

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÜÇ BOYUTLU ŞEHİR MODELİ ÜRETİMİ: TURHAL (TOKAT) ÖRNEĞİ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hülya TUNA

HAZİRAN- 2019
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÜÇ BOYUTLU ŞEHİR MODELİ ÜRETİMİ: TURHAL (TOKAT) ÖRNEĞİ

Hülya TUNA

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"HARİTA YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 / 05 /2019

Tezin Savunma Tarihi : 14 /06 /2019

Tez Danışmanı : DR. ÖĞR. ÜYESİ Mustafa DİHKAN

Trabzon 2019

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Harita Mühendisliği Anabilim Dalında
Hülya TUNA tarafından hazırlanan**

ÜÇ BOYUTLU ŞEHİR MODELİ ÜRETİMİ: TURHAL(TOKAT) ÖRNEĞİ

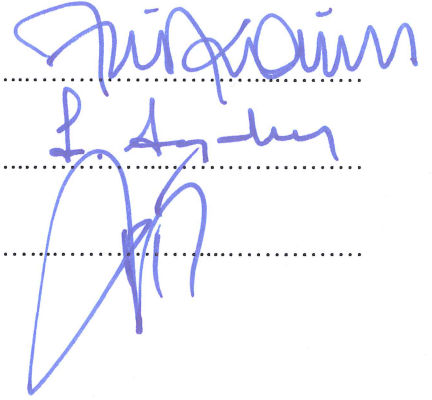
**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 28 / 05 / 2019 gün ve 1806 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Fevzi KARSLI

Üye : Doç. Dr. Cevdet Coşkun AYDIN

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mustafa DİHKAN



**Prof. Dr. Asim KADIOĞLU
Enstitü Müdürü**

ÖNSÖZ

“Üç Boyutlu Şehir Modeli Üretimi: Turhal (Tokat) Örneği” başlıklı bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalında, yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Karadeniz Teknik Üniversitesin’deki lisansüstü öğrenimim boyunca benden bilgilerini, tecrübelerini, zamanını esirgemeyen tez danışmanlarım Dr. Öğr. Üyesi Mustafa DİHKAN ve Prof. Dr. Fevzi KARSLI’ya, ayrıca TKGM Harita Dairesi Başkanı İbrahim CANKURT’a, bu süreçte yardımlarını esirgemeyen Harita Üretim Birim Sorumlusu Metin SOYLU, çalışma arkadaşlarım Ekrem AYYILDIZ, Tülay TUFAN, Erdem ÖZER, Melek KURAL ve İskender TEKİN’e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tüm hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, her zaman yanımda olan eşim ve aileme, sonsuz teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Bu çalışmayı çocuklarım Zeynep Duru, Ahmet Efe ve Nevzat’a atfetmek istiyorum.

Hülya TUNA

Trabzon 2019

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Üç Boyutlu Şehir Modeli Üretimi: Turhal (Tokat) Örneği” başlıklı bu çalışmayı Dr. Öğr. Üyesi Sayın Mustafa DİHKAN’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, analizleri kendim yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 21/05/2019

Hülya TUNA
Trabzon 2019

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
İÇİNDEKİLER	V
ÖZET.....	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XI
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Metodoloji.....	3
1.2.1. Fotogrametrik Veri Üretimi	3
1.2.1.1. Yer Kontrol Noktalarının Tesisi, Ölçümü, İşaretlenmesi	4
1.2.1.2. Uçuş Planlaması ve Havadan Görüntü Alımı	5
1.2.1.3. Sayısal Görüntü İşleme	6
1.2.1.4. İç Yöneltilme Ve Dış Yöneltilme İşlemleri	7
1.2.2. Eğik Resim Fotogrametrisi	8
1.2.3. 3B Şehir Modelleri	9
1.2.4. 3B Şehir Modelleri Kullanım Alanları	10
1.2.5. CityGML Veri Modeli.....	11
1.2.6. 3B Şehir Modeli Üretim Aşamaları	13
1.2.6.1. Yer Kontrol Noktası Tesisi	14
1.2.6.2. Görüntü Alımı.....	14
1.2.6.3. Fotogrametrik Nirengi	15
1.2.6.4. Sayısal Yüzey Modeli Üretimi.....	16
1.2.6.5. Sayısal Arazi Modeli Üretimi	16
1.2.6.6. Nokta Bulutu (Point Cloud) Üretimi.....	17
1.2.6.7. Gerçek Ortofoto Üretimi.....	18
1.2.6.8. Yapılara Ait Vektör Verilerin Fotogrametrik Yöntemle Üretilmesi.....	19
1.2.6.9. Yapılara Ait 3B Obje Modellerinin Üretimi.....	20
1.2.6.10. 3B Yapı Modellerinin Kaplanması	21
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	23

2.1.	Çalışma Alanı.....	23
2.2.	Yer Kontrol Noktalarının Tesisi	24
2.3.	Görüntü Alımı, Görüntülerin İşlenmesi ve Gerçek (True) Ortofoto Üretimi	24
2.4.	Bina Çatılarının Sayısallaştırılması.....	29
2.5.	3B Bina Modellerinin Oluşturulması.....	30
2.5.1.	Sayısal Yüzey Modellerinden Sayısal Arazi Modellerinin Üretilmesi.....	30
2.5.2.	Bina Modellerinin (Katı Modellerin) Oluşturulması	31
2.6.	3B Modellerin Kaplanması	33
2.7.	3B Şehir Modeli Örnekleri.....	34
3.	BULGULAR VE İRDELEME	35
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	37
5.	KAYNAKLAR	38
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

ÜÇ BOYUTLU ŞEHİR MODELİ ÜRETİMİ: TURHAL (TOKAT) ÖRNEĞİ

Hülya TUNA

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa DİHKAN
2019, 40 Sayfa

Teknolojinin ve fotogrametri biliminin gelişmesi sonucunda fotogrametrik çalışmalarda kullanılan donanımlar ve fotogrametrik çalışmalar sonucunda elde edilen ürünlerde yenilikler meydana gelmiştir. Bu gelişmelerden birisi fotogrametrik amaç için üretilen kameralara düşey algılayıcıların yanında eğik algılayıcıların da eklenmesidir. Yeryüzü ve yeryüzünde bulunan objeler hakkında daha fazla bilgi edinimini sağlayan bu kamera sistemi fotogrametri bilimine yeni sonuç ürünler kazandırmıştır.

Bu çalışma fotogrametri çalışmalarında kullanılmaya başlayan eğik kamera sistemleri ve bileşenlerini, bu kamera sistemlerinden elde edilecek veri setlerini, veri setlerinden elde edilecek ürünleri, 3B şehir modeli üretim aşamaları ve kullanım alanlarını içermektedir. Çalışma bölgesi olarak Tokat İli Turhal İlçesi seçilmiştir. Gerçek (true) ortofoto üretimi, katı model üretimi, katı modellerin kaplanması, 3B şehir modeli üretimi gerçekleştirilmiş ve üretimi gerçekleştirilen bu yapılar üzerinde sorgulama yapabilme ve yapıları farklı veri kümeleri ile ilişkilendirebilme imkânı sağlayan 3B katı modellere dayalı şehir modellerinin tercih edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: 3 Boyutlu Şehir Modelleri, Eğik Kamera Sistemleri, Eğik Resim Fotogrametrisi

Master Thesis

VII

SUMMARY

3D CITY MODELS PRODUCTION: A CASE STUDY FOR TURHAL (TOKAT)

Hülya TUNA

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geomatics Engineering Department
Supervisor: Assist. Prof. Dr. Mustafa DİHKAN
2019, 40 Pages

In consequence of development of technological and photogrammetry science have took place innovations in equipments which is used in photogrametric studies and in products which is obtained in consequence of photogrammetric studies. One of these innovations is added to, cameras which is generated for photogrammetric aim, oblique sensors as well as vertical sensors. This camera system which provides more getting information about earth and objects which is on earth have brought new result products to photogrametry science.

This study includes oblique camera systems and its components which are started to use photogrametry studies, data sets which will be obtained from these camare systems, products which will be obtained from data sets, production stages and usage areas of 3D city models. Produce of true orthophotos, produce of solid model, encrust of solid models, produce of 3D city models have been realized and it has been concluded that it should be prefere 3D city models based on solid models which enabled to able to question on this elements which is performed production and associated this elements with different data sets.

KeyWords: 3D City Models, Oblique Camera Systems, Oblique Aerial Photogrammetry

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Fotogrametrik Veri Üretim Süreçleri	4
Şekil 2. YKN Tesisi.....	4
Şekil 3.Ultracam Osprey Mark 3 Eğik Hava Kamerası.....	6
Şekil 4.Görüntü İşleme	7
Şekil 5.Bir Binaya a Ait 5 Farklı Görünüm (Nelson, 2008).....	8
Şekil 6. LOD Obje Gösterimleri.....	12
Şekil 7. Detaylandırılmış LOD Seviyeleri.....	13
Şekil 8. 3B Şehir Modeli Üretim Aşamaları.....	14
Şekil 9. Eğik Kameraların Açık Değerlerinin Gösterimi	15
Şekil 10. Fotogrametrik Nirengi İşlemi.....	15
Şekil 11. Sayısal Yüzey Modeli Örneği	16
Şekil 12. Sayısal Arazi Modeli Örneği.....	17
Şekil 13. Nokta Bulutu (Point Cloud) Örneği	18
Şekil 14. Ortofoto- Gerçek (True) Ortofoto Farkı.....	19
Şekil 15. 3B Obje Modeli (Katı Model).....	21
Şekil 16. Bina Yüzeylerinin Kaplanması	22
Şekil 17. Turhal Bölgesi Çalışma Alanı	23
Şekil 18. Yer Kontrol Noktalarının Geometrik Dağılımı	24
Şekil 19. Nadir ve Eğik Görüntülerin Studio Yazılımında Gösterimi.....	25
Şekil 20.GPS/IMU Verilerinin Import İşlemi	25
Şekil 21. Bağlama (Tie Point) Noktaları Toplanması ve YKN'lerin İmport Edilmesi	26
Şekil 22. YKN'lerin İşaretlenmesi	27
Şekil 23. Dengeleme Raporu	27
Şekil 24. Radyometrik Düzeltmeler	28
Şekil 25. Mesh Model- DsmOrto/Gerçek Ortofoto	28
Şekil 26. Çatıların Sayısallaştırılması.....	29
Şekil 27. DSM Verisi- Dtm Verisi	30
Şekil 28.Dsm2Dtm Programı	31
Şekil 29. Building Facade Texture Mapper Katı Model Oluşturma Programı.....	32
Şekil 30. Katı Model Oluşturma.....	32

