı olduğu platformum istenilen yükseklikte kalabildiği hız ve görüntü kayıt süresi ile ters orantılıdır. Platform istenilen yükseklikte ne kadar yavaş ilerleyip ve kamerada birim fotografı ne kadar kısa sürede kayıt ederse görüntü alım noktalarında bir birine o kadar yakın olmaktadır. Dijital hava kameralarını görüntü alım aralığının azalmasındaki en büyük etkenlerden biriside kameraların kayıt ünitelerinde SSD ( Solid State Drive ) disklerin kullanılmasıdır. SSD veri depolamak için geliştirilmiş sabit disklerin yerini alan veri depolama aygıtıdır. Mekanik bir sabit diskin maksimum yazma hızı ortalama 150 mb/sn iken SSD'lerde bu hız 560 mb/sn'dir. SSD depolama ünitelerinin diğer avantajları ise ısı ve sesten etkilenmemeleri, düşük enerji sarfiyatı ve mekanikliğin ortadan kalkmasıdır. SSD'lerin çalışma mantığı RAM'ler ile aynıdır. Veri yolları her mikroçipe paralel bağlanarak istenilen bilgiye eş zamanlı olarak erişilebilir. Bu nedenle SSD'ler çok yüksek hızlara erişebilir. Bu özelliklere sahip SSD depolama ünitelerin hava kameralarında kullanılması ile uçuş esnasında daha fazla görüntü toplama imkânı sağlamıştır.

**Kamera Konum Belirleme ve Yöneltme Sistemi(Sensör Yöneltmelerini Ölçme Ünitesi)**

Kamera konum belirleme ve yöneltme sistemi, GNSS alıcısı ve IMU (İnertialMeasurementUnit)'yu içermelidir. GNSS alıcısı çift frekanslı ve en az 48 kanallı olmalıdır. GNSS-IMU sistemi GPS ve GLONASS uydu sinyalleri ile konumlama yapabilmelidir. GNSS/IMU sisteminin, mutlak konum, hız ve dönüklük belirlemede karesel ortalama hatası, GNSS/IMU verilerinin işlenmesi sonucu; mutlak konumda (XYZ) +/-30 cm veya daha küçük, hız bileşenlerinde +/-0.005 m/s veya daha küçük ve dönüklüklerde +/- 0.008 derece veya daha küçük olmalıdır. Sensör yöneltmelerini ölçme ünitesi üç eksen boyunca rölatif dönüklükleri ve ivmeleri ölçerek konumlama ve yöneltme sistemine iletebilmelidir.

**Uçuş Kontrol ve Yönetim Sistemi**

Uçuş kontrol ve yönetim sistemi, uçuş esnasında en az kullanıcı müdahalesi gerektirecek şekilde entegre edilerek gerekli otomasyon sağlamalıdır. Sistem, uçuş öncesi test işlemlerini içermeli ve yapabilmelidir. Uçuş kontrol sistemi uçuşu yapılacak kolonlar ve dönüşler hakkında pilota bilgi vermelidir. Sisteme uçuş öncesi hazırlanacak uçuş planlarını yüklenebilmelidir. Uçuş esnasında toplanan görüntülerin depolandığı üniteler SSD olmalıdır.(Erkek ve ark., 2016)

**Hava Kamerası Görüntülerini İşleme ve Veri Üretim Donanımı**

3 Boyutlu şehir modellerinin üretimi için gerekli olan görüntü işlemesi ve görüntülerden veri elde edilmesi işlemi gerek veri setlerinin boyutlarının büyük olması gerek ise çalıştırılacak algoritmaların kapsamlı ve çok sayıda çalıştırma gereksinimi duyulmasından dolayı gelişmiş donanımlara gerek duyulmaktadır. Bu gereksinimler bilişim sektöründe son günlerde yaygınlaşan paralel hesaplama özelliğine sahip diğer bir değişle ile paralel işlemci özelliğine sahip donanımlar ile karşılanabilmektedir. Paralel işlemci paralel işlemeye elverişli birden fazla işlemci içeren bilgisayarları tanımlamak için kullanılmaktadır. Paralel işletim sistemine sahip olan donanımların yanında bu donanımlara göre geliştirilecek yazılım algoritmalar da bulunmalıdır. Bu aşamada fotogrametrik işlem aşamalarının görüntü işleme, havai nirengi, sayısal yükseklik modellerinin üretim, ortofoto, true ortofoto üretim ve bina çatı detaylarından üç boyutlu obje oluşturulma aşamalarında kullanılan yazılımların algoritmaları paralel işletim sistemine göre güncellenmiştir. Bu gelişmeler sonucunda bu aşamaların çalışacağı

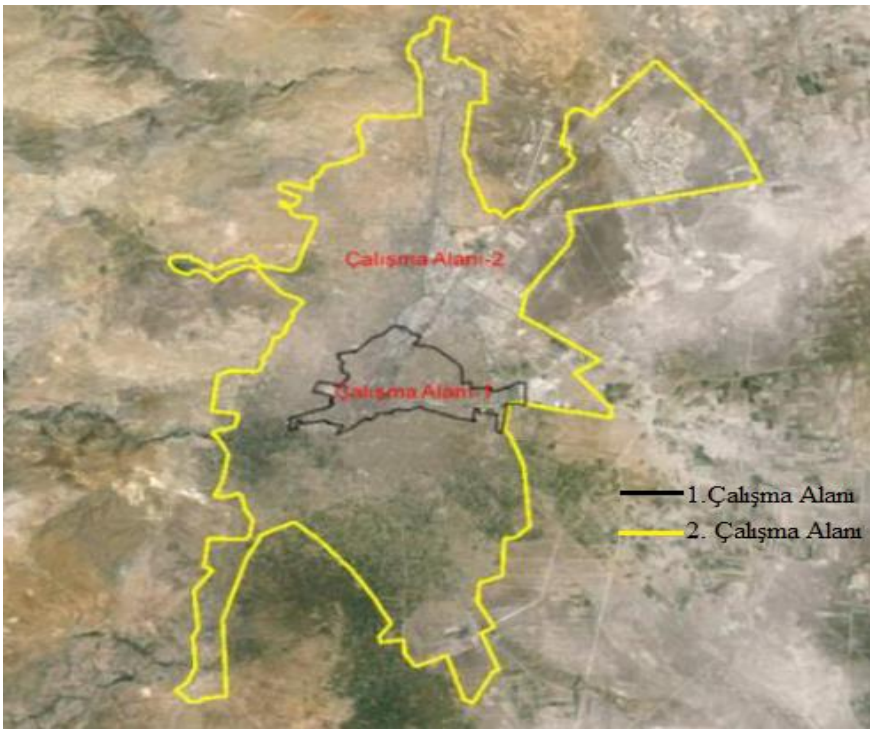
donanım 16 çekirdekli işlemciye ve performansın artması için 768 GB RAM‘e sahip olmalıdır. Algoritmalar görüntülerin üzerinde çalışacağı için paralel işlemciye sahip 4 adet GPU özellikli 128 GB ekran kartı donanım üzerinde bulunmalıdır. Verilerin büyük olması ve hızlı erişim gerektiğinden donanımın depolama ünitesi 7*480 GB SSD ve işletim sitemi için ise 15k RPM özelliğine sahip 3 adet 300 GB SAS tipinde disklerin kullanılması uygun görülmektedir. Donanım üzerinde üretilen verilerin sunumunda sıkıntı yaşamamak için ise iki adet 10 GB SFP bağlantı (network) kartı bulunmalıdır.(Erkek ve ark., 2016)

**Stereo Kıymetlendirme, 3 Boyutlu Bina Modelleme, Bina Kaplama Ve Editleme Donanımları**

Üç boyutlu binaların çatı modellerinin sayısallaştırılması, bina zemin oturumlarının mevcut olmadığı durumlarda bina zemin oturumlarının çıkarımını, otomatik olarak üretilen 3 Boyutlu bina modellerinin düzeltilmesini ve bina yüzeylerinin kaplanması yapabilecek kapasiteye ve stereo görüş ekranına sahip çalışma istasyonları ve bu istasyonlar ile çalışabilecek fotogrametrik fare (3d Mouse) çalışacak operatör sayısınca temin edilmelidir.(Erkek ve ark., 2016)

### 3.3. Türkiye’de 3 Boyutlu Şehir Modeli Uygulaması

3 Boyutlu şehir modelinin üretim uygulaması için ’Konya Büyükşehir Belediyesi Eğik Hava Fotografı Alımı ve 3 Boyutlu Kent Modeli Oluşturulması Projesi’ incelenmiştir. Proje 300 $km^2$ alanı kapsayıp alan kendi içerisinde 2 alana bölünmüştür. İlk alan 20 $km^2$ alanı kapsayıp bu bölgedeki binalar LOD 2 seviyesinde modellenmiş olup geriye kalan 280 $km^2$ alanda bölge ise yapılar LOD 1 seviyesinde modellenmiştir (Şekil 3.21.). Tüm sahaya yayılmış 3400 adet bina LOD 3, 5 adet simge yapı ise LOD 4 seviyesinde modellenmiştir. (Özerbil ve ark., 2014)




Şekil 3.21. Proje Alanları

### 3.3.1. Yer Kontrol Noktalarının Tesisi

Proje kapsamında yer kontrol noktaların yerlerinin belirlenmesi iş bölgesinde oluşturulan fotogrametrik bloklar göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiş olup, tesisi ve ölçüm işleri BÖHHBÜY göre gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında 43 adet YKN tesis edilmiştir.(Özerbil ve ark., 2014)

### 3.3.2. Eğik Görüntü Alımı Ve İşlenmesi

Eğik görüntü alımı Hollanda merkezli Slagboom en Peters şirketine ait kamera ile gerçekleştirilmiştir. Eğik görüntü alımında ileri bindirme oranı %70-80 yan bindirme oranı ise % 60 olarak gerçekleştirilmiştir. Uçuş 650 m den gerçekleştirilmiştir. Düşey görüntülerin YÖA 12-15 arasında yüksekliğe bağlı olarak değişmektedir. Eğik görüntülerin YÖA ise önde 8 cm, ortada 10 cm ve arkada 12 cm'dir. 38.000 adet görüntü alımı gerçekleştirilmiş olup görüntülerin toplam boyutu 1,1 TB'dir.(Özerbil ve ark., 2014)

### 3.3.3. Bina Çatılarının Sayısallaştırılması ve Güncellenmesi

Bina çatılarının sayısallaştırmasında proje sürecini hızlandırmak amacıyla 2005 yılında alımı gerçekleştirilmiş düşey görüntüler ile çalışmaya başlanmış olup proje kapsamında alımı 2013 yılında tamamlanan düşey görüntüler ile sayısallaştırma işlemi