Şekil 31. Katı Model Örnekleri	33
Şekil 32. Kaplama Yazılımı	33
Şekil 33. 3B Şehir Modeli Örnek1	34
Şekil 34. 3B Şehir Modeli Örnek2	34
Şekil 35. 3 Boyutlu Şehir Modeli Sunumu Uygulamaları.....	36
Şekil 36. 3 Boyutlu Model Üzerinde Yapılan Ölçümler	36



SEMBOLLER DİZİNİ

BÖHHBÜY	: Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CPU	: Central Processing Unit
ÇŞB	: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
GB	: Gigabyte
GLONASS	: Global Navigation Satallite System
GML	: Geography Markup Language
GNSS	: Global Navigation Satellite System
GPS	: Global Positioning System
GPU	: Graphics Processing Unit
IMU	: Inertial Measurement Unit
İHA	: İnsansız Hava Aracı
LiDAR	: Light Detection And Ranging
LOD	: Level of Detail
OGC	: Open Geospatial Consortium
RAM	: Random Access Memory
SAM	: Sayısal Arazi Modeli
SAS	: Statistical Analysis System
SGM	: Semi-Global Matching
SSD	: Solid State Drive
STH	: Standart Topoğrafik Harita
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
TB	: Terabyte
TKGM	: Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü
TUSAGA-Aktif	: Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı Aktif
YKN	: Yer Kontrol Noktası
YÖA	: Yer Örnekleme Aralığı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Teknoloji ve bilimsel alanda ki gelişmelere bağlı olarak, Fotogrametri biliminde de önemli gelişmeler ve değişimler olmaktadır. Teknoloji ve bilimsel alanda meydana gelen bu gelişmeler, fotogrametrik verilerin üretim yöntemini, fotogrametrik çalışmalar için elde edilen veri setlerini ve fotogrametrik çalışmalar sonucunda oluşturulacak ürünlerin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Fotogrametri çalışmalarında en büyük amaçlardan biri, yeryüzünün temsilinde kullanılacak fotogrametrik araçların geliştirilmesidir. Teknolojide ki gelişmelerin fotogrametri bilim dalında uygulanması fotogrametri yöntemi ile üretilen her türlü coğrafi bilginin kullanıcıya daha doğru, daha estetik ve daha nitelikli bir şekilde sunma imkânı sağlamıştır. Bu nedenle şehirler için üretilen 3B modeller, bu doğrultuda geliştirilecek uygulamalar insanların hayat standardını yükseltmek için atılacak her adımda önemli bir veri kaynağı olacaktır.

Son yıllarda teknoloji alanındaki gelişmeler, fotogrametrik algılayıcılarda, kayıt ünitelerinde ve görüntü işleme donanımlarında da yeni imkânlar sağlamıştır. Fotogrametrik kameralara eğik algılayıcılar eklenerek objelerin farklı açılardan görüntülenmesi sağlanmış, kayıt ünitelerindeki gelişmeler sayesinde, uçuş maliyetini arttırmadan aynı süre zarfında anlık görüntü alım kapasitesi arttırılmış ve yazılımlardaki güncellemeler sayesinde fotogrametri alanında üretim yelpazesi genişletilmiştir.

Yücel (2009); 3B modeli oluştururken, amaca yönelik görselleştirmenin yapılmasına değinmiş ve bunun için gelişmiş görselleştirme yöntemlerini incelemiştir. Ayrıntı düzeyleri ile 3B şehir modeli oluşturulmasında kullanılan veri türleri ve ayrıntı düzeylerinin 3 boyutlu şehir modellemesine katkısını anlatmıştır.

Polat (2016); Yoğun LiDAR nokta bulutlarının bilhassa yüksek olmayan irtifa uçuşlarında bina tespit ve modelleme için kullanılabileceğinden bahsetmektedir. Özellikle CBS ile de entegre edilerek bina bilgi sistemleri için kullanılabileceğine değinmektedir.

Biljecki (2016); OGC standardı CityGML 2.0'ın detay seviyesi (LOD) konseptinin, anlamsal 3B şehir modellerinin çok ölçekli gösterimlerini ayırt etmeyi amaçladığını belirtmiş, konseptin pratikte prensip olarak öncelikle bir binadan oluşan bir modelin geometrik detayını göstermek için kullanıldığını ifade etmiştir. Bu kategorizasyonun genel

kabulüne rağmen, geometrik bir bakış açısıyla beş LOD'un yetersiz olduğunu ve belirtilmelerinin belirsiz olduğunu belirtmiştir. Bu eksiklikleri daha iyi LOD tanımları ve iyileştirmeleri ile çözdüklerini, böylelikle daha katı bir özellik sağlayan ve daha az modelleme özgürlüğü sağlayan binaların dış geometrisinin derecesine odaklanan 16 LOD rafine set sunduklarını belirtmiştir.

Prandi vd (2014); Geniş akıllı şehirler konseptinde yer alan tüm disiplinleri karakterize eden hızlı teknolojik evrimin, gerçek kullanıcı odaklı inovasyonu tetikleyen önemli bir faktör haline geldiğini belirtiyor. Bununla birlikte, akıllı şehir konseptini geniş bir coğrafi hedefe tam olarak geliştirmek için, heterojen coğrafi bilgi ve sensör ağlarının ortak bir teknolojik zemine entegre edilmesini sağlayan bir altyapıya ihtiyaç olduğundan bahsediyor. Bu bağlamda 3B şehir modellerinin günlük yaşamımızda giderek daha önemli bir rol oynayacak ve modern şehir bilgi altyapısının (mekansal veri altyapısı) önemli bir parçası haline geleceğine dikkat çekiyor. Prandi çalışmasında, 3B şehir modelleri üzerine akıllı hizmetler sunmayı amaçlayan yenilikçi bir servis odaklı mimari yazılım platformunu açıklamaktadır. 3B şehir modellerinin birçok uygulamanın temeli olduğunu ve şehir bilgilerinin, akıllı şehirler bağlamında entegre etmek için bir platform haline gelebileceğini belirtiyor. Çalışmada bilhassa, 3B şehir modellerinin farklı ayrıntı seviyeleri (LOD'lar) kullanılarak etkin bir şekilde görselleştirilmesinin akıllı şehirler uygulamalarını desteklemek için teknolojik zorluklardan biri olduğuna değinmiştir. 3B şehir modelleri sağlamak için OGC standartları kullanımını önerilen çözüm, kullanıcıların hizmetleri kullanmasını ve 3B modellerle web üzerinden daha etkili bir şekilde etkileşime girmelerini sağlayacağını vurgulamıştır.

Mittal (2018); 3B şehir modellerinin devlet kurumları için mükemmel araçlar olduğunu, bölgenin mekansal veritabanı altyapısının bir parçası olduğunu belirtiyor. Site uygunluk analizi, binaların termal emisyon analizleri ve çatı güneş paneli kurulumlarının, herhangi bir şehir için sürdürülebilir bir gelecek inşa etmeye yardımcı olacak birçok gelişimsel faaliyetten bazıları olduğuna değiniyor. Ayrıca 3B şehir modellerinin, planlamacılara kavramsal gelişim aşamasından tamamlanmasına ve uzun vadeli sosyo-çevresel etki değerlendirme aşamalarına kadar yardımcı olabileceğini, planlama hatalarını kesinlikle azaltacağını ve potansiyel kayıpları sınırlayacağını, aynı zamanda şehrin yasadışı dikey büyümesini izlemeye ve proje gecikmelerini önlemeye yardımcı olacak yepyeni bir görselleştirme yetenekleri yelpazesi sağlayacağını belirtiyor. Yine 3B şehir modelleri için, herhangi bir felaketin gerçekçi etkilerine yakın olmasında çok yardımcı olduğunu, herhangi bir felaketi

(bombalar, yangın, sel vb.) büyük bir hassasiyetle neredeyse simüle edebildiğine ve yetkilileri olası kayıplara hazırlayabileceğine değiniyor. Mevcut yeraltı fayda altyapılarının yerinin genellikle tam olarak bilinmemekte olduğunu ve altyapı ve otoyol inşaatı projeleri için ciddi risk altında olabileceğine değinen Mittal, 3B şehir modellerinin, kanalizasyon kanallarının tasarımlarında, demiryolu hatlarında ve diğer coğrafi tasarımlarda kilit bir rol oynayacağından, olumlu altyapının ve gelişmiş şehir işlevlerinin oluşturduğu çevreye yapılan yatırımın, ekonomik gelişme ve modernleşmenin hızlandırılmış bir şekilde büyümesinin garantisi olduğunu belirtiyor.

Bu tez çalışması, 3B şehir modeli üretiminin, teknoloji ve bilimsel gelişmeler ile tüm dünyada yaygınlaşmasına rağmen, Türkiyede ki uygulamalarının kısıtlı olması sebebiyle örnek bir uygulama olarak hazırlanmıştır. Çalışmada Tokat İli, Turhal ilçesine ait alanda 3 boyutlu bir kent modeli üretimi gerçekleştirilmiştir. Ülkemiz şartlarında elde edilen verilerin işlem süreçleri, işlemlerde kullanılan yazılımlar ve kullanım alanları değerlendirilmiştir.

TKGM bünyesinde bulunan Ultracam Osprey Mark 3 hava kamerası ile alınan fotoğraflar, Ultramap Raw Data Center, Ultramap Studio ve Ultramap Orthoproduction yazılımlarında işlenerek Sayısal Yüzey Modeli (SYM), Sayısal Arazi Modeli (SAM), Nokta Bulutu (point cloud) ve Gerçek (true) Ortofoto üretimi ile 3B şehir modellerinin altığı oluşturulmuştur.

1.2. Metodoloji

1.2.1. Fotogrametrik Veri Üretimi

Şekil 1’de görülen Fotogrametrik metod ile veri üretim aşamaları sonuç ürün göz ardı edilerek aşağıda ki aşamalardan oluşur (Şekil 1).

- Proje Planlaması
- YKN Tesisi, Ölçümü, İşaretlenmesi
- Uçuş Planlaması ve Havadan Görüntü Alımı
- Sayısal Görüntü İşleme, Görüntülerin Radyometrik ve Geometrik Düzeltmeleri
- Havai Nirengi ve Dengeleme İşlemleri
- İç Yönelme ve Dış Yönelme Çalışmaları



Şekil 1. Fotogrametrik Veri Üretim Süreçleri

1.2.1.1. Yer Kontrol Noktalarının Tesisi, Ölçümü, İşaretlenmesi

Yer Kontrol Noktalarının konumlarının belirlenmesinde esas alınan veri proje planlama aşamasında belirlenen fotogrametrik blokları gösteren proje kanavasıdır. YKN'ler fotogrametrik blokların köşelerine ve ortasına ikişer, kenar orta noktalarına birer tane gelecek şekilde planlanır.

Planlama sonucunda elde edilen kanava bölgeye ait olan standart topografik haritalar, ortofotolar veya uydu görüntüleri ile eşleştirilerek noktaya ulaşımı kolay ve korunaklı bölgeler seçilerek Şekil 2'de görüldüğü üzere YKN kanavasını son halini alır.

Fotogrametrik veri üretiminde kullanılan yer kontrol noktaları, görüntülerde net görülecek biçimde tesisi yapılacağı yüzeyden farklı bir renkte boya ile işaretlenmelidir. YKN'lerin tesis şekli BÖHHBÜY'nin 53. maddesindeki standartlara göre yapılmaktadır.



Şekil 2. YKN Tesisi

1.2.1.2. Uçuş Planlaması ve Havadan Görüntü Alımı

Hava fotoğrafı çekilmeden önce uçuş planı yapılmakta ve uçaktaki navigasyon sistemine söz konusu plan yüklenmektedir. Uçak hava fotoğrafı çekimini bu plana göre yürütmektedir. Üretimi gerçekleştirilecek verinin Yer Örnekleme Aralığı (YÖA) ve kullanılacak hava kamerasının odak uzaklığı göz önünde bulundurularak uçuş yüksekliği belirlenir. Yer örnekleme aralıkları, üretilecek harita ve ortofoto ölçeğine bağlı olarak belirlenir.

Üretimi gerçekleştirilecek veri niteliğine göre enine ve boyuna bindirme oranları belirlenerek baz uzunlukları ve kolonlar arası mesafeler hesaplanır. Uçuş doğrultusu belirlenirken doğu-batı veya kuzey-güney doğrultuları tercih edilmeli çapraz uçuşlardan kaçınılmalıdır. Görüntü alımı ideal olarak güneş ışığının yeryüzüne dik olarak geldiği yaz aylarında yapılmalıdır. Aksi takdirde güneş ışığının eğik gelmesi nedeni ile çekilen fotoğraflarda gölgeli alan çok fazla olur. Aynı zamanda fotoğraflarda ışık yetersizliği nedeni ile netlik ve parlaklık gibi sorunlar yaşanabilir. Ülkemizde resim çekimi nisan başından ekim sonuna kadar yapılabilmektedir. Gün içinde ki fotoğraf alım saatleri de güneş ışığının dik ve net olarak yeryüzüne ulaştığı pus ve sis olmayan öğlen saatleri (10:00-14:00) olarak tercih edilmelidir.

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün bünyesinde bulunan Şekil 3'te ki Ultracam Osprey Mark 3 eğik hava kamerası; ortada bir düşey ve batı-doğu, güney-kuzey yönlerinde 40°- 45°'lik açılarla yerleştirilmiş eğik kameraların oluşturduğu kamera sistemidir. Beşli kamera sistemi ile genel olarak her bir noktaya ait minimum 12, maksimum 36 görüntü oluşması sağlanmaktadır. Uçuş yüksekliği yaklaşık 1000 m olup, nadir görüntüler 8-10 cm, eğik görüntüler ise 10-15 cm çözünürlüğe sahiptir.



Şekil 3.Ultracam Osprey Mark 3 Eğik Hava Kamerası

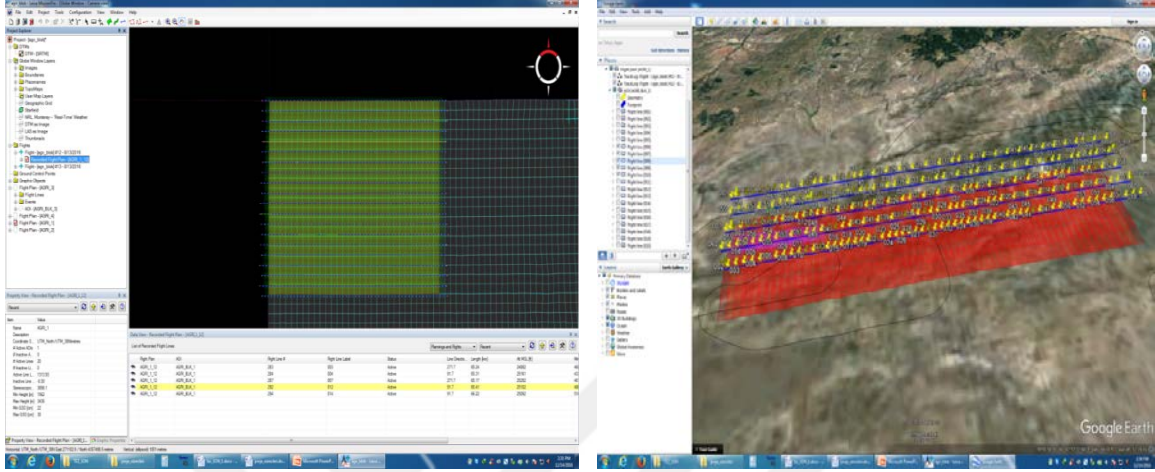
1.2.1.3. Sayısal Görüntü İşleme

Uçuştan gelen ham veriler üzerinde Şekil 4'te görüldüğü üzere görüntünün kalitesini artıran ton-balans, histogram analizi gibi radyometrik ve geometrik düzeltme işlemleridir.

Radyometrik düzeltme görüntüyü oluşturan piksellerin renk değerlerinde oluşan hataların giderilmesi için yapılan düzeltme çeşitidir. Sensörden kaynaklanan radyometrik hatalar kayıp satır, de-striping, bit hatası iken çevresel etkilerden kaynaklanan hatalar ise atmosferik etkiler ve güneş aydınlatma açısı etkisidir. Kayıp satır hataları görüntü prosesi sırasında oluşan ve kayıp ya da hatalı tarama verisi elde edilmesine sebep olan sistematik hatalar sonucunda oluşur. Bu hatanın giderilmesinde iki yöntem kullanılır. Bunlar; takip eden hat verisinin eklenmesi ve önceki ve sonraki hat verilerinin ortalamasının eklenmesidir. De-striping hatası ise algılayıcının bantları arasındaki algılama farklarından oluşur. Hata alana ait tüm bantlardaki algılama değerlerinin göreceli karşılaştırılması ile düzeltilir. Atmosferik etkiler ve güneş aydınlatma açısından kaynaklanan hatalar için atmosferik modeller üretilir. Ancak, meteorolojik verilerin yetersiz olması durumunda, tek görüntü normalizasyonu veya radyometrik regresyon tekniği ile düzeltmeler yapılabilir ve atmosferin olumsuz etkileri olabildiğince en az düzeye indirgenmeye çalışılır (Abdikan, 2014).

Geometrik düzeltme, geometrik verileri bir grid sisteminden n'inci dereceden bir polinom kullanarak bir başka grid sistemine dönüştürme işlemidir. Yeni gridin pikselleri

orijinal gridin pikselleri ile aynı hizada olmadığı için pikseller yeniden örneklenmelidir. Resampling (yeniden örnekleme) yeni grid üzerindeki piksellerin veri değerlerinin kaynak piksellerin değerlerinden hesaplanması işlemidir (Düzgün, 2010).



Şekil 4. Görüntü İşleme

1.2.1.4. İç Yöneltilme ve Dış Yöneltilme İşlemleri

Değerlendirme hangi yöntemle yapılırsa yapılsın yöneltilme iç ve dış yöneltilme işlemleri yapılmalıdır. Hava fotoğraflarının kamera alım anındaki mevcut konumlarının tekrar belirlenmesi adımı olarak yöneltilme işlemleri iç yöneltilme, karşılıklı yöneltilme ve mutlak yöneltilme olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilir.

İç yöneltilme; çekim kamerası bilgilerinin değerlendirme yapılacak sisteme tanıtılması olarak ifade edilir. Bu değerler asal nokta koordinatları (x, y), izdüşüm merkezi koordinatları (X₀, Y₀, Z₀) ve kamera odak uzaklığıdır (c).

Karşılıklı yöneltilmede, her iki fotoğraftan elde edilen ışın demetlerinin birbirlerine göre konumları ve duruşları ayarlanır. Fotoğrafın eğiklik ve dönüklükleri giderilerek fotoğraflar birbirine göre yeniden konumlandırılır. Bu sayede arazinin ya da cismin 3B modeli elde edilir. Ancak, bu 3B model araziye paralel ve ölçekli değildir.

Mutlak yöneltilmede ise karşılıklı yöneltilme sonucu elde edilen ölçeksiz modelin istenilen model ölçeğine getirilmesi ve o cisme ait arazi koordinatları ile model koordinatlarının çakışacağı biçimde ötelenmesi ve döndürülmesi gerekir. Dönüşüm sonucu

elde edilen 3B model araziye paralel ve ölçekli hale gelir. Böylece; model çalışılmaya hazır duruma gelmiş olur ve stereo çizim aşamasına geçilir.

1.2.2. Eğik Resim Fotogrametrisi

Nadir hava fotoğraflarının, eğik (oblik) fotoğraflar ile birleştirildiği ve oblik görüntülerden alınan verinin giydirilmek suretiyle 3B şehir modellerinin elde edildiği bir metoddur. (Petrie, 2008). Bu metotta helikopterler, uçaklar, insansız hava araçları vb. platformlar üzerine konumlandırılan çoklu veya tekli kamera sistemleri tercih edilebilir.

Şekil 5'de görüldüğü üzere bu sistemde, eğik kameralar kuzey, güney, doğu ve batı yönlerinde yaklaşık 40°-45°'lik açılarla konumlandırılır. Nadir kamera ortada yer alır. Ortalama uçuş yüksekliği 1000 m olup, dikey görüntüler yaklaşık 15 cm, eğik görüntüler ise yaklaşık 12-18 cm çözünürlüğe sahiptir. Bu sistemler her bir noktaya ait minimum 12, maksimum 24 görüntü sağlar (Nelson, 2008).