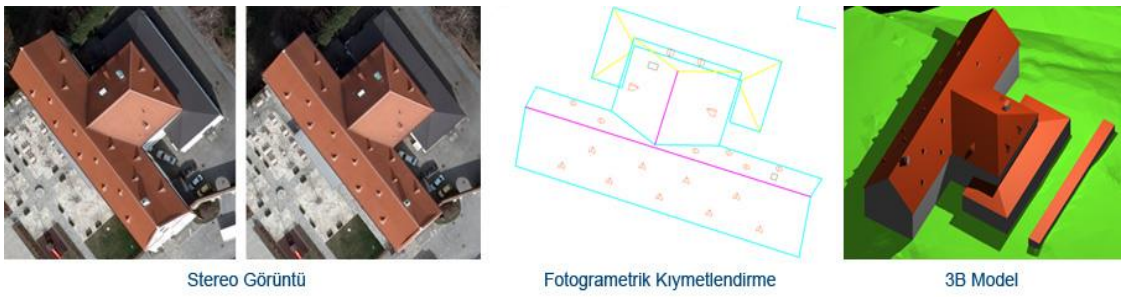
kontrol edilip yeni yapılan binaların çatıları bu modeller üzerinden sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırma işlemi LPS yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Sayısallaştırmada havai nirengi çalışması ve dengelemesi yapılmış stereo hava fotografları kullanıldığından üretilen bina çatı verileri ve dolayısıyla bina modellerinde 5-10 cm konumsal doğruluk sağlanmıştır. Bina çatılarının sayısallaştırılması işlemi sonucunda DGN formatında sayısal bina çatıları elde edilmiştir.(Selçuk ve ark., 2013)

### 3.3.4. 3 Boyutlu Bina Modellerinin Oluşturulması

3 boyutlu modellerin oluşturulması DGN formatındaki vektör çatı modellerinden CityGML standartlarına uyumlu 3 boyutlu obje verilerinin oluşturulduğu işlem aşamasıdır. Bu aşamada AutoDESK 3ds MAX 2014, CityGRID Modeler, FME Desktop Professional 2013 ve CityGRID FME Builder 2013 yazılımları kullanılmıştır.(Selçuk ve ark., 2013)

**Sayısallaştırılmış Bina Çatılarından 3 Boyutlu Bina Modellerinin Oluşturulması**

3 boyutlu model oluşturma ile ilgili iş akışının ilk işlem adımı sayısallaştırılan bina çatısı verilerinin işlenip bina modellerinin oluşturulmasıdır. Veriler işlenirken, sayısallaştırma esnasında oluşan olası hatalar düzeltilmiş olup, geometri tipleri (shape, polyline, elips, arc vb) 3D POLYLINE veya POLYLINE'a çevrilmiştir Şekil 3.23. Geometrik tipleri düzeltilen verilerden otomatik olarak CityGRID Converter kullanılarak 3 boyutlu bina modelleri oluşturulmuştur(Şekil 3.22.).(Selçuk ve ark., 2013)

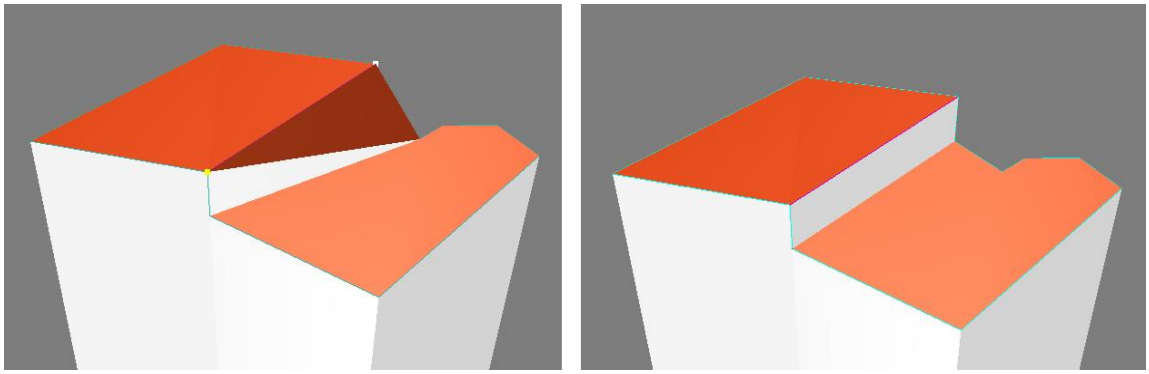



Şekil 3.22. Sayısallaştırılan bina çatılarından 3 Boyutlu model oluşturulması (Selçuk ve ark., 2013)

**3 Boyutlu Bina Modellerinin Düzenlenmesi**

Bir önceki işlem aşamasında geometri düzeltmesi yapılmış olan verilerden CityGRID Converter kullanılarak 3 Boyutlu bina modelleri oluşturulduğundan ve aynı

anda birden fazla bina modelinin üretimi gerçekleştiğinden bu işlem aşaması topolojik ve geometrik hatalar kaçınılmazdır (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. Topolojik ve geometrik hata örnekleri (Selçuk ve ark., 2013)

Bu hataların CityGRID FME Workbench ile oluşturulacak hata listesi üzerinden CityGRIDModeler'da manuel düzeltilmiş ve hatalardan arındırılmış CityGRIDXML modelleri elde edilmiştir.

**Arazi Modeli Oluşturulması**

Arazi modeli oluştururken daha önceki çalışmalar sonucu mevcut olan münhani çizgilerinin bulunduğu haritalar kullanılmış olup. Münhani çizgilerinin bulunduğu haritalar CityGRID FME Workbench kullanılarak TIN formatında arazi modeline çevrilmiştir (Şekil 3.24. ).(Selçuk ve ark., 2013)



Şekil 3.24. TIN formatında arazi modelinin oluşturulması

**Kent Modeli Verilerinin Dokulandırılması**

Arazi modeli, bina modelleri, kamera parametre bilgileri tanımlanmış hava fotografları CityGRID Administrator ile CityGRID veritabanına aktarılmıştır.

Bina modelleri CityGRID Adminisrator kullanılarak dik ve eğik hava fotografları ile otomatik olarak kaplanması yapılmıştır.(Selçuk ve ark., 2013)

### 3.4. 3 Boyutlu Şehir Modelleri Kullanım Alanları

Eğik görüntü ve eğik görüntüden oluşturulan veriler çok geniş bir uygulama alanına sahiptir. Eğik görüntüler kullanılacak oluşturulan 3 boyutlu şehir modellerini üretimi ile eş zamanlı olarak üretilen SYM, ortofoto ve gerçek ortofotoları günümüzde yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Günümüzde ise üretimi yaygınlaşan 3 boyutlu şehir modellerinin elde edilmesinde kullanılan eğik görüntülerin ve 3 boyutlu şehir modellerinin kullanım alanları genel olarak aşağıdaki gibi gruplanabilir:

- Kadastro İçin 3 Boyutlu Veri Altlığı
- Gayrimenkul Değerleme Altlığı
- Emlak Sektörü
- Kent ve altyapı planlaması
- Turizm Sektörü
- 3D Oyun Sektörü
- Askeri ve güvenlik operasyonlarının yönetimi
- Kritik altyapı tesislerinin korunması
- Enerji Sektörü
- Hava Alanları Mania Planlarının Hazırlanması

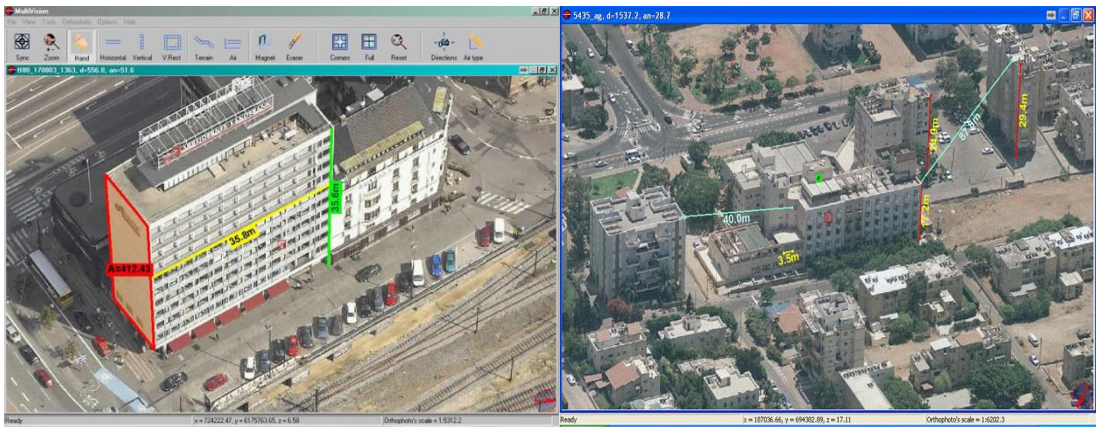
#### 3.4.1. Kadastro Çalışmaları İçin 3 Boyutlu Veri Altlığı Olarak Kullanımı

FIG'nin kadastro tanımında belirtildiği gibi, arazi bilgisi iki boyutlu sınırlar ile tanımlanan parseller aracılığı ile tutulur. Bütünlük ve tutarlılığın sağlanabilmesi için parseller arasında bindirme ve boşluk bulunmamalıdır. Ancak, günümüzde gittikçe karmaşık bir hal alan araziye ait hak, kısıtlama ve sorumlulukların mevcut arazi yönetim bileşenleri ile üstesinden gelinmesi yeterli olmamaktadır. Bu karmaşık hal, özellikle kentsel kısımlardaki yoğun yapılaşma bölgelerinde gözlemlenen bindirmeli ve kesişmeli yapılardan kaynaklanmaktadır. Bu bindirmeli ve kesişmeli yapıların, iki boyutlu parseller aracılığıyla bilgilerin tutulduğu geleneksel tapu ve kadastro sistemlerinde, yüzeye nasıl

iz düşürüleceği problemin temelini teşkil etmektedir. Bu noktada 3 Boyutlu kadastro ve 3 Boyutlu mülkiyet verisinin gerekliliği ile karşılaşılmaktadır.(bakıcı ve ark., 2016)

Kadastronun gelecekte iki boyutlu kadastro haritalarına dayandırılmayacağı ya da bunlar ile kısıtlanmayacağı vurgusu yapılmaktadır. Sonuç olarak, 3 boyutlu hak, kısıtlama ve sorumlulukların tamamen kayıt altına alınması ve 3 boyutlu mülkiyetlerin mekânsal verileri de dâhil olmak üzere hukuki durumlarına erişimin sağlanması gerekmektedir. Bu noktada 3 Boyutlu şehir modellerinin önemi ortaya çıkmaktadır. Bu da, 3 boyutlu verinin toplanması ve objelerin oluşturulması, 3 boyutlu ortamda görselleştirme ve navigasyon ile 3 boyutlu analiz ve editleme işlemlerini gerektirmektedir.

Eğik görüntüler üzerinden hassas mesafe, yükseklik ve alan ölçümleri sayesinde, (Şekil 3.25.) bahsedilen amaçlar için etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Eğik görüntülerden elde edilen doku verisinin giydirilmesi ile elde edilen gerçekçi 3 boyutlu şehir modelleri, kadastro projelerinde için 3 boyutlu önemli bir altlık görevi görmekte ve kentsel planlama işlerinde büyük kolaylık sağlamaktadır.(bakıcı ve ark., 2016)




Şekil 3.25. 3 Boyutlu model üzerinde yapılan ölçümler (bakıcı ve ark., 2016)

### 3.4.2. Gayrimenkul Değerleme Altlığı Olarak Kullanımı

3 boyutlu şehir modelleri gayrimenkul değerleme çalışmaları için önemli bir veri altlığı olarak kullanılmaktadır. Yamaçlık bölgelerdeki ekilir dikilir alanlardan alınacak hasatın verimliliğinde ve yapılar için ise yapının ısınmasında ve aydınlanmasında önemli bir özelliktir. 3 boyutlu şehir modellerinden ve modelleme sürecinde oluşturulan SYM'lerinden elde edilen bakı bilgisi gayrimenkullerin değer tespitinde önemli bir veri kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bakı analizinin yanında yapının gün içerisindeki

durumunun sanal gerçekliğinin elde edilmesi yapının takibini ve bu sonucun değerlemeye yansıtılmasına imkân sağlamıştır. 3 boyutlu üretimde kullanılan eğik görüntüler sayesinde yapının dış görünüşü, peyzaj alını ve yapının bulunduğu çevre ile ilgili daha detaylı bilgi edinilmektedir. 3 boyutlu şehir modellemesinden elde edilen bu bilgiler sayesinde gayrimenkullerin kıyaslanması ve değerlerinin tespit edilmesi daha doğru, daha hassas ve daha kısa sürede yapılmaktadır.(bakıcı ve ark., 2016)

### 3.4.3. Emlak Sektöründe Kullanımı

Gayrimenkul sektörünün internet ortamında yapılması birçok kolaylığı birlikte getirmesi yanı sıra internet ortamından edinilecek bilginin kısıtlılığından dolayı birçok yanılgıya da sebebiyet vermektedir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan emlak satış ve kiralamak internet adresleri gayrimenkulün oda sayısı, katı, yapının yaşı, vb. bilgilerinin yanında uydu görüntüleri ve oda görüntülerinin sunmaktadır. Bu bilgiler gayrimenkul ile ilgilenen kişiye ön bir bilgi vermekte olup kişinin yapıyı yerinde görüp görmeme kararını vermesinde yardımcı olmaktadır. Bu bilgiler bu kararın verilmesi konusunda bile yetersiz gelmektedir. Uydu görüntüsünden elde edinen bilgiler yapı türünün tespiti, yapının yakın çevresi ve yapının fiziksel durumu ile ilgili yeterli bilgi vermemektedir. Gayrimenkul sektörüne internette sunulacak eğik hava görüntülerinden elde edilen 3 Boyutlu şehir modelleri altyapısı üzerinde, emlakçılar kiralık ve satılık gayrimenkulleri müşterilerine yine internet ortamında 3 Boyutlu olarak gösterilmektedir. Gayrimenkulün alış/satış/kiralık fiyatı, komşuları, güneş alır/almaz, görüş açısı, yükseklik/kat vb. analizleri ile gayrimenkulün 360 derece görünümünü sahaya gitmeden görüntülenebilmektedir. Birçok yurtdışı uygulamaları bulunan bu altyapı ile emlak sektörünün daha doğru ve düşük maliyetli hizmet sunumuna imkân sağlamıştır.

Ayrıca üretilen bu 3 Boyutlu şehir modelleri gayrimenkul değerlemesinde, kat mülkiyeti gibi üç boyutlu mülkiyetin gösteriminde, emlak sektöründe, çevresel etki ve değerlemesinde yardımcı bir rol oynamaktadır. Arazi kullanımının tespitinde ise, topoğrafik haritalar ya da ortofotolar kullanılarak elde edilemeyen bilgilere eğik görüntüler kullanılarak ulaşılabilir. Düşey görüntüde gecekondu – lüks bina ayrımı yapılamazken eğik çekim yöntemi ile çok daha nitelikli görüntüler elde etmek mümkündür.

Böylece genel olarak her bir objenin minimum 12, maksimum 36 görüntüsü olup 360 derece görüş sağlanmış olur. Bu verilerin elektronik ortamda sunularak hassas mesafe, yükseklik ve alan ölçümleri sayesinde üç boyutlu kadastral veriler

toplanabilecek, güncellenebilecek ve toplanan veriler görselleştirilebilecektir.(bakıcı ve ark., 2016)

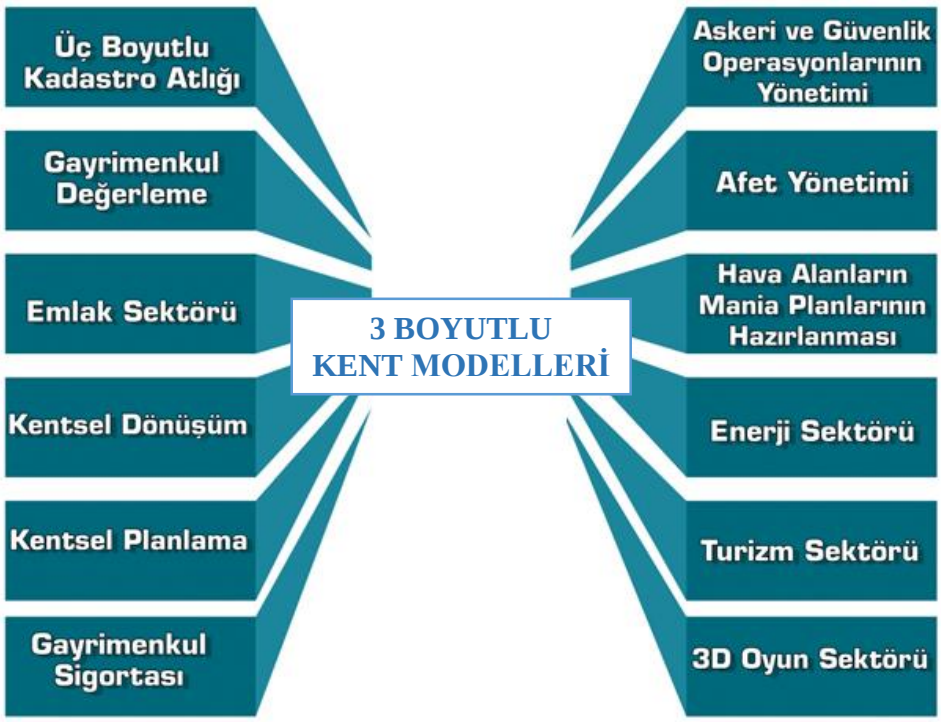
### 3.4.4. Kentsel Alanlarda Yapılacak Projelere Altlık Olarak Kullanımı

Kent alanlarında nüfus yoğunluğunun artması buna bağlı olarak bu alanlarda mevcut yapıların yetersiz gelmesi gelişime açık bölgelerde yeni projeler geliştirilip yapılması gereksinimini doğurmaktadır. Yapılacak projenin bölgenin ihtiyaçlarını tam anlamı ile karşılayıp uzun vadede kullanılabilir olması ve yeni projenin mevcut durum ile uyum içinde olup bölgedeki eksikleri giderirken yeni sıkıntılara sebebiyet vermemesi açısından projenin fizibilite çalışması önemlidir. Fizibilite çalışmasında kullanılan verilerin niteliği proje yapım aşamasında ve sonrasında karşılaşılacak durumların önceden tespit edilmesine olanak sağlamaktadır.

Kullanılan veri setlerinden sematik ve vektörel veriler projenin gerçekleştirilmesi için yeterli görünse de projenin uygulandıktan sonraki süreçlerde karşılaşılacak zorlukların tespit yetersiz kalmaktadır. Projelerin uygulama sonrasındaki durumun tespit edilmesinin en iyi yöntemi yapılacak uygulamamın 3 boyutlu olarak oluşturulup mevcut duruma bütünleştirilmesidir. Günümüzde küçüklü büyüklü hemen hemen her projenin 3 Boyutlu modelinin üretilmesi proje içinde çıkabilecek problemlerin tespit ve giderilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. 3 boyutlu projelerin yerleşim alanındaki durumunun tespiti ise modelin, 3 Boyutlu şehir modellerine entegre edilerek mümkündür. Projelerin 3 Boyutlu şehir modellerine entegre edilerek simülasyonların kurulması projenin başarışı için önemli bir faktördür. Simülasyon üzerinde yapılabilecek analizler projenin sürdürebilirliğini sağlayacaktır.

### 3.4.5. Diğer Kullanım Alanları

3 boyutlu şehir modellemesi sel, erozyon, su baskını vb. gibi doğal afetlerin önceden riskli bölgelerin tespitinde ve bu risklerin giderilmesinde kullanılmaktadır. Doğal afet sonrasında ise müdahale önceliği olan bölgelerin tespitinde, afet öncesi durumun ile sonrası durumun karşılaştırılmasında ve afet sonrası yapılacak tesisiler için konumların belirlenmesi için önemli bir veri kaynağı olarak kullanılmaktadır. 3 boyutlu şehir modellemesinin kullanılması afet öncesinde tedbirlerin alınarak ve afet sonrasında hızlı müdahale imkânı sağlayarak yaşanacak can ve mal kayıplarını azaltmaktadır.




Şekil 3.26. 3 Boyutlu şehir modelinin kullanım alanları (bakıcı ve ark., 2016)

Askeri ve güvenlik operasyonlarının yönetiminde 3 boyutlu şehir modellemesi operasyonu gerçekleştirecek personelin güvenliğinde ve operasyonun başarılı bir şekilde yürütülmesinde önemlidir. Yerleşim merkezlerinde yürütülen askeri ve güvenlik operasyonlarda kullanımı kaçınılmaz olan yapı yükseklikleri, bina görüş analizleri, yapı giriş ve çıkış yerlerinin belirlenmesinde operasyonlarda önemlidir. Bu bilgileri içeren 3 boyutlu şehir modellerin üretilip operasyonları yürüten personele ulaştırılması başarılı ve en az kayıplı operasyonların yürütülmesini sağlamıştır.

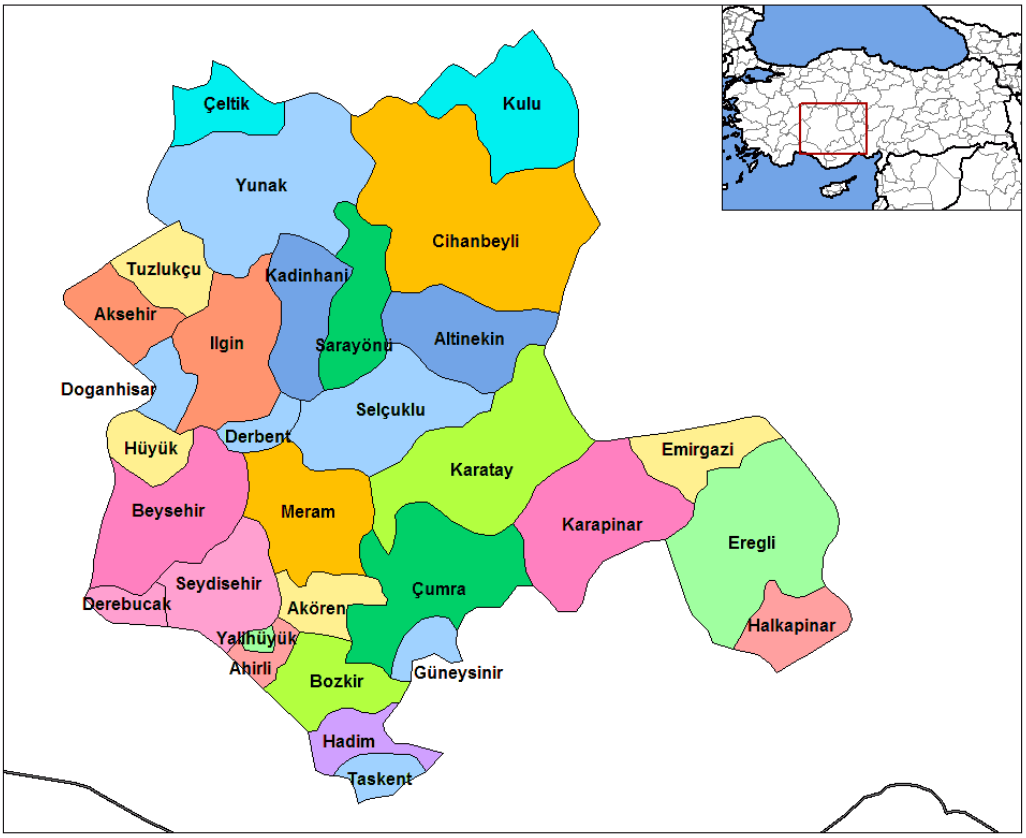
3 boyutlu şehir modellerinin içerisinde turistik yerlerin faklı LOD'larda modellenmesi ülkelerin tanıtımı açısından önemli bir rol oynamaktadır. Turistlik alanların LOD 4 seviyesinde modellenip sunulması ile şehirlerdeki turistlik alanlar ile ilgili daha fazla bilginin paylaşılmasına bununla birlikte daha fazla turistin ülkemizde misafir edilmesine imkân sağlamaktadır.