Şekil 5. Bir Binaya Ait 5 Farklı Görünüm (Nelson, 2008)

Yüksek çözünürlüklü fotoğraflarla kaplanmış 3B modeller, herhangi bir kentin mekâna dayalı veri altyapısı ve planlaması için en temel unsurlardan biridir. Bu modeller kentsel planlama, kentsel yönetim, kentsel izleme ve kentsel çevre çalışmaları gibi alanlarda çok sayıda uygulamaya sahiptir. Son yıllarda insansız hava araçları ve eğik resim

fotogrametrisindeki gelişmeler 3B modelleme çalışmaları için son derece faydalı sonuçlar doğurmuştur. Yoğun kent alanlarında karmaşık yüksek binalara sahip alanlarda hava fotogrametrisi ile üretilen görüntülerden elde edilen modeller özellikle bina cephelerinde geometrik kusurlar ve bulanık dokuların oluşmasına sebebiyet verebilmektedir. Mobil LiDAR sistemleri yakın mesafeli nesnelerin küçük alanlarda yüksek çözünürlüklü nokta bulutları ile elde edilmesinde çok yetenekli olmasına rağmen çok geniş alanlarda özellikle eğik bina cephelerinin elde edilmesinde etkili sonuçlar verememektedir. Ancak eğik resim fotogrametrisi ile elde edilen görüntülerle oluşturulan çözümler 3B modellerin geometrisini ve dokusunu uygun hale getirmek için çok anlamlı sonuçlar sunmaktadır (Yalçın ve Selçuk, 2015; Sun Y., Sun H., Yan, Fan ve Chen, 2016; Wu, Xie, Hu, Zhu ve Yau, 2018).

Düşey hava görüntülerinin yanı sıra 4 yönden de görüntü alınmasının birçok avantajı vardır. Bunlardan bazıları;

- Bina, yapı ve diğer coğrafi varlıkların, düşey hava fotoğraflarında görülmesi mümkün olmayan her bir tarafının (cephesinin) görülmesi, kör noktaların açığa çıkartılması, giriş ve çıkışlarının tanımlanması,
- Doğrudan fotoğraf üzerinde mesafe, yükseklik, eğik ve yatay alan ölçülmesi,
- Geleneksel orto görüntülerde ayırt edilmesi zor olan trafik levhası, tabela, direk gibi kent mobilyalarının belirlenmesi,
- Haritacı veya uzman olmayan kişiler tarafından da coğrafi detayların okunabilmesi,
- CBS verilerinin fotoğraf üzerine entegrasyonu ile 3B olarak görüntülenmesi, şeklinde sıralanabilir (Ayyıldız, 2016).

1.2.3. 3 Boyutlu Şehir Modelleri

3B Şehir Modeli; kenti oluşturan yollar, köprüler, binalar, sosyal tesisler, tarihi ve kültürel tesisler ile bitki örtüsü gibi coğrafi detayların, dijital ortamda gösterilmesidir. Ayrı ayrı 3B modellerden oluşan, şehre ait 3B veri setinde coğrafi nesnelere görsel ve konumsal özellikleri ile CBS mantığında temsil edilirler.

3B şehir modelleri, daha çok gelecek için, kent verileri üzerinde analiz, keşif, sentez gibi tahminleri yapmak için kullanılmaktadır. 3B şehir modellerinin en önemli özelliklerinden biri de farklı mekânsal bilgileri aynı ortamda bütünleştirerek, karmaşık kent modellerini oluşturup farklı amaçlar için kullanımını sağlamaktır. Bu konuda yapılan uygulama ve sistemlerde amaç, 3B şehir modelleri ile kent planlama ve geliştirme, tesis

yönetimi, lojistik, güvenlik, haberleşme, afet yönetimi, konumsal hizmetler, taşınmaz mal işlemleri, eğitim ve eğlence hizmetleri gibi temel sistem elemanlarının bütünleştirilmesidir. Bu özellikler nedeniyle 3B şehir modellerinin çok sayıda etkin kullanıcı grubu ve etkili kullanım alanı vardır.

3B modeller, farklı şehirlerde ve ülkelerde yalnızca görselleştirmenin ötesinde amaçlanan geniş bir uygulama yelpazesi için giderek daha fazla kullanılmaktadır. Gerçekten de, haritaların ve çizimlerin aksine, 3B görselleştirme, birçok insanın aşına olduğu ve bir iletişim aracı olarak davrandığı çevreye dair bir görüşü yansıtır. Geometrik olmayan veriler (örneğin sosyal, tarihi veya akustik veriler veya istatistikler gibi), bir yerelleştirmeye ek olarak daha iyi bir lokalizasyona yol açan, 3B olarak gösterilebilen ve görselleştirilebilen kentsel geometrik nesnelere (binalar veya caddeler gibi) ilişkilendirilebilir (Roland Billen,2014).

3B kent modelinin en belirgin faydaları; karar verme süreçlerinde kullanıcılar üzerindeki ikna etkisidir. 3B model üretilecek alan ile ilgili, keşif yapmaya gerek kalmadan, her yönü ile gözlemlemeye, irdelemeye ve sorgulamaya olanak tanır. Modelin 3B geometrisine, hâlihazırdaki renginde doku giydirilerek (texturing), gerçekçi görünüm (photo-realistic) sağlanır.

1.2.4. 3B Şehir Modelleri Kullanım Alanları

3B şehir modelleri üretiminde kullanılan eğik görüntüler ve 3B şehir modellerinin kullanım alanlarını; Kadastro için 3 Boyutlu kadastro yapımı ve yönetimi, gayrimenkul değerlemesi, vergi değerlemesi, kent ve altyapı planlaması, askeri ve güvenlik operasyonlarının yönetimi şeklinde sıralayabiliriz (Ayyıldız, 2016).

Eğik fotogrametrinin önemli avantajlarından olan hassas mesafe, yükseklik ve alan ölçümleri, vergi değerlemesi için etkili bir şekilde kullanılabilir. Böylelikle vergi oranları, daha adil dağıtılmakta ve vergi gelirlerinde artış sağlanmaktadır. Binaların tüm cephelerinin görüntülenebilmesi, emlak piyasasını oldukça etkilemektedir.

Elde edilen 3B şehir modelleri, binaların kendisinin ve çevresinin, daha doğru ve daha gerçekçi analizini sağlamaktadır. Üretimi yapılan şehir modelleri üzerinde güneş ve gölge analizleri yapılabilmektedir. Bu analizlerin yapılabilmesi, gayrimenkullerin değerini, ederine çok yakın ve doğru bir şekilde bulmasını sağlamaktadır. Bu durum gayrimenkul satışını da hızlandırmaktadır. Eğik fotogrametri ile kör noktaların görülebilir

hale gelmesi, askeri ve güvenlik operasyonlarının başarısını da arttıracaktır. Bir operasyon sürecinde kör nokta kalmaksızın, operasyon alanının bilinmesi, verilecek olan zayıfın en aza inmesini, operasyonun hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesini ve en önemlisi olabilecek can kayıplarının önlenmesine yardımcı olacaktır. Ayrıca, olası bir afet durumunda hassas ve hızlı bilgi sağlaması, giriş-çıkış ve tahliye güzergâhlarının planlanmasında harika bir araçtır. Kriz öncesinde, afet planlamasında ise yapıların çok yönlü incelenebilir olması büyük bir avantajdır (Xi, Li, Li, Zhao ve Song 2017; Zheng, 2018).

Yeni bir yerleşim alanı ya da şehrin planlanmasında, düşey nadir görüntülerinden belirlenemeyen nesnelere, eğik görüntülerden tespit edilerek alt yapı ve ulaşım ile ilgili tesislerin, değerlendirilmesi gibi birçok alanda yarar sağlamaktadır. Sokak aydınlatmaları, elektrik direkleri gibi düşeyde tespit edilmesi zor olan nesnelere tespiti kolaylaşmaktadır. Bu şekilde alt yapı planlaması daha sağlıklı bir şekilde elde edilebilmektedir.

Elde edilen 3B şehir modelleri, 3B kadastro projeleri için mükemmel bir altlık oluşturmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi, arazi üzerinde hassas ölçüler alınabilmesi, kadastro faaliyetlerinin sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilmesini mümkün kılar. Eğik fotogrametri ile elde edilen 3B şehir modellerinin, gerçeğine çok yakın olması ve yapıların, gerçekteki mimarisine benzer şekilde sanal ortamda elde edilmesi, mülkiyet haklarının daha iyi ifade edilebilmesine olanak sağlamaktadır. Mevcut 2B kadastroda, açık şekilde ifade edilemeyen kat mülkiyeti, bu yöntem ile elde edilen 3B modellerde, rahatlıkla gösterilebilmektedir (Lisec, Ferlan ve Tekavec, 2017).

1.2.5. CityGML Veri Modeli

CityGML, 3B şehir modelleri için depolama ve aktarım imkânı sunan XML tabanlı açık kaynaklı bir veri modelidir. Kullanımı uluslararası düzeyde giderek yaygınlaşmaktadır. Kentsel nesnelere 3B sayısal ortamda temsil edilmesi için geliştirilmiş ortak bir bilgi modelidir. 3B şehir modelleri farklı alanlarda kullanılmakta ve bu modellerle olan ihtiyaç zamanla kendini göstermektedir. Buna yönelik olarak üretilen yeni metodlar, farklı detay seviyelerinde (LOD) modelleme, veri eksiltme, akıcı işlem sağlama ve 3B şehir modeli ile CBS arasında ilişki kurma özelliklerine sahiptir. CityGML standardı ile farklı ayrıntı düzeylerinde modellenmiş 3B şehir modellerinde, farklı ayrıntı düzeylerinde ki (LOD), SAM ve 3B bina modelleri eşzamanlı olarak aynı model üzerinde birleştirilebilmektedir. 3B şehir modelleri, tek bir binanın içyapısından yerleşim

alanlarındaki farklı bina gruplarına kadar farklı ayrıntı düzeylerinde oluşturulabilir. Bu düzeyler, genellikle kaba (düşük) olandan, hassas (yüksek) olana aşağıda ki şekilde sıralanmıştır (Şekil 6) (Yücel, 2009).