# 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

3 boyutlu şehir modelleri birçok projede önemli bir altlık veri kaynağı olarak kullanılsa da, TKGM tarafından tutulan kadastral veriler ile 3 Boyutlu şehir modellerinin kıyaslaması yapılmamıştır. Yapılan araştırmada 3 Boyutlu şehir modelleri ile Kadastral verilerin ilişkilendirilerek 3 Boyutlu şehir modellerinden elde edinilecek bilgilerin kadastral verileri temsili incelenmiştir.

## 4.1. Çalışma Alanı

Bu çalışma Konya Büyükşehir Belediyesine bağlı ve Konya Büyükşehir Belediyesi Eğik Hava Fotografı Alımı ve 3 Boyutlu Kent Modeli Oluşturulması Projesi kapsamına giren Meram ve Selçuklu ilçelerine ait kadastral parsellerde yapılmıştır (Şekil 4.1.).




Şekil 4.1. Konya Büyükşehir Belediyesi İlçeleri

Çalışma yapılan parseller belirlenirken farklı yapılaşma şartlarına sahip parseller seçilmiştir. Çalışma alanı 5 kadastral parselden oluşmuş olup 19 tescilli binayı kapsamaktadır.19 bina 14 yapıdan oluşmaktadır ve 19 adet 3 Boyutlu obje ile temsil edilmektedir. Çalışma alanı belirlenir iken yapılaşma bakımından alçak katlı bitişik

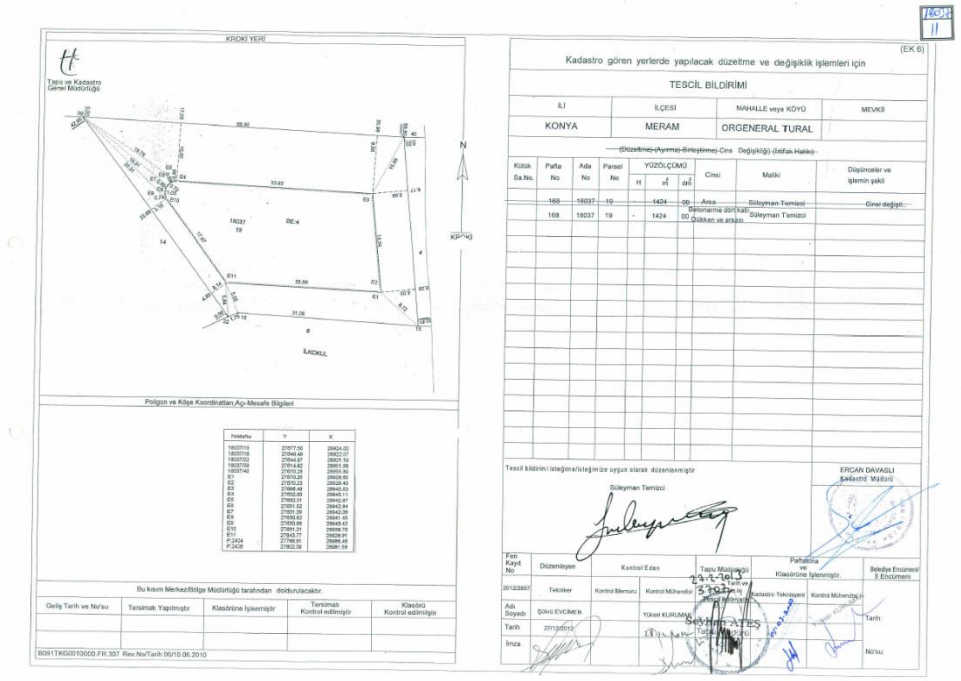
nizamlı, alçak katlı ayrık nizamlı, yüksek katlı bitişik nizamlı, yüksek katlı ayrık nizamlı ve alçak katlı ayrık nizamlı bulundurmasına dikkat edilmiştir (Çizelge 4.1.) . Çalışmada kullanılan kadastral parsel ve parseller üzerindeki yapı nitelikleri aşağıdaki çizelgede gösterilmektedir.

Çizelge 4.1.Parsel ve Yapılaşma Bilgileri

| **Parsel id** | **1** | **2** | **3** | **5** | **6** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Yapı Türü** | Yüksek Yapı Bitişik Nizam | Yüksek Yapı Ayrık Nizam | Yüksek Yapı İkiz Nizam | Alçak Yapı Bitişik Nizam | Alçak Yapı Ayrık Nizam |
| **İl** | Konya | Konya | Konya | Konya | Konya |
| **İlçe** | Selçuk | Selçuk | Meram | Selçuk | Meram |
| **Mahalle** | Şeker Murat | Küçük İhsan | Ateşbaz-ı Veli | Şeker Murat | Ateşbaz-ı Veli |
| **Ada** | 28799 | 20407 | 18965 | 28800 | 18037 |
| **Parsel** | 5 | 1 | 2 | 2 veya 3 | 19 |
| **Yapılanma** | 11 Kat | 8 Kat | 10 Kat | 2 ve 1 Kat | 4kat |
| **Bina Sayısı** | 4 Bina | 3 Bina | 5 Bina | 6 Bina | 1 Bina |
| **Yapı Sayısı** | 1 Yapı | 3 Yapı | 3 Yapı | 6 Yapı | 1 Yapı |
| **3B Model Sayısı** | 4 Model | 3 Model | 5 Model | 6 Model | 1 Model |

## 4.2. Mevcut Verilerin Düzenlenmesi

Çalışılan parsellere ait bilgilerin tutulduğu fen klasörlerinde bulunan ölçü krokileri ve tescil beyannameleri Konya kadastro il müdürlüğünden temin edilmiştir.



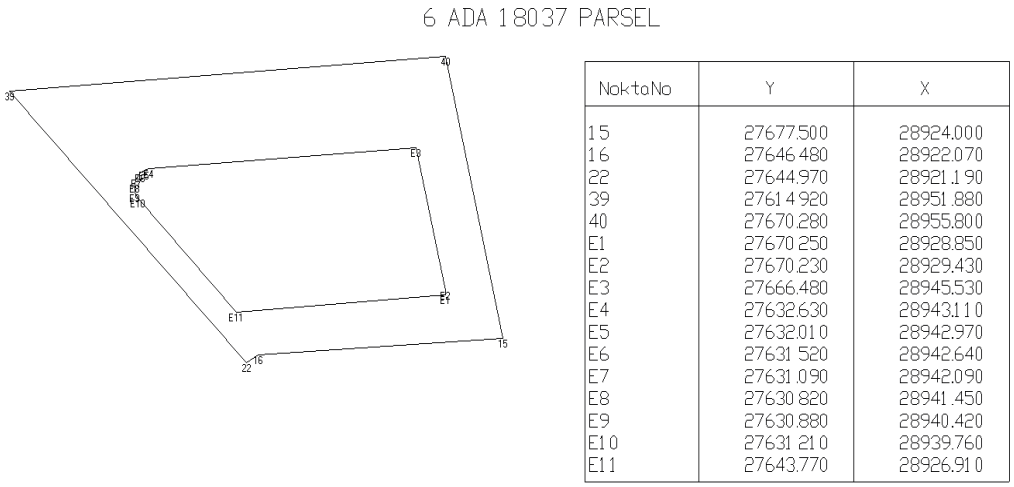

Şekil 4.2.Tescil Beyannamesi Örneği

Her bir parsel için elde edinilen veriler parselin son kadastral işleme ilişkin evraklardır. Elde edinilen tescil beyannamesinde; parseldeki işlemden sonraki parselin durumu, parsel ve parsel üzerinde bulunan yapının köşe koordinatları, işlem öncesi ve sonrasındaki parselin yüz ölçümü ve parsel üzerindeki yapının niteliği belirtilmektedir. Kadastral verilerde parsel üzerindeki yapının yüz ölçümü belirtilmemiş olup bu bilgi köşe koordinatları bilgisayar ortamına aktarılarak vektör veriler elde edilip, alan sorgulaması bu veriler üzerinden yapılmıştır. Kadastro kayıtlarında kadastral parselin veya parsel içinde bulunan taşınmazların detay koordinatlarında yükseklik ile ilgili bir bilginini bulunmadığı tespit edilmiştir. Ölçüm krokisi ve tescil beyannamesindeki koordinat sistemi parselde yapılan son çalışma esnasında kadastronun referans kabul ettiği koordinat sistemleridir. Çalışmada kullanılan parsellere ait kayıtlarda kullanılan koordinat sistemleri (Çizelge 4.2 ) sunulmuştur.

Çizelge 4.2. Koordinat Sistemleri

| Parsel id | 1 | 2 | 3 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| İl | Konya | Konya | Konya | Konya | Konya |
| İlçe | Selçuk | Selçuk | Meram | Selçuk | Meram |
| Mahalle | Şeker Murat | Küçük İhsan | Ateşbaz-ı Veli | Şeker Murat | Ateşbaz-ı Veli |
| Ada | 28799 | 20407 | 18965 | 28800 | 18037 |
| Parsel | 5 | 1 | 2 | 2 veya 3 | 19 |
| Koordinat sistemi | Ed 50 | İmar | İmar | Ed 50 | İmar |

Her bir parsel ve parselde bulunan yapılar, köşe koordinatlarından ve krokilerden yararlanılarak sayısal ortamda üretilmiştir (Şekil 4.3.).