Bu düzeyler;

LOD 0: SAM üzerine çatı çıkımları çıkılmış veya çıkılmamış, ana hatları ile yatay düzlemde ve çokgen geometride temsil edilen binayı,

LOD 1: Taban alanı üzerinde yükselen ve düz çatılı olarak temsil edilen binayı,

LOD2: Bina çatıları ve varsa katlar arasındaki çıkıntı veya girintilerin temsil edildiği binayı,

LOD 3: Dış görünümün en ayrıntılı temsil edildiği balkon, duvar detayları ve baca gibi ayrıntıların temsil edildiği binayı,

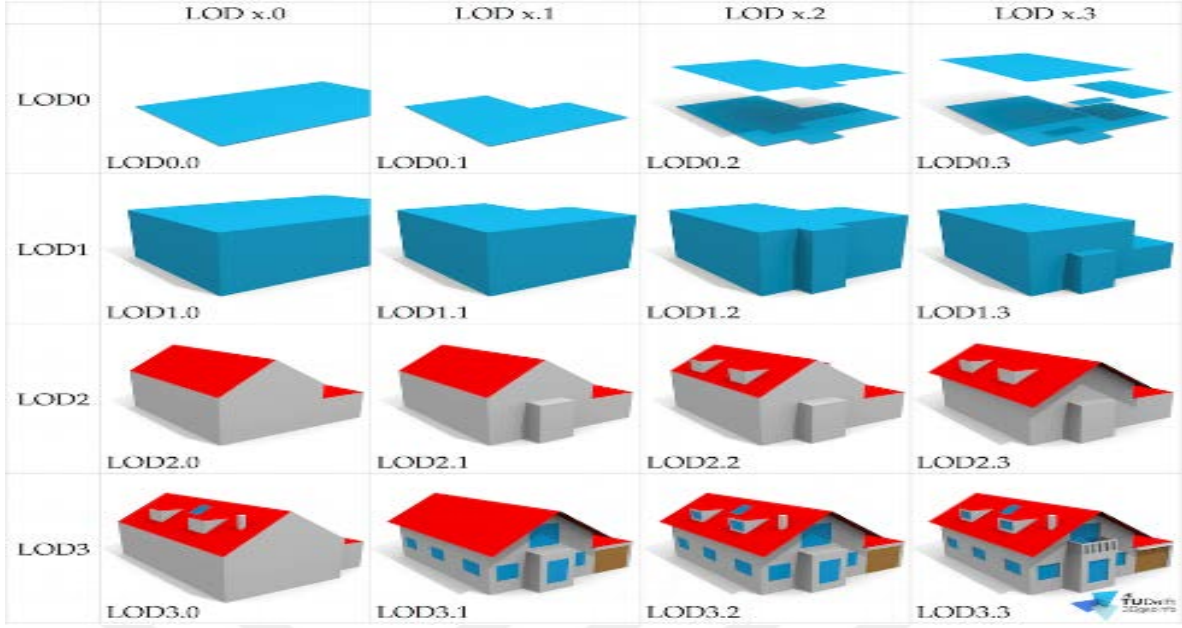
LOD 4: Son seviye olarak iç görünümün ve ayrıntılarının da temsil edildiği binayı ifade eder.



Şekil 6. LOD Obje Gösterimleri

3B şehir modellemesinde LOD paradigmasının gösterdiği en önemli gözlem, bir LOD tanımlanırken tek bir yaklaşım olmadığıdır. Seviyeler bir spesifikasyona göre üretilir ve uygulamadan veya içeriğinden bağımsız olarak kullanılır (Biljecki, 2013).

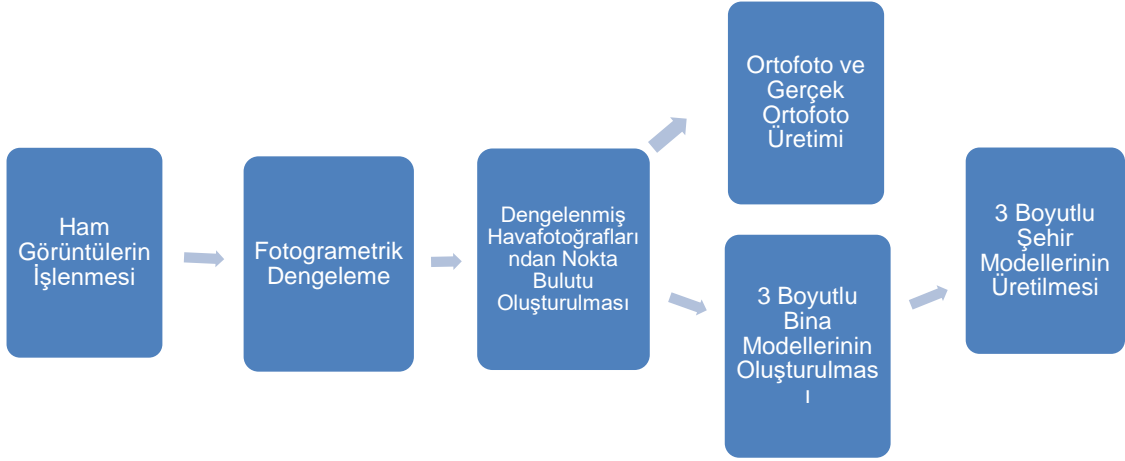
3B şehir modellerinin detay seviyelerini daha iyi temsil edebilmek adına daha kapsamlı bir LOD çalışması akademi çevrelerince devam ettirilmektedir. Bu kapsamda detay seviyeleri LOD 0'dan LOD 3'e kadar tüm ayrıntı düzeyleri tekrar kendi içinde 4'e bölünmüş ve ayrıntılar arasındaki farkların daha anlaşılır hale getirilmesi amaçlanmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Detaylandırılmış LOD Seviyeleri

1.2.6. 3 Boyutlu Şehir Modeli Üretim Aşamaları

3B şehir modeli, üretiminde kullanılacak verilerden, istenen sonuç ürüne ve üretim için harcanan emeğe göre çeşitlilik gösterir. 3B şehir modeli üretiminde alımı yapılan eğik ve düşey görüntüler, yerden ve havadan alınan LiDAR verileri, insansız hava araçlarından (IHA) alınan görüntüler, görüntülerden üretilen nokta bulutu verileri, sokak görüntüleri gibi veri çeşitlerinin kullanılarak üretim yapılması mümkündür. Bu veri çeşitleri birlikte kullanılabileceği gibi birbirlerinin yerine de kullanılabilirler. Kullanılan veri setlerinin tercihi sonuç ürünün özelliklerine, ya da imkânlar göre şekillenmektedir. Verilerin 3B şehir modeli üretiminde kullanım aşamaları Şekil 8’de gösterilmektedir (Tütüneken, 2015).



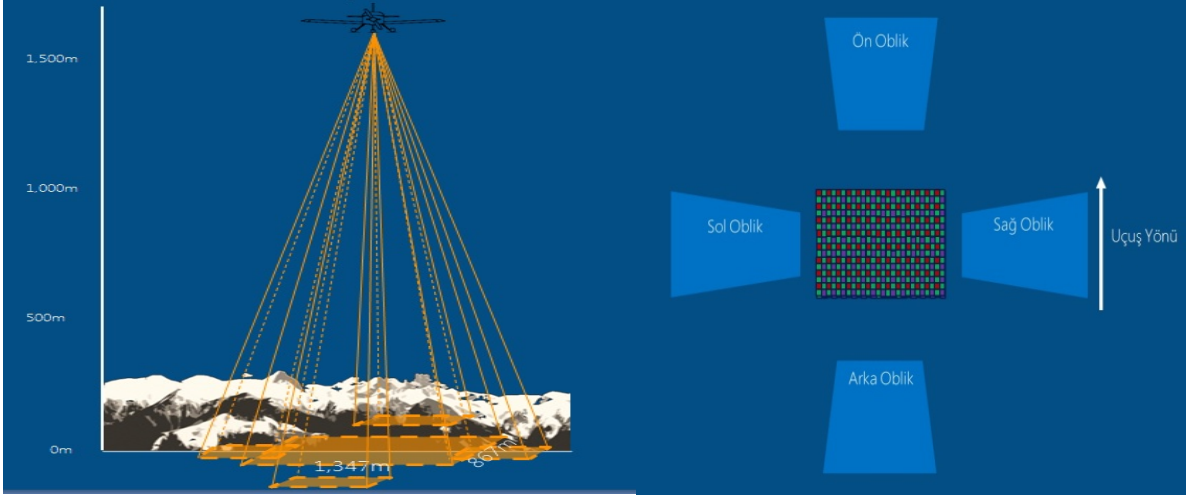
Şekil 8. 3B Şehir Modeli Üretim Aşamaları

1.2.6.1. Yer Kontrol Noktası Tesisi

Yer Kontrol Noktaları (YKN), fotogrametride fotoğrafların ortorektifikasyonu aşamasında reim koordinat sistemi ile arazi koordinat sistemi arasındaki ilişkinin kurulmasını sağlamaktadır. Bu nedenle YKN'lerin doğruluğu ve dağılımı, oluşturulacak 3B model ile eğik görüntülerin eşleşmesinde önemli rol oynamaktadır.