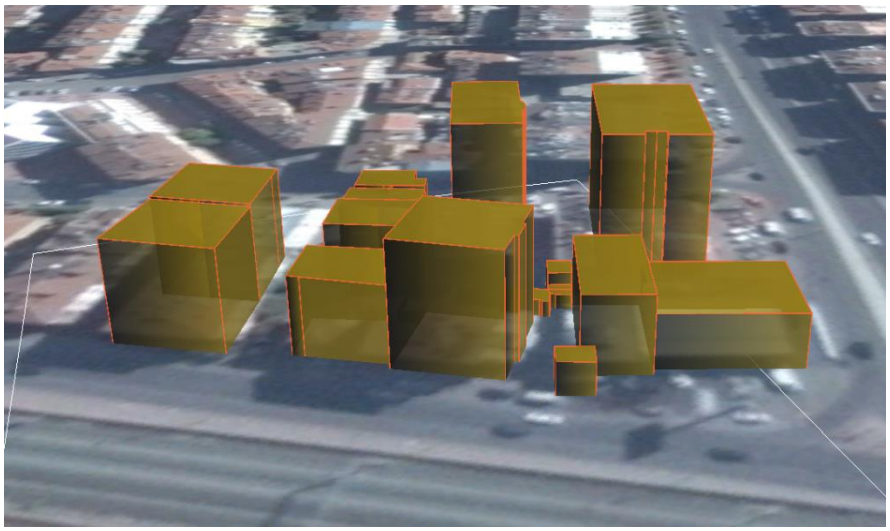

| NoktaNo | Y | X |
|---|---|---|
| 15 | 27677.500 | 28924.000 |
| 16 | 27646.480 | 28922.070 |
| 22 | 27644.970 | 28921.190 |
| 39 | 27614.920 | 28951.880 |
| 40 | 27670.280 | 28955.800 |
| E1 | 27670.250 | 28928.850 |
| E2 | 27670.230 | 28929.430 |
| E3 | 27666.480 | 28945.530 |
| E4 | 27632.630 | 28943.110 |
| E5 | 27632.010 | 28942.970 |
| E6 | 27631.520 | 28942.640 |
| E7 | 27631.090 | 28942.090 |
| E8 | 27630.820 | 28941.450 |
| E9 | 27630.880 | 28940.420 |
| E10 | 27631.210 | 28939.760 |
| E11 | 27643.770 | 28926.910 |

Şekil 4.3. Sayısal Vektörel Veri

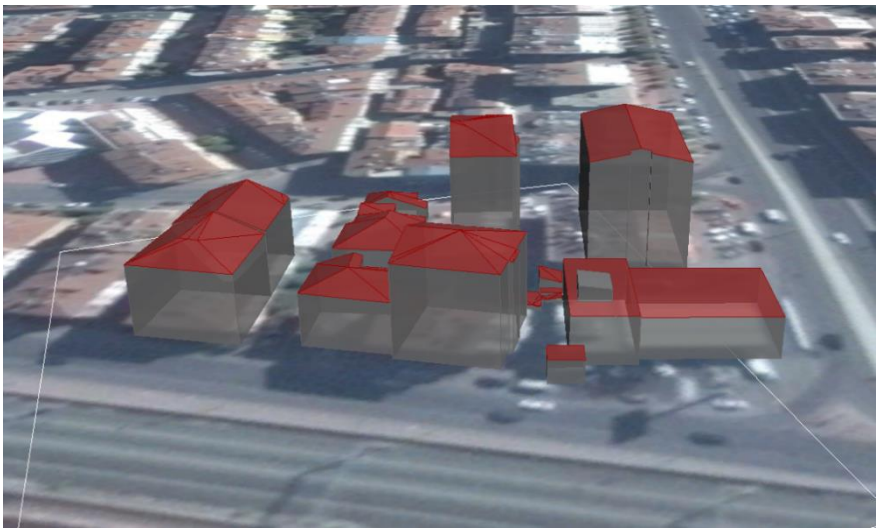
Farklı koordinat sisteminde elde edilmiş olan parsel ve yapılara ait sayısal vektörel veriler, il kadastro müdürlüğünden temin edilen dönüşüm parametreleri ile WGS84 koordinat sistemine dönüştürülmüştür.

Temin edilen 3 boyutlu veriler (.kml formatında) , obje kaplamada kullanılacak görüntü grupları (.jpeg formatında) ve görüntü gruplarını ilişkilendirme kullanılacak olan veriler (.dae formatında) coğrafi koordinat sistemindedir. Veriler, talep edilen kısım numaralarında proje kapsamında oluşturulan alt bölgeler ve bu bölgelerde bulunan farklı

sayılarda yapı içeren çalışma gruplarında ve her bir çalışma grubuna ait 4 farklı .kml şeklindedir. 4 farklı .kml grubundaki veriler; Extruded (Şekil 4.4.) ile adlandırılmış veri: objeleri Lod 1.3, Geometry (Şekil 4.5.) ile adlandırılmış veri: objeleri Lod 2.3, Collada (Şekil 4.6.) ile adlandırılmış veri: objelerin eğik görüntüler ile kaplanmış hali ve Footprint (Şekil 4.7.) ile adlandırılmış veri: zemin oturumlarını temsil etmektedir. Verilerin üretiminde, bina zemin oturumunun tespiti için eğik görüntüler üzerinden bir çalışma yapılmadığı ve 3 Boyutlu objelerin üretiminde eğik görüntülerinde kullanıldığı ve obje yüzeyindeki çıkmaların tespitinde kullanılabilen nokta bulutu verisinin üretiminin gerçekleştirilmediği belirlenmiştir.



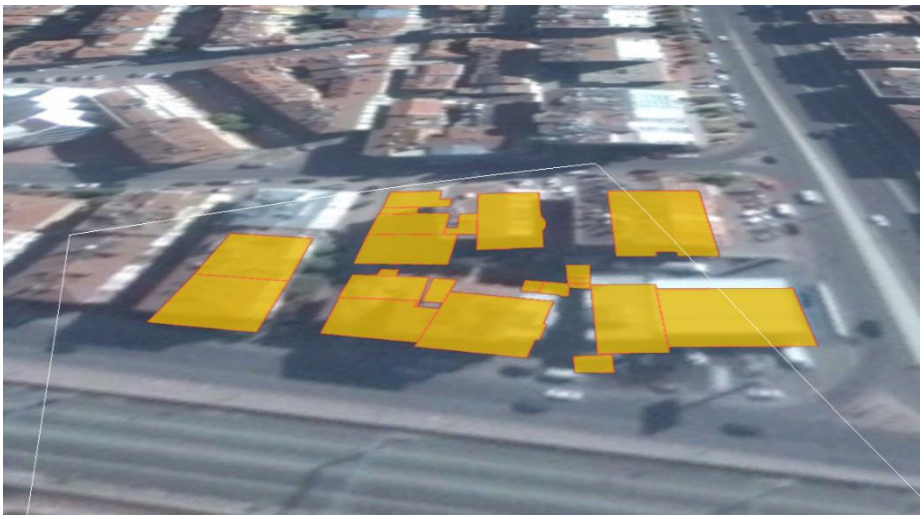
Şekil 4.4. Extruded Verisi



Şekil 4.5. Geometry Verisi



Şekil 4.6. Collada Verisi



Şekil 4.7. Footprint Verisi

### 4.3. Mevcut Verilerin İlişkilendirilmesi

Farklı koordinat sistemlerinde ve farklı formatta elde edinilen veriler bir birleri ile ilişkilendirebilmek amacıyla aynı koordinat sistemine ve aynı formatlara dönüştürüldü. Bu dönüşüm ile kadastrodan gelen verilerden türetilen ve koordinat sistemi koordinat listesinden tespit edilen veriler uydu görüntüleri ile ilişkilendirilmesi sonucu koordinat sistemi tanımlanmadan kaynaklanan kaba bir hatta olmadığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.8.).



Şekil 4.8. KMZ.Verisinin Kaba Hata Kontrolü

Kaba hata kontrolünde kaba bir konum hatasıyla karşılaşılmayan kadastral veriler ile 3 boyutlu obje verisi olarak kullanılan ve 4 farklı katmanda alınan veriler kıyaslamak için en uygun katmaların belirlenmesi yapıldı.

Kadastral kayıtlarda bulunan bina köse koordinatlarından üretilen; bina zemin oturumunun geometrisi ile 3 Boyutlu şehir modeline ait footprint veri katmanı bina zemin oturumunun alan bilgileri ve detay koordinatlarının karşılaştırılmasında tercih edildi.

Collada veri katmanında kadastral verisinin ayırt edilemediği, geometry veri katmanının extruded ve footprint veri katmanlarının göre temsil daha yüksek olması ve geometry veri katmanı görsellik, bütünlük ve ayırt edilebilirlik açısından üstünlüğünden ötürü geometri verisi görsellik ve bütünlük açısından incelenmede tercih edildi.

Kadastral kayıtlarda bulunan yapının nitelik bilgilerinin 3 Boyutlu Şehir Modelleri ile karşılaştırılmasında objelerin eğik görüntüler ile kaplanmış halini içeren ve üzerinde yapının kat adedi ve yapının türünün tespit edilebildiği collada veri katmanı tercih edildi.

### 4.4. Objelerin Zemin Oturumlarının Analizi

Objelerin bina zemin oturumlarını analizinde kadastrodan gelen verilerden objelere ait olan köşe koordinatları sayısallaştırılıp alan sorgulanması yapılmıştır. 3 Boyutlu Şehir Modellerindeki zemin oturumların sorgulanması için öncelikle coğrafik koordinat sisteminden Transverse Mercator Koordinat sistemine geçilmiş olup alan sorgulamaları footprint veri katmanında gerçekleştirilmiştir. Alan sorgulama sonuçları (Çizelge 4.3.) sunulmuştur.

Sorgulama sonucunda kadastral kayıtlar ile objelerin bina zemin oturumları arasındaki farkın TKGM tarafından yayınlanan 2010/22 ve 2010/4 sayılı genelgelerde belirtilen köy içi ve mahallede tecviz sınırları (Eşitlik 4.1.) içinde kalıp kalmadığı incelenmiştir.

$$f = 0.013x\sqrt{MXF} + 0.0003xF \quad (4.1.)$$

F=Kayıtlı Alan Miktarı

M=Ölçek Paydası

f=Tecviz Sınırı

Çizelge 4.3.Objelern Zemin Oturumlarının Analizi

| | | 1.Yapı | | 2.Yapı | | 3.Yapı | | 4.Yapı | | 5.Yapı | | 6.Yapı | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Kadastroda Kayıtlı Alan ($m^2$) | 3 Boyutlu Modelin Zemin Alanı ($m^2$) | Kadastroda Kayıtlı Alan ($m^2$) | 3 Boyutlu Modelin Zemin Alanı ($m^2$) | Kadastroda Kayıtlı Alan ($m^2$) | 3 Boyutlu Modelin Zemin Alanı ($m^2$) | Kadastroda Kayıtlı Alan ($m^2$) | 3 Boyutlu Modelin Zemin Alanı ($m^2$) | Kadastroda Kayıtlı Alan ($m^2$) | 3 Boyutlu Modelin Zemin Alanı ($m^2$) | Kadastroda Kayıtlı Alan ($m^2$) | 3 Boyutlu Modelin Zemin Alanı ($m^2$) |
| **Ada** | **28799** | 329.79 | 397.07 | 296.31 | 353.52 | 353.81 | 429.05 | 296.81 | 351.89 | | | | |
| **Parsel** | **5** | Fark | 67.27 | Fark | 57.21 | Fark | 75.24 | Fark | 55.08 | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| **Ada** | **20407** | 453.56 | 679.72 | 454.48 | 684.00 | 453.80 | 665.20 | | | | | | |
| **Parsel** | **1** | Fark | 226.16 | Fark | 229.52 | Fark | 211.40 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| **Ada** | **18965** | 346.10 | 423.88 | 344.25 | 420.63 | 343.30 | 420.31 | 347.00 | 417.91 | 337.30 | 428.32 | | |
| **Parsel** | **4** | Fark | 77.78 | Fark | 76.38 | Fark | 77.01 | Fark | 70.91 | Fark | 91.02 | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| **Ada** | **28800** | 59.99 | 63.16 | 202.10 | 244.75 | 101.94 | 119.42 | 78.23 | 103.12 | 97.84 | 125.56 | 83.77 | 114.07 |
| | | Fark | 3.17 | Fark | 42.65 | Fark | 17.48 | Fark | 24.89 | Fark | 27.72 | Fark | 30.30 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| **Ada** | **18037** | 544.81 | 717.69 | | | | | | | | | | |
| **Parsel** | **19** | Fark | 172.88 | | | | | | | | | | |

## 4.5. Yapı Niteliği Analizi

Kadastral kayıtlarda bulunan yapının nitelik bilgilerinin 3 Boyutlu şehir modelleri ile karşılaştırılmasında objelerin eğik görüntüler ile kaplanmış halini içeren ve üzerinde yapının kat adedi ve yapının türünün tespit edilebildiği collada veri katmanı tercih edildi. Collada veri katmanı üzerinde bina kat adedi sayımı ve bina türü çıkarımları gerçekleştirildi (Şekil 4.9.) ve bu veriler kadastral kayıtlarda bulunan yapı niteliğindeki bilgiler ile karşılaştırıldı( Çizelge 4.4.).



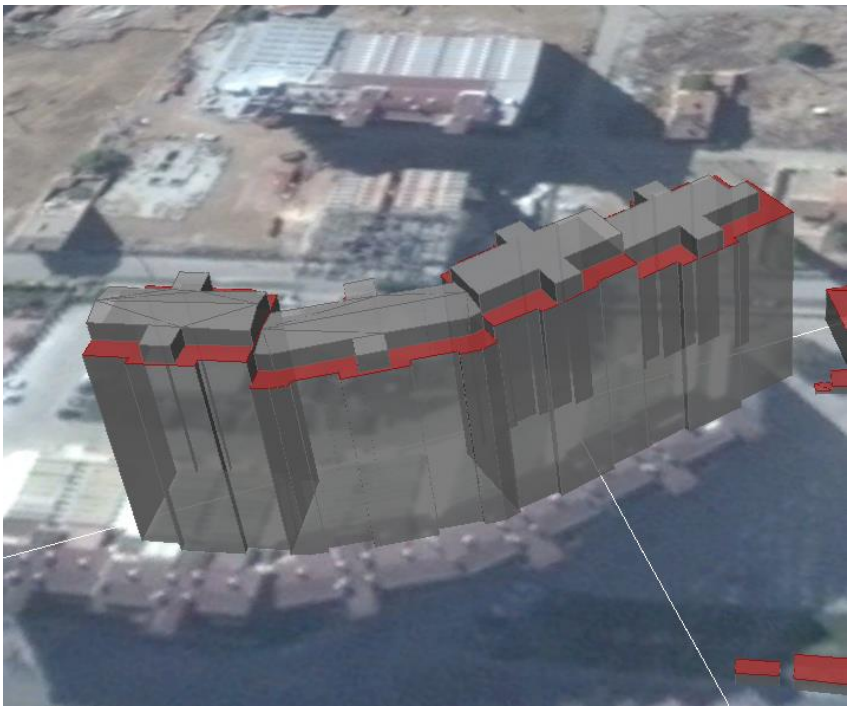
Şekil 4.9.Yapı Nitelik Analizi

Çizelge 4.4.Yapı Niteliği Analizi

| | | ***1.Yapı*** | | ***2.Yapı*** | | ***3.Yapı*** | | ***4.Yapı*** | | ***5.Yapı*** | | ***6.Yapı*** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **Kadastroda Kayıtlı Kat Adedi** | **3 Boyutlu Modelin Kat Adedi** | **Kadastroda Kayıtlı Kat Adedi** | **3 Boyutlu Modelin Kat Adedi** | **Kadastroda Kayıtlı Kat Adedi** | **3 Boyutlu Modelin Kat Adedi** | **Kadastroda Kayıtlı Kat Adedi** | **3 Boyutlu Modelin Kat Adedi** | **Kadastroda Kayıtlı Kat Adedi** | **3 Boyutlu Modelin Kat Adedi** | **Kadastroda Kayıtlı Kat Adedi** | **3 Boyutlu Modelin Kat Adedi** |
| ***Ada*** | ***28799*** | 11 | 10 | 12 | 11 | 11 | 10 | 12 | 11 | | | | |
| ***Parsel*** | ***5*** | Fark | -1 | Fark | -1 | Fark | -1 | Fark | -1 | | | | |
| ***Ada*** | ***20407*** | 8 | 7 | 8 | 7 | 8 | 7 | | | | | | |
| ***Parsel*** | ***1*** | Fark | -1 | Fark | -1 | Fark | -1 | | | | | | |
| ***Ada*** | ***18965*** | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | | |
| ***Parsel*** | ***4*** | Fark | 0 | Fark | 0 | Fark | 0 | Fark | 0 | Fark | 0 | | |
| ***Ada*** | ***28800*** | - | 1 | - | 1 | - | 2 | - | 2 | - | 2 | - | 2 |
| | | Fark | - | Fark | - | Fark | - | Fark | - | Fark | - | Fark | - |
| ***Ada*** | ***18037*** | 4 | 3 | | | | | | | | | | |
| ***Parsel*** | ***19*** | Fark | -1 | | | | | | | | | | |
| | | ***Kadastroda Kayıtlı Yapı Türü*** | ***3 Boyutlu Modelin Yapı Türü*** | ***Kadastroda Kayıtlı Yapı Türü*** | ***3 Boyutlu Modelin Yapı Türü*** | ***Kadastroda Kayıtlı Yapı Türü*** | ***3 Boyutlu Modelin Yapı Türü*** | ***Kadastroda Kayıtlı Yapı Türü*** | ***3 Boyutlu Modelin Yapı Türü*** | ***Kadastroda Kayıtlı Yapı Türü*** | ***3 Boyutlu Modelin Yapı Türü*** | ***Kadastroda Kayıtlı Yapı Türü*** | ***3 Boyutlu Modelin Yapı Türü*** |
| ***Ada*** | ***28799/5*** | Betonarme Apartman | Betonarme Apartman | Betonarme Apartman | Betonarme Apartman | Betonarme Apartman | Betonarme Apartman | Betonarme Apartman | Betonarme Apartman | | | | |
| ***Ada*** | ***20407/1*** | Betonarme Apartman | Betonarme Apartman | Betonarme Apartman | Betonarme Apartman | Betonarme Apartman | Betonarme Apartman | | | | | | |
| ***Ada*** | ***18965/4*** | Betonarme Apartman | Betonarme Apartman | Betonarme Apartman | Betonarme Apartman | Betonarme Apartman | Betonarme Apartman | Betonarme Apartman | Betonarme Apartman | Betonarme Apartman | Betonarme Apartman | | |
| ***Ada*** | ***28800/-*** | - | Müstakil Konut | - | Müstakil Konut | - | Müstakil Konut | - | Müstakil Konut | - | Müstakil Konut | - | Müstakil Konut |
| ***Ada*** | ***18037/19*** | Dükkân ve Arsa | Alışveriş Merkezi | | | | | | | | | | |

## 4.6. Yapı Detay ve Temsil Analizi

Kadastral kayıtlarda bulunan yapılara ait köşe koordinat bilgilerinin sayısallaştırılıp yapıların vektör hale getirilmesi ve geometry veri katmanı ile birleştirilerek (Şekil 4.10.), 3 Boyutlu model ve Kadastral verilerdeki objeyi temsil eden detay nokta sayıları kıyaslandı (Çizelge 4.5.).