1.2.6.2. Görüntü Alımı

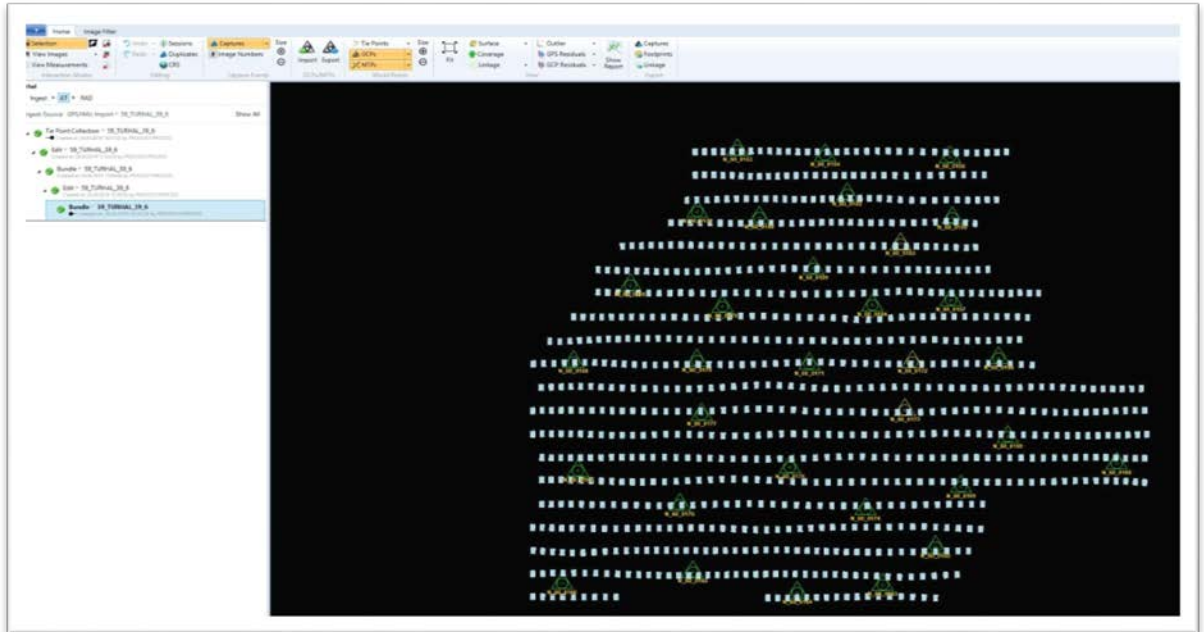
Hava kameralarında meydana gelen iyileştirmeler sayesinde algılayıcı için düşey ve eğik görüntü alım durumlarında değişken odak mesafesi seçebilme imkânı sağlanmıştır. Şekil 9'da ki gibi kamera çekim açıları görülen eğik kamera ile fotoğraf alımı esnasında, genellikle boyuna bindirme oranı %80 enine bindirme oranı ise %60 olarak tasarlanır. (Ayyıldız, 2017).



Şekil 9. Eğik Kameraların Açı Değerlerinin Gösterimi

1.2.6.3. Fotogrametrik Nirengi

Proje alanı, arazi yapısına, yer kontrol noktalarının konumuna bağlı olarak mümkün olduğu kadar kare ya da düzgün dörtgen biçimli alt bloklara ayrılır. Şekil 10'da görüldüğü gibi kinematik GPS ile belirlenen hava görüntüsü izdüşüm merkezlerinin koordinatları blok dengelemede kullanılır.



Şekil 10. Fotogrametrik Nirengi İşlemi

1.2.6.4. Sayısal Yüzey Modeli Üretimi

Nadir hava fotoğrafları ve eğik hava fotoğrafları kullanılarak üretilecek olan gerçek ortofoto görüntü yer örnekleme aralığında ve düzenli grid aralıklarına sahip olarak manuel, yarı otomatik veya otomatik yöntemlerle üretilir (Şekil 11).



Şekil 11. Sayısal Yüzey Modeli Örneği

1.2.6.5. Sayısal Arazi Modeli Üretimi

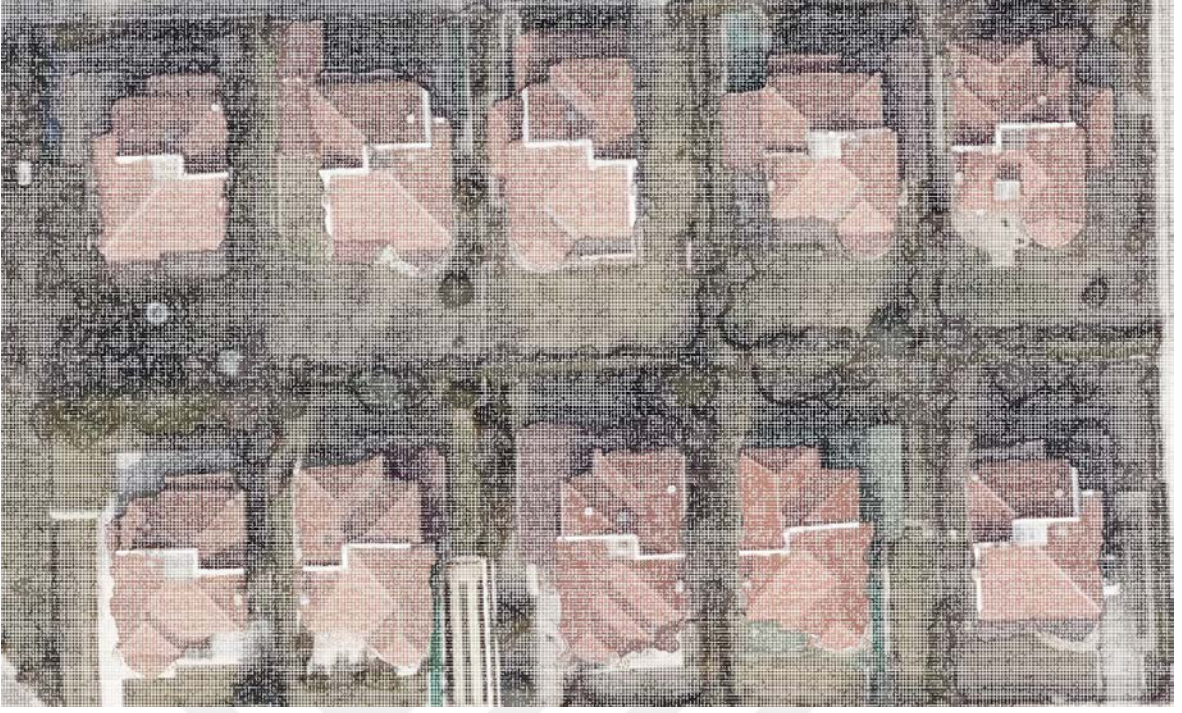
Sayısal arazi modeli de gerçek ortofoto görüntünün yer örnekleme aralığında ve düzenli grid aralıklarına sahip olarak manuel, yarı otomatik veya otomatik yöntemlerle üretilir. Şekil 12'de görüldüğü gibi sayısal arazi modelinde insan yapısı detaylar ve bitki örtüsü ayrıştırılır ancak topografya doğal hali ile fotoğraf GSD esas alınarak korunur. Yollar, kaldırımlar korunur.



Şekil 12. Sayısal Arazi Modeli Örneği

1.2.6.6. Nokta Bulutu (Point Cloud) Üretimi

Nokta Bulutu elde etmek için yoğun görüntü eşleme (Dense Image Matching) ya da “Semi Global Matching” olarak adı verilen metotları esas alan dijital görüntüler üzerinde çalışan görüntü eşleme yöntemleri kullanılır. Her bir pikselin eşleme işleminde kullanıldığı “Semi-Global Matching” (SGM) yaklaşımı, eşleme işlemi sırasında tanımlanan global “cost” fonksiyonunun minimize edilmesine dayanmaktadır (Hirschmüller, 2008). SGM yaklaşımındaki “cost” fonksiyonu ile eşlenen pikseller arasındaki farklılıkların ölçülmesi yoluyla radyometrik farklılıkların ve gürültünün modellenmesi hedeflenmiştir (Hirschmüller, 2011). Şekil 13'de görüldüğü gibi nokta bulutu elde edilmesinde en büyük yenilik, her bir piksel için eşleme tek bir yönde yapılması yerine eşleme işlemine konu olan piksele komşu bütün yönlerde yapılmasıdır. Stereo görüntü çiftindeki her bir piksel için görüntü eşleme işleminin gerçekleşmesi ve yer örnekleme aralığında nokta bulutunun üretilmesi gerekmektedir.



Şekil 13. Nokta Bulutu (Point Cloud) Örneği

1.2.6.7. Gerçek Ortofoto Üretimi

Gerçek ortofoto, normal ortofotodan farklı olarak fotoğrafların çekim açıları nedeniyle düşey olarak çekilemeyen objelerin dış sınırlarının farklı bir konumda çıkması ve buna bağlı olarak meydana gelen kayıp alanların giderilmesi için farklı açılardan alınan farklı fotoğraflar ve yüzey modeli kullanılarak düşey hale getirilen ortofotolardır. SAM ve SYM birlikte üretilir ve SAM ile SYM arası farklılıklardan yola çıkılarak yeryüzeyinde bulunan yapılar ve bitki örtüsü tespit edilip, elde edilen yükseklik modelleri ile gerçek ortofoto üretimine geçilir. Üretilen gerçek ortofotoların arazi çözümlemesi (her bir pikselin arazi karşılığı) belli bir GSD çözünürlüğünde olacaktır. Raster görüntülerin yataylanmasında geometrik düzeltmeler piksel bazında yapılır ve radyometrik düzeltmeler en yakın komşu pikselleri esas alan veya bikübik enterpolasyon yöntemleriyle yapılır.

Gerçek Ortofotolar proje sahası bölümlenmesi esas alınarak üretilir. Resimler arası radyometrik ton farklılıkları dengelenerek homojen hale getirilir. Radyometrik düzeltmelerden sonra oluşacak raster görüntülerde, fotogrametrik yorumlamayı engelleyici görüntü, renk ve ton bozuklukları olmamalıdır. Gerçek ortofotolarda özellikle binalar, köprüler vb. gibi yerden yüksek objelerdeki perspektif (rölyef) hatalar giderilmelidir.

Bu işlem gerçekleştirilirken gerçek ortogörüntülerde boşluk ve yırtılmalar bulunmamalıdır. Gerçek orto görüntülerdeki bina çatı kenarlarının keskin ve piksel bozulması olmayacak bir biçimde olması sağlanmalıdır.



Şekil 14. Ortotofoto- Gerçek (True) Ortotofoto Farkı

1.2.6.8. Yapılara Ait Vektör Verilerin Fotogrametrik Yöntemle Üretilmesi

Yapıya ait vektör verilerin fotogrametrik yöntemle üretiminde düşey ve/veya eğik hava kamerası görüntüleri kullanılır. Bu süreç kapsamında proje sınırına giren 10 m² den daha büyük alana sahip tüm yapılara ait vektörel veriler üretilir. Yapılara ait vektörel veriler fotogrametrik yöntemle üretilirken çatılardaki 10 m²'den daha büyük tüm detaylar (baca, güneş enerjisi panelleri, anten hariç), 10 m² alandan küçük bile olsa çatıda bulunan mevcut yaşam alanına ait detaylar çizilir.

Yapılara ait vektörel verilerin fotogrametrik yöntemle 3B ortamda üretiminde çatı sınırı çizilirken çatı dış sınırındaki tüm yükseklik farklılıkları çizime yansıtılır, mevcut çatı yapısının LOD 2.3 model geometrisi tanımını modele aktarmada kullanılacak detaylar çizilir. Bina modellemesini ve modellerin kaplamasını etkileyecek tüm detaylar çizilir.

1.2.6.9. Yapılara Ait 3B Obje Modellerinin Üretimi

Bu süreçte; hazırlanan her bir yapıya ait 3B modeller OGC standardı olan CityGML formatında ve sadece geometrisini içerecek *.obj formatlarında üretilir.

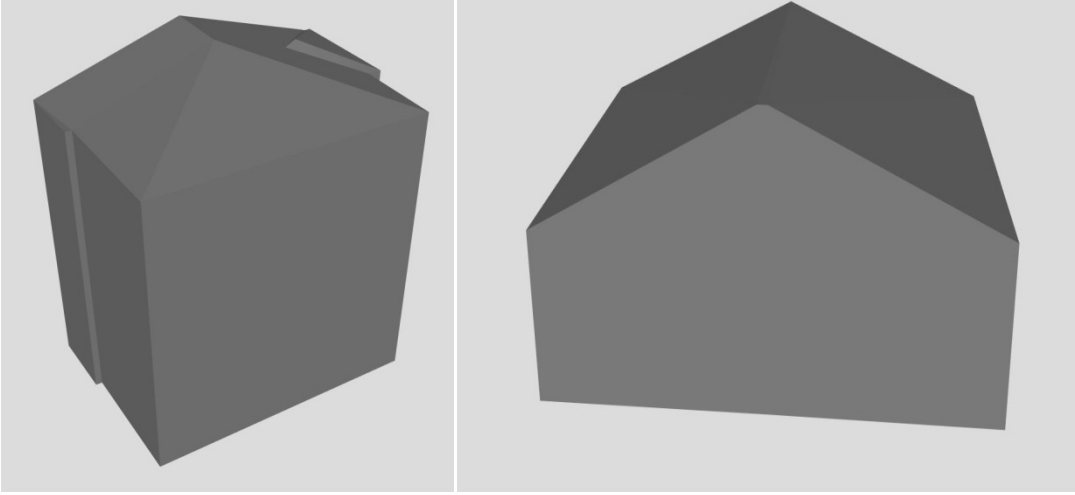
3 Boyutlu şehir modellerini oluşturan katı modellerin oluşturulmasında çatı detay ve sınır çizgilerinden yola çıkılır. 3B şehir modellerinde gerçekçi görüş sağlanması ve binaları en iyi şekilde temsil edilebilmesi için bina çatılarının tam ve ayrıntılı bir şekilde çizilmesi gerekmektedir (Tütüneken, 2015).

3 Boyutlu şehir modellerinin elde edilme adımlarından olan katı model üretim aşaması üretilen şehir modelinin ayrıntı düzeyine, üretim sürecine ve maliyetine göre farklılıklar göstermektedir (Ayyıldız vd. 2017). Bu üretim aşamaları şu şekildedir;

- Bina çatısının sayısallaştırılması İle 3 boyutlu obje modeli üretimi
- Bina zemin oturumu ve çatı kırıklarının çizilmesi İle 3B obje modeli üretimi
- Model tabanlı kıymetlendirme İle 3B obje modeli üretimi
- Nokta bulutundan yüzeyler tanımlayarak bina çatı ve modeli İle 3B obje modeli üretimi (Tütüneken, 2015).

Bu çalışmada bina çatılarının sayısallaştırılması ile obje üretimi incelenmiştir. Bina çatısının sayısallaştırılmasında operatör desteği ile 3B kıymetlendirme yazılımında çatı üzerinde gerekli detayların kırıkları çizilerek çatının karakteristik noktaları belirtilir. Çatılara ait vektör çizimler, sayısal yüzey modeli ile yazılıma aktarılarak katı modeller oluşturulur.

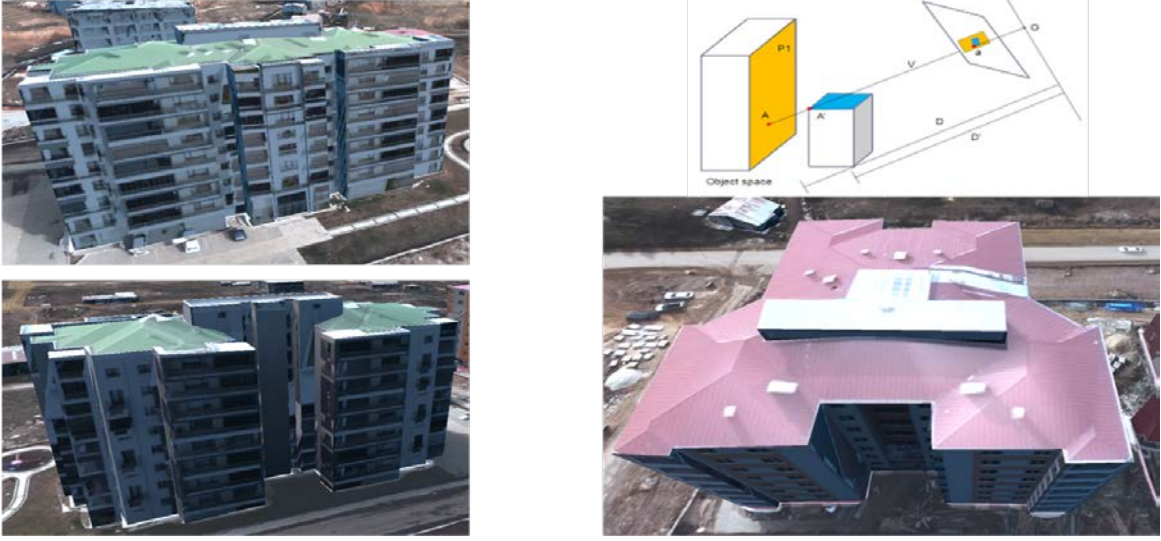
Üretimi gerçekleştirilen her bir yapıya ait ada, parsel, bina numaraları modellerle ilişkilendirilerek öznitelik verileri CityGML formatında hazırlanır. Böylece fotogrametrik yöntemle üretilen kaplanmış bina modellerinin Tapu ve Kadastro verileri ile entegrasyonu sağlanarak 3B sunum, sorgulama, analiz için veritabanı altyapısı oluşturulmuş olur.



Şekil 15. 3B Obje Modeli Örneği (Katı Model)

1.2.6.10. 3B Yapı Modellerinin Kaplanması

Üretilen 3B modellerin yan yüzeyleri eğik/düşey görüntülerden, çatı yüzeyleri düşey görüntülerden veya üretimi gerçekleştirilen gerçek ortofotolardan kaplanmalıdır. 3B modellerin çatı ve yan yüzeylerinin kaplamasında kaplanacak yüzeye ait en iyi görüntü veya görüntüler kullanılmalıdır. Şekil 16'da görüldüğü üzere 3B modellerin yan yüzlerinin kaplamasında, kaplanacak görüntünün tespitinde görünürlük ve en iyi görüntü analizi yapılmalı ve model bu görüntülerle kaplanmalıdır. Yan yüzeylerinin kaplanmasında analizler sonucu tespit edilen en iyi görüntüde obje yüzeyinin başka yapılardan dolayı engellendiği durumlarda bu kısımlar diğer eğik ve düşey görüntüler mozaikleme ve bütünleştirme (ölçekleme, renk ayarlamaları vb.) işlemleri yapılarak kaplamada kullanılmalıdır.



Şekil 16. Bina yüzeylerinin kaplanması

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Çalışma Alanı

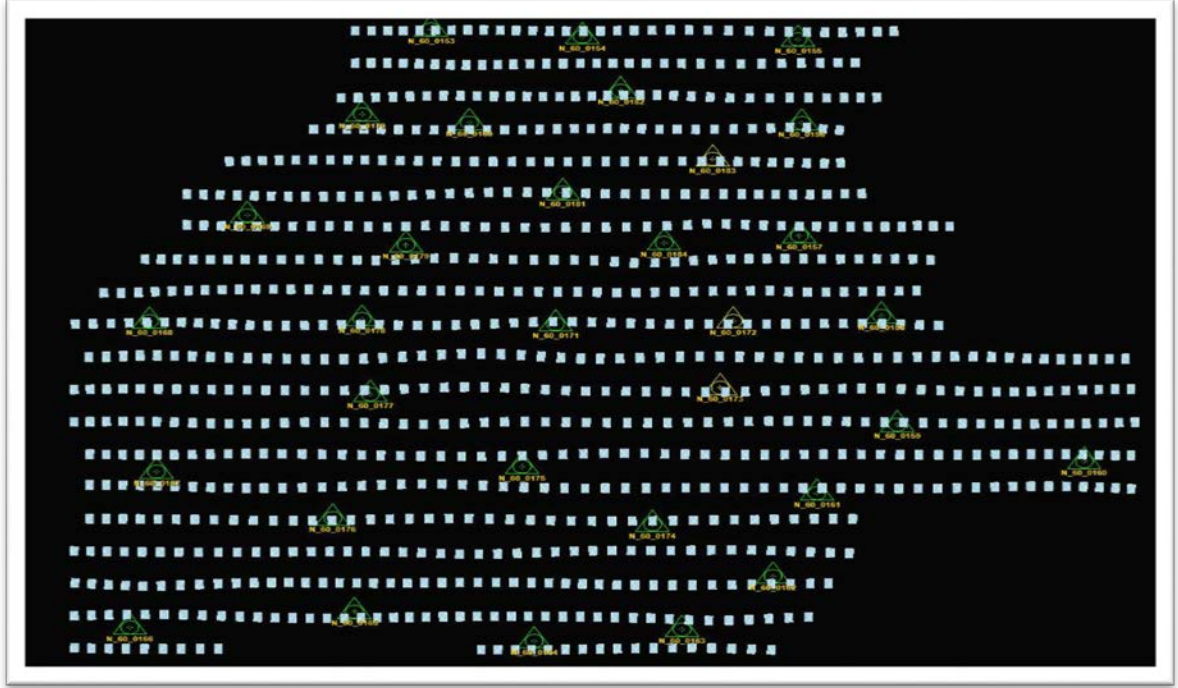
Uygulama için TKGM Harita Dairesi Başkanlığı bünyesinde bulunan Ultracam Osprey Mark 3 hava kamerasıyla alınan görüntüler kullanılarak bir çalışma yapılmıştır. Çalışma alanı olarak Şekil 17'de görüldüğü üzere Turhal bölgesi seçilmiştir. Proje 1/000 ölçeğinde, Transvers Mercator 36_3 dilimindedir. Projede 850 nadir görüntü ve 3400 eğik hava görüntüsü mevcuttur.