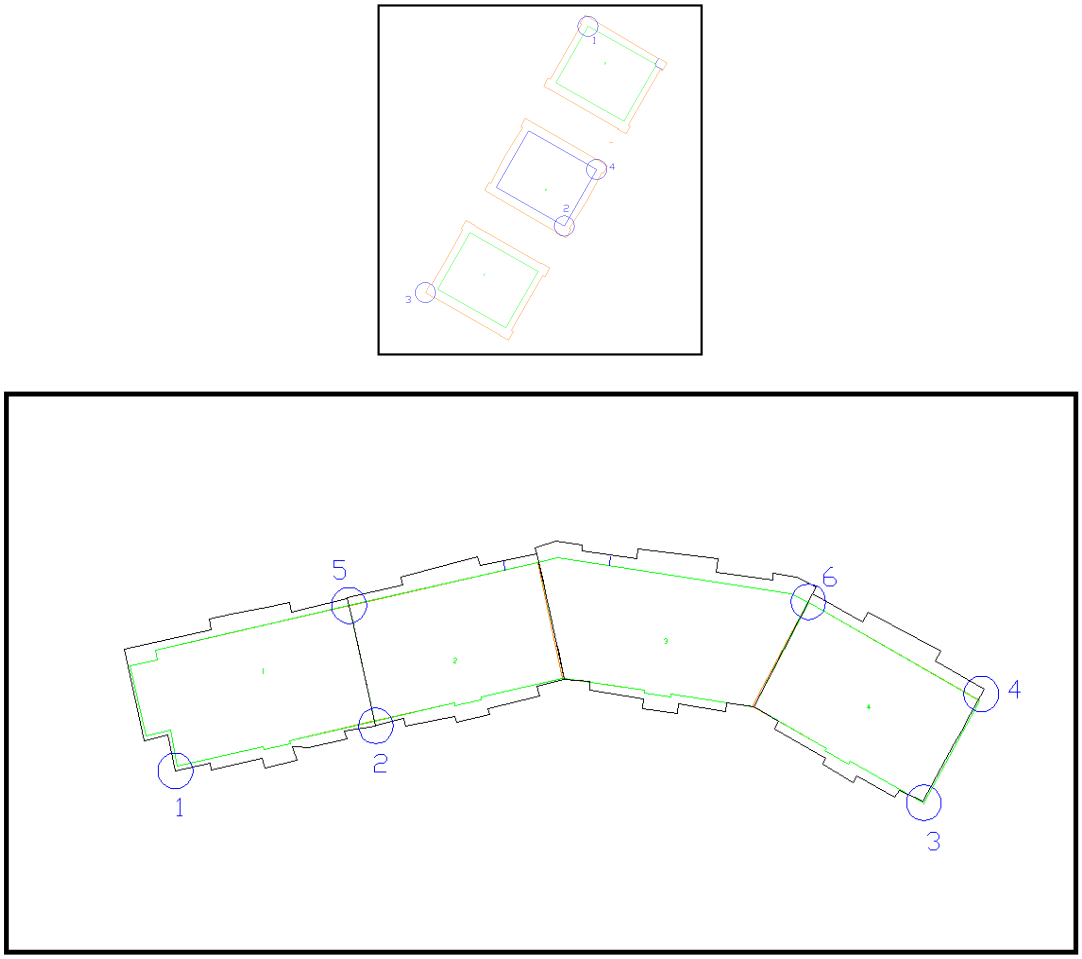
Şekil 4.50.Yapı Detay ve Temsil Analizi

Çizelge 4.5.Yapı Detay ve Temsil Analizi

| | | ***1.Yapı*** | | ***2.Yapı*** | | ***3.Yapı*** | | ***4.Yapı*** | | ***5.Yapı*** | | ***6.Yapı*** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ***Kadastroda Kaydındaki Detay (Adedi)*** | ***3 Boyutlu Modeldeki Detay (Adedi)*** | ***Kadastroda Kaydındaki Detay (Adedi)*** | ***3 Boyutlu Modeldeki Detay (Adedi)*** | ***Kadastroda Kaydındaki Detay (Adedi)*** | ***3 Boyutlu Modeldeki Detay (Adedi)*** | ***Kadastroda Kaydındaki Detay (Adedi)*** | ***3 Boyutlu Modeldeki Detay (Adedi)*** | ***Kadastroda Kaydındaki Detay (Adedi)*** | ***3 Boyutlu Modeldeki Detay (Adedi)*** | ***Kadastroda Kaydındaki Detay (Adedi)*** | ***3 Boyutlu Modeldeki Detay (Adedi)*** |
| ***Ada*** | ***28799/5*** | 12 | 18 | 8 | 16 | 10 | 22 | 8 | 16 | | | | |
| ***Ada*** | ***20407/1*** | 4 | 20 | 4 | 20 | 4 | 20 | | | | | | |
| ***Ada*** | ***18965/4*** | 14 | 12 | 14 | 12 | 14 | 12 | 14 | 12 | 14 | 12 | | |
| ***Ada*** | ***28800/-*** | 4 | 4 | 6 | 6 | 4 | 4 | 6 | 8 | 6 | 8 | 6 | 10 |
| ***Ada*** | ***18037/19*** | 10 | 11 | | | | | | | | | | |
| | | ***Kadastroda Kayıtlı Yapı Türü*** | ***3 Boyutlu Modelin Yapı Türü*** | ***Kadastroda Kayıtlı Yapı Türü*** | ***3 Boyutlu Modelin Yapı Türü*** | ***Kadastroda Kayıtlı Yapı Türü*** | ***3 Boyutlu Modelin Yapı Türü*** | ***Kadastroda Kayıtlı Yapı Türü*** | ***3 Boyutlu Modelin Yapı Türü*** | ***Kadastroda Kayıtlı Yapı Türü*** | ***3 Boyutlu Modelin Yapı Türü*** | ***Kadastroda Kayıtlı Yapı Türü*** | ***3 Boyutlu Modelin Yapı Türü*** |
| ***Ada*** | ***28799/5*** | Uyumlu | | Uyumlu | | Uyumlu | | Uyumlu | | | | | |
| ***Ada*** | ***20407/1*** | Uyumlu | | Uyumlu | | Uyumlu | | | | | | | |
| ***Ada*** | ***18965/4*** | Uyumlu | | Uyumlu | | Uyumlu | | Uyumlu | | Uyumlu | | | |
| ***Ada*** | ***28800/-*** | Uyumlu | | Uyumlu | | Uyumlu | | Uyumlu | | Uyumlu | | Uyumlu | |
| ***Ada*** | ***18037/19*** | Uyumlu | | | | | | | | | | | |

## 4.7. Yapı Detay Konum Analizi

Kadastral kayıtlarda bulunan yapılara ait köşe koordinat bilgilerinin sayısallaştırılıp yapıların vektör hale getirilmesi ve footprint veri katmanı ile birleştirilerek (Şekil 4.11.), 3 Boyutlu model ve Kadastral verilerdeki objeyi temsil eden detay noktaların koordinat değerleri kıyaslanmıştır (Çizelge 4.6.). Karasel ortalama hatalar ve standart sapmalar hesaplanmıştır (Çizelge 4.6.). Kıyaslamada 3 boyutlu objelere ait, çatı ve bina çıkmalarından kaynaklanan ötelemelerin giderildiği detay koordinatları kullanılmıştır. Çatı ve bina çıkmalarından kaynaklanan ötelemelerin giderilmesi için bina üzerinde çatı ve bina çıkma miktarları ölçülmüş olup bu miktarlar obje üzerinden okunan koordinatlara yansıtılarak yeni koordinatlar türetilmiştir.




Şekil 4.11.Yapı Detay Konum Analizi

Çizelge 4.6.Yapı Detay Konum Analizi

| | | 1.Detay | | | 2.Detay | | | 3.Detay | | | 4.Detay | | | 5.Detay | | | 6.Detay | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | y(m) | x(m) | Çıkma(m) | y(m) | x(m) | Çıkma(m) | y(m) | x(m) | Çıkma(m) | y(m) | x(m) | Çıkma(m) | y(m) | x(m) | Çıkma(m) | y(m) | x(m) | Çıkma(m) |
| 28799 | *3 Boyutlu Modeldeki Detay* | 453960.880 | 4194291.888 | 0.50 | 453983.404 | 4194297.022 | 0.50 | 454052.868 | 4194300.208 | 0.50 | 454046.416 | 4194288.324 | 0.50 | 453980.493 | 4194309.613 | 1.00 | 454033.371 | 4194309.996 | 1.00 |
| | *Kadastroda Kaydındaki Detay* | 453960.742 | 4194291.824 | 0.50 | 453983.442 | 4194296.856 | | 454053.112 | 4194299.144 | 0.50 | 454046.612 | 4194287.654 | 0.50 | 453980.464 | 4194309.713 | | 454033.331 | 4194310.093 | |
| | | 0.14 | 0.06 | | -0.04 | 0.17 | | -0.24 | 1.06 | | -0.20 | 0.67 | | 0.03 | -0.10 | | 0.04 | -0.10 | |
| | | 1.Detay | | | 2.Detay | | | 3.Detay | | | 4.Detay | | | | | | | | |
| | | y(m) | x(m) | Çıkma(m) | y(m) | x(m) | Çıkma(m) | y(m) | x(m) | Çıkma(m) | y(m) | x(m) | Çıkma(m) | | | | | | |
| 20407 | *3 Boyutlu Modeldeki Detay* | 454230.544 | 4193915.172 | 2.00 | 454223.183 | 4193855.704 | 2.00 | 454185.450 | 4193836.724 | 2.00 | 454233.077 | 4193872.757 | 2.00 | | | | | | |
| | *Kadastroda Kaydındaki Detay* | 454230.585 | 4193915.244 | 2.50 | 454223.524 | 4193855.687 | 2.50 | 454185.719 | 4193836.818 | 2.50 | 454233.171 | 4193872.555 | 2.50 | | | | | | |
| | | -0.04 | -0.07 | | -0.34 | 0.02 | | -0.27 | -0.09 | | -0.09 | 0.20 | | | | | | | |
| | | 1.Detay | | | 2.Detay | | | 3.Detay | | | 4.Detay | | | | | | | | |
| | | y(m) | x(m) | Çıkma(m) | y(m) | x(m) | Çıkma(m) | y(m) | x(m) | Çıkma(m) | y(m) | x(m) | Çıkma(m) | | | | | | |
| 18965 | *3 Boyutlu Modeldeki Detay* | 452952.339 | 4192201.024 | 1.50 | 452909.683 | 4192290.308 | 1.00 | 452885.281 | 4192307.153 | 1.50 | 452912.912 | 4192252.329 | 0.50 | | | | | | |
| | *Kadastroda Kaydındaki Detay* | 452951.339 | 4192201.211 | 0.50 | 452909.485 | 4192290.189 | 0.50 | 452885.449 | 4192307.431 | 0.50 | 452912.231 | 4192252.515 | 0.50 | | | | | | |
| | | 1.00 | -0.19 | | 0.20 | 0.12 | | -0.17 | -0.28 | | 0.68 | -0.19 | | | | | | | |
| | | 1.Detay | | | 2.Detay | | | 3.Detay | | | 4.Detay | | | 5.Detay | | | | | |
| | | y(m) | x(m) | Çıkma(m) | y(m) | x(m) | Çıkma(m) | y(m) | x(m) | Çıkma(m) | y(m) | x(m) | Çıkma(m) | y(m) | x(m) | Çıkma(m) | | | |
| 28800 | *3 Boyutlu Modeldeki Detay* | 453899.427 | 4194258.132 | 0.40 | 453902.507 | 4194232.177 | 0.70 | 453936.431 | 4194237.801 | 1.00 | 453966.910 | 4194263.798 | 1.50 | 452947.706 | 4192411.478 | 1.60 | | | |
| | *Kadastroda Kaydındaki Detay* | 453899.402 | 4194258.032 | 0.70 | 453902.291 | 4194231.681 | 0.70 | 453936.399 | 4194237.686 | 0.50 | 453966.680 | 4194263.791 | 1.00 | 452947.613 | 4192411.583 | 1.52 | | | |
| | | 0.03 | 0.10 | | 0.22 | 0.50 | | 0.03 | 0.11 | | 0.23 | 0.01 | | 0.09 | -0.10 | | | | |
| | | 1.Detay | | | 2.Detay | | | | | | | | | | | | | | |
| | | y(m) | x(m) | Çıkma(m) | y(m) | x(m) | Çıkma(m) | | | | | | | | | | | | |
| 18037 | *3 Boyutlu Modeldeki Detay* | 452947.980 | 4192411.278 | 1.60 | 452951.333 | 4192324.488 | 1.80 | | | | | | | | | | | y(m) | x(m) |
| | *Kadastroda Kaydındaki Detay* | 452947.613 | 4192411.583 | 1.50 | 452951.295 | 4192324.885 | 1.50 | | | | | | | | | | Karesel Ortalama Hata | 0.29 | 0.35 |
| | | 0.37 | -0.31 | | 0.04 | -0.40 | | | | | | | | | | | Standart Sapma | 0.29 | 0.35 |

# 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

## 5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada Konya Büyükşehir Belediyesine bağlı Meram ve Selçuk ilçelerine ait kadastral parseller ve kadastral parsellerdeki yapıları temsil eden 3 Boyutlu objeler seçilmiştir.

Çalışma yapılacak parseller belirlenirken yapılaşma farklılıkları göz önünde bulundurulmuştur. Çalışma 6 kadastral parselde yapılmış olup 19 tescilli binayı kapsamaktadır. 19 bina 14 yapıdan oluşmaktadır ve 19 adet 3 Boyutlu obje ile temsil edilmektedir. Çalışma alanı yapılaşma bakımından incelendiğinde alçak katlı bitişik nizamlı, alçak katlı ayrık nizamlı, yüksek katlı bitişik nizamlı, yüksek katlı ayrık nizamlı ve 4 katlı alışveriş merkezini içermektedir.

Bu tezde Konya Büyükşehir Belediyesi Eğik Hava Fotografı Alımı ve 3 Boyutlu Şehir Modeli Oluşturulması Projesi ait 3 Boyutlu Şehir Modelleri ve çalışılacak alanları kapsayan Konya Kadastro İl Müdürlüğünde bulunan kadastral bilgiler kullanılmıştır.

Kadastral Bilgiler için sırasıyla:

- Kadastral verilerin sayısallaştırılması
- Kadastral verilerin koordinat sistemini belirlenmesi
- Kadastral verilerin WGS 84 koordinat sistemine dönüştürülmesi
- Kadastral verilerin Coğrafik koordinat sistemine dönüştürülmesi

3 Boyutlu Şehir Modeli verileri için sırasıyla:

- Veriler içerisinde bulunan katmanların niteliklerinin belirlenmesi
- Çalışılacak parselleri kapsayan alt çalışma grupların belirlenmesi
- Verilerin WGS 84 koordinat sistemine dönüştürülmesi

İki veri setinin kıyaslanması için:

- Objelerin zemin oturum analizi
- Yapı nitelik analizi
- Yapı detay ve temsil analizi
- Yapı detay konum analizi

Çalışmaları yapılmıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda

3 Boyutlu Modelin konumunun Kadastral veriler ile uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Objelerin zemin oturum analizinde;

Bina zemin oturumlarının kadastral veriler ile 3 Boyutlu Şehir Modelleri ile kıyaslanmasında yüz ölçümüne orantısal olarak en büyük fark yüksek yapı ayrık nizamdaki grubunda olduğu belirlenmiştir. Bina zemin oturumu açısından karşılaştırmada en iyi sonucu alçak yapı bitişik nizam envanterindeki yapılar sağlamıştır. Sorgulama sonucunda kadastral kayıtlar ile objelerin bina zemin oturumları arasındaki farkın köy içi ve mahallede tecviz sınırları içinde kalmadığı tespit edilmiştir.

Bina zemin oturumundaki farklar, 3 boyutlu şehir modelinin üretiminde Bina Saçak Modellerinin Üretilmesi aşamasının gerçekleştirilmemesindendir. Bina saçak modellerinin üretilmemesinin sebebi is, bina zemin oturumlarının elde edilememesinden kaynaklanmaktadır.

Yapı nitelik analizinde;

Kadastro biriminde kayıt altında tutunan Tescil Beyannamesinin Yapının Cinsi sütunundaki bina kat adedi bilgisi ile yapının türüne ilişkin veriler ile 3 Boyutlu şehir Modeli üzerinden kat adedi ve bina yapı türüne ilişkin gözlenerek elde edinilen verilerin kıyaslaması yapılmıştır. Bina kat adedi analizinde yüksek yapı ikiz nizamlı yapı grubunda verilerin uyuştuğu, diğer yapı gruplarında ise kadastral verilerdeki kat adedi sayısının 3 boyutlu şehir modellerinden elde edinilen verilerden 1 fazla olduğu tespit edilmiştir. Çalışma yapılan tüm gruplarda yapı türüne ilişkinin analizde iki veri setinin de aynı olduğu belirlenmiştir.

Bina kat adedindeki farklılıkların, Tescil Beyannamesinde belirtilen kat adedi sayısı yol kotu altında kalan kat adetlerini de kapsayıp 3 boyutlu şehir modellerinde yol kotu altında kalan katların tespit edilemediğinden kaynaklandığı belirlenmiştir.

Yapı detay ve temsil analizinde;

Kadastral verilerden vektörel hale getirilip yapıya ait zemin oturumlarındaki detay noktaları ile 3 boyutlu modeldeki detay noktaları karşılaştırılmış olup; bu karşılaştırmada en iyi sonuç yüksek yapı ikiz nizam ve alçak yapı bitişik nizamlarda elde edilmiştir. Kıyaslamalardaki en büyük farka yüksek yapı bitişik nizamda karşılaşılmıştır. 3 boyutlu modellerin gerek kadastral verilerle gerekse yerinde yapılan incelemelerde yapıyı temsil etme yetisinin yapının önemli detaylarını bünyesinde bulundurduğundan başarılı olduğu gözlemlenmiştir.

Analiz sonucunda yapıda bulunup bina çatı çizgilerinde bulunmayan detayların 3 boyutlu modele aktarılamadığı, ancak bu tip detayların 3 boyutlu objenin yapının temsilinde çokta büyük bir öneme sahip olmadı tespit edilmiştir.

Yapı detay ve konum analizinde;

Kadastral verilerden vektörel hale getirilip yapıya ait zemin oturumlarındaki detay noktaları ile 3 boyutlu modeldeki detay noktalarının çıkmalardan kaynaklanan ötelemelerin giderilmiş olduğu koordinatlar karşılaştırılmış olup; bu karşılaştırmada en iyi sonuç yüksek yapı ayrık nizam elde edilmiştir. Kıyaslamalardaki en büyük farka yüksek yapı bitişik nizamda karşılaşılmıştır.

Çalışmanın geneline bakıldığında 3 Boyutlu Şehir Modellerinin başta kadastral verilerin yansıtılmasında gereksek diğer haritacılık çalışmalarında diğer fotogrametrik yöntem ile üretilen veri göre daha üstün olduğu ve üretimin yaygınlaşarak gelişime açık olup yetersiz kaldığı noktaların giderilebileceği belirlenmiştir.

## 5.2. Öneriler

Çalışmamızda yer yüzeyinde bulunan yapıların şehir modellerini oluşturan 3 boyutlu objeler üzerinden konumu, alanı, yapı niteliği ve yapının geometrisi belirlenip Kadastro kayıtlarındaki bilgiler ile karşılaştırılmıştır.

FİG bünyesinde oluşturulan 34 ülkeden katılımcının bulunduğu 3B kadastrolar çalışma grubunun faaliyetlerini esas alan Döner ve arkadaşlarının 2011 yılında yaptığı çalışmada belirtildiği gibi 3B kadastronun teknik açıdan hayata geçirebilmesi için 3B konumsal nesnelerin 2B kadastro verileri ile entegrasyonu, gösterimi ve konumsal analizi konularında araştırma yapılarak daha sağlıklı bir kent modeli elde edilebileceği gösterilmiştir.(Döner ve Bıyık, 2007)

Karşılaştırmalar sonucunda 3 boyutlu şehir modellerinden elde edilecek bilgilerin mevcut kadastro bilgilerinin tespitinde ve temsilinde kullanılabilirliğinin diğer fotogrametrik verilere göre daha başarılı olduğu belirlenmiştir. 3 boyutlu şehir modellerinden elde edilecek bilgilerin Kadastral kayıtlarda tutulan bilgilerinin doğrudan tespitinde ve temsilinde kullanılamayacağı tespit edilmiştir.

Xiao ve arkadaşları da 2015 yılında yaptıkları çalışmada çatı çıkmalarının bina zemin oturumlarının otomatik tespitinde olumsuz yönde etkileyen bir unsur olduğunu belirtmişlerdir.(Xiao ve Gerke, 2015)

3 Boyutlu Şehir modellerinin kadastro bilgilerinin tespitinde ve temsilinde doğrudan kullanılabilmesi için; 3 Boyutlu Şehir Modelleri üretimine bina çatısı ile bina zemin oturumu arasındaki farklılıkları objelere yansıtacak üretim aşamasının eklenmesi gerekmektedir.

Akçın ve arkadaşları 2005 yılında yaptığı çalışması sonucunda; mülkiyetin 3 boyutlu olarak tapu kütüğüne tescil edilmesi gerekliliği vurgulanmış bu sayede; dikey

boyuttaki taşınmaz konusu da aşılmış olacağı, yer altı ve yer üstündeki taşınmaz komşuluklarının ortaya koyulabileceği, hak ihlallerinin önüne geçilebileceği ve daha sağlıklı kentlerin önünün açılacağı belirtilmiştir.(Akçın ve Yüceer, 2005)

3 Boyutlu Şehir Modellerinin kadastro kayıtlarındaki yapı niteliği tespitinde ve temsilinde kullanıla bilmesi için yol kotu altında kalan kat adedi bilgilerinin 3 boyutlu objelere yansıtılması gerekliliği belirlenmiştir.

**KAYNAKLAR**


Akçın, H. ve Yüceer, K., 2005, Kent Gelişiminde ve Kent Bilgi Sistemlerinin Oluşumunda 3 Boyutlu Mülkiyet. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10.Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı. Ankara.

bakıcı, s., erkek, b. ve ozmus, l., 2016, Multipurpose Use of Orthophoto Maps Forming Basis to Digital Cadastre Data and the Vision of the General. FIG Working Week 2016. Christchurch, New Zealand.

Batuk, F., 2012, Fotogrametrik Ders Notları.

Biljecki, F., Ledoux, H., Stoter, J. ve Zhao, J. Q., 2014, Formalisation of the level of detail in 3D city modelling, *Computers Environment and Urban Systems*, 48, 1-15.

Diez, S. ve Sorribas, J., 2017, Bedform Mapping: Multibeam Data Processing, Metadata and Spatial Data Services, In: Atlas of Bedforms in the Western Mediterranean, Eds: Springer, p. 3-6.

Döner, F. ve Bıyık, C., 2007, Üç Boyutlu Kadastro, *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi*, 97, 53-56.

Erkek, B., Erol, T., Ayyıdlız, E. ve Cankurt, İ., 2016, Eğik Hava Kamerası ve Bileşenleri Gereksinim Raporu.

Fruh, C. ve Zakhor, A., 2001, 3D model generation for cities using aerial photographs and ground level laser scans, *2001 Ieee Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Vol 2, Proceedings*, 31-38.

Gerke, M., Nex, F., Remondino, F., Jacobsen, K., Kremer, J., Karel, W., Hu, H. ve Ostrowski, W., 2016, Orientation of Oblique Airborne Image Sets - Experiences from the Isprs/Eurosdr Benchmark on Multi-Platform Photogrammetry, *XXIII ISPRS Congress, Commission I*, 41 (B1), 185-191.

Haala, N., Rothermel, M. ve Cavegn, S., 2015, Extracting 3D Urban Models from Oblique Aerial Images, *2015 Joint Urban Remote Sensing Event (Jurse)*.

KUMDAKÇI, S., 2005, Kadastral Amaçlı Bilgi Sistemlerinde 3Boyutlu Modelleme ve Görselleştirme Tekniklerinin Kullanılması Konusunda Bir Araştırma, *Yıldız Technical University*.

Özerbil, T., Gökten, E., Önder, M., Selçuk, O., Sarılar, N. Ç., Tekgül, A., Yılmaz, E. ve Tütüneken, A., 2014, OBLIQUE AERIAL IMAGE ACQUISITION, 3D CITY MODELING, 3D CITY GUIDE PROJECT FOR KONYA METROPOLITAN MUNICIPALITY UZAL CBS.

Said, J., 2016, The Design and Development of a Virtual 3D City Model, http://www.hitl.washington.edu/people/bdc/virtualcities.pdf:

Selçuk, O., Özerbil, T. ve Gökten, E., 2013, konya büyükşehir belediyesi eğik hava fotoğrafı alımı ve 3 boyutlu kent modeli oluşturulması projesi.

Tütüneken, A., 2017, 3B Kent Modellerinde Otomatik Kaplama, https://www.linkedin.com/in/alpaslan-t%C3%BCt%C3%BCneken-46053547/:

Xiao, J. ve Gerke, M., 2015, Building footprint extraction based on radiometric and geometric constraints in airborne oblique images, *International Journal of Image and Data Fusion*, 6 (3), 270-287.

Yastikli, N., Bayraktar, H. ve Erisir, Z., 2014, Performance Validation of High Resolution Digital Surface Models Generated by Dense Image Matching with the Aerial Images, *Isprs Technical Commission I Symposium*, 40-1, 429-433.

Yastikli, N. ve Cetin, Z., 2016, CLASSIFICATION OF LiDAR DATA WITH POINT BASED CLASSIFICATION METHODS, *Xxiii Isprs Congress, Commission Iii*, 41 (B3), 441-445.

Yücel, M. A. ve Selçuk, M., 2009, Üç Boyutlu Kent Modellerinde Ayrıntı Düzeyi (LoD) Kavramı, *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi*, 101, 3-9.

# ÖZGEÇMİŞ

## KİŞİSEL BİLGİLER


| | | |
|---|---|---|
| **Adı Soyadı** | **:** | Ekrem AYYILDIZ |
| **Uyruğu** | **:** | T.C |
| **Doğum Yeri ve Tarihi** | **:** | ÜSKÜDAR 19.10.1988 |
| **Telefon** | **:** | 05052371294 |
| **Faks** | **:** | |
| **e-mail** | **:** | ekremayyildiz03@gmail.com |


## EĞİTİM

| **Derece** | | **Adı, İlçe, İl** | **Bitirme Yılı** |
|---|---|---|---|
| Lise | : | **Afyon Anadolu Ögretmen Lisesi, Merkez, Afyon** | **2007** |
| Üniversite | : | **Yıldız Teknik Üniversitesi, Davutpaşa, İstanbul** | **2012** |
| Yüksek Lisans | : | | |
| Doktora | : | | |

## İŞ DENEYİMLERİ

| **Yıl** | **Kurum** | **Görevi** |
|---|---|---|
| 2012/2013 | **Milli Eğitim Bakanlığı** | **Harita Mühensisi** |
| 2013/- | **Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü** | **Tapu Kadastro Uzm. Yrd.** |