Şekil 17. Tokat, Turhal Çalışma Alanı

2.2. YKN Tesisi

YKN'lerin yerlerinin tespitinde, önceden belirlenen fotogrametrik bloklar göz önünde bulundurularak tesis ve ölçüm işleri BÖHKBÜY'ye göre gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında 32 adet YKN tesis edilmiştir. Şekil 18'de noktaların geometrik dağılımı görülmektedir.



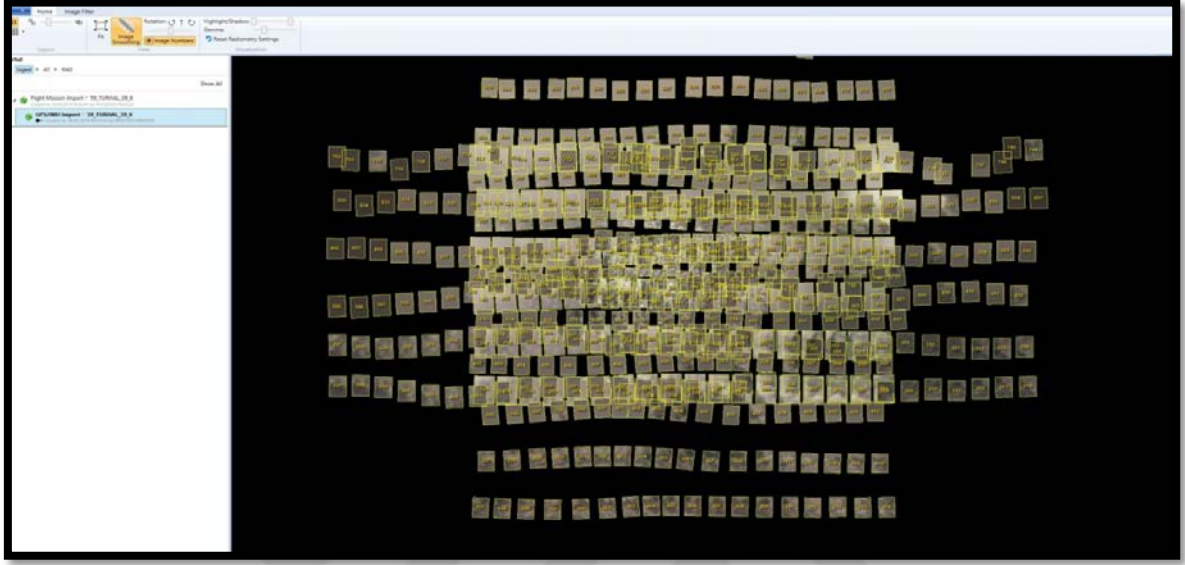
Şekil 18. Yer Kontrol Noktalarının Geometrik Dağılımı

2.3. Görüntü Alımı, Görüntülerin İşlenmesi ve Gerçek (True) Ortofoto Üretimi

Çalışmada gerçek (true) ortofoto üretim sürecinde Ultracam Osprey Mark 3 dijital eğik hava kamerasına ait görüntüler ve parametreler kullanılmaktadır. İleri bindirme oranı %80, yan bindirme oranı ise %60 olarak gerçekleştirilmiştir. YÖA 10 cm'dir. Kullanılan yazılım Ultramap Raw Data Center, Ultramap Studio ve Ultramap Orthoproduction programlarıdır.

İşlemler, RawDataCenter modülünden başlamaktadır. RawDataCenter 'da, kamera kalibrasyon dosyası kullanılarak, kamera tanıtılır ve ham veriler girdi olarak işleme sokulur.

Bu işlemin sonunda RawDataCenter, uçuş dosyası ile beraber görüntüleri oluşturur. Oluşturulan uçuş dosyası, Şekil 19'da görüldüğü gibi Studio modülünde açılır ve blok üzerinde gerekli ise düzeltmeler yapılabilir.



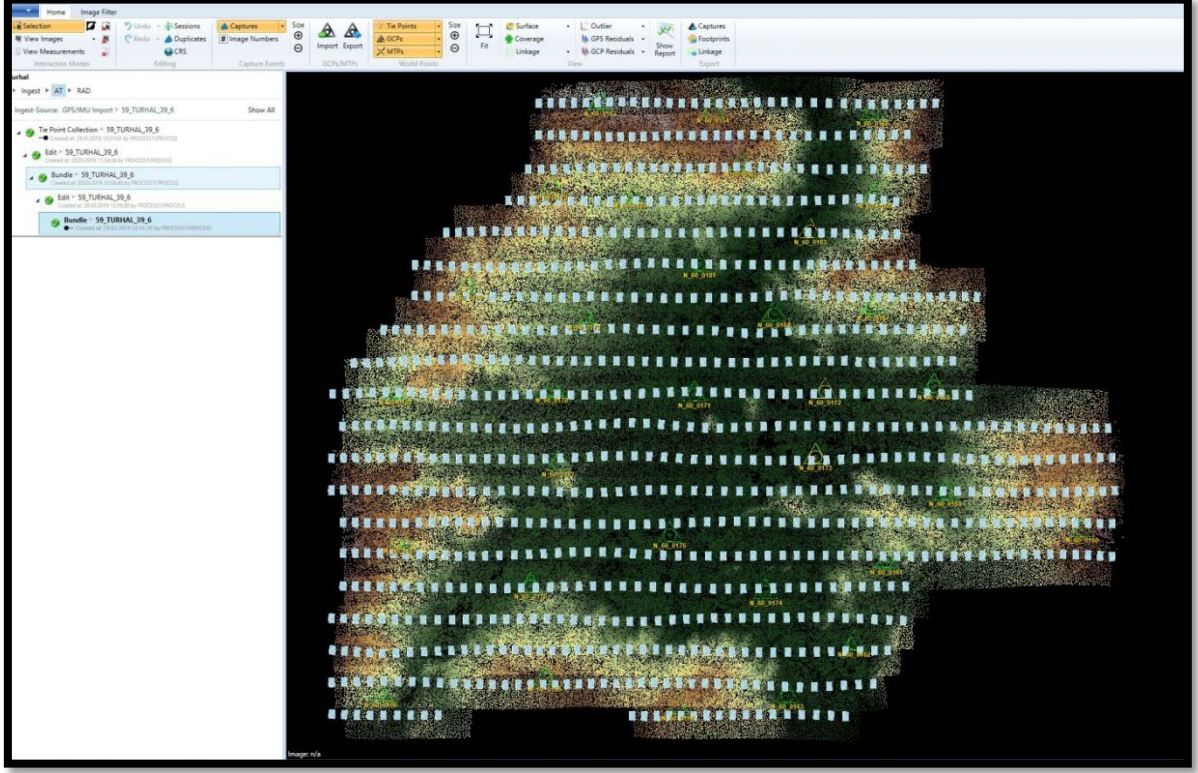
Şekil 19. Nadir ve Eğik Görüntülerin Ultramap Studio Yazılımında Gösterimi

İşlemin devamında dengelenmiş olan GPS/IMU verileri, Şekil 20'de görüldüğü gibi programa aktarılır.

Session	Line	Recorded	Au	Tr	Position	X	Y	Z	Omega	Phi	Kappa	GPS/IMU Std. Dev.	GPS/IMU Std. Dev.	GPS/IMU Std. Dev.	GPS/IMU Std. Dev.	Omega (Psi) (Deg)	Kappa (Deg)
1	0	15	27.08.2018	08:11:05	F 5.8	1/350	✓	50187.818	447054.602	2240.343	-0.36534	0.34030	80.54808	✓			
2	0	15	27.08.2018	08:11:09	F 5.8	1/350	✓	50208.508	447054.408	2240.558	-0.08540	0.43319	89.73421	✓			
3	0	15	27.08.2018	08:11:12	F 5.8	1/350	✓	50240.782	447052.308	2240.220	-0.08532	0.81629	89.29151	✓			
4	0	15	27.08.2018	08:11:15	F 5.8	1/350	✓	50245.990	447051.578	2250.238	-0.09718	0.80085	89.09122	✓			
5	0	15	27.08.2018	08:11:19	F 5.8	1/350	✓	50275.408	447051.137	2250.780	-0.04353	0.57622	86.43488	✓			
6	0	15	27.08.2018	08:11:22	F 5.8	1/350	✓	50289.759	447050.951	2250.327	-0.02084	0.64230	87.87241	✓			
7	0	15	27.08.2018	08:11:25	F 5.8	1/350	✓	50310.072	447049.581	2250.590	-0.02084	0.63384	87.86989	✓			
8	0	15	27.08.2018	08:11:28	F 5.8	1/350	✓	50328.420	447048.989	2250.414	-0.04045	0.64842	87.23780	✓			
9	0	15	27.08.2018	08:11:32	F 5.8	1/350	✓	50348.188	447048.480	2250.328	0.01500	0.62773	86.20737	✓			
10	0	15	27.08.2018	08:11:36	F 5.8	1/350	✓	50378.389	447047.802	2250.347	0.00096	0.64845	86.19017	✓			
11	0	15	27.08.2018	08:11:39	F 5.8	1/350	✓	50388.911	447047.678	2249.989	0.01232	0.62037	86.12474	✓			
12	0	15	27.08.2018	08:11:43	F 5.8	1/350	✓	50427.630	447047.942	2248.286	0.00042	0.61801	86.80140	✓			
13	0	15	27.08.2018	08:11:46	F 5.8	1/350	✓	50458.082	447048.281	2248.877	-0.07303	0.62765	87.48024	✓			
14	0	15	27.08.2018	08:11:50	F 5.8	1/350	✓	50478.649	447048.148	2248.481	-0.07940	0.61442	86.28851	✓			
15	0	15	27.08.2018	08:11:54	F 5.8	1/350	✓	50492.227	447050.192	2248.811	-0.07884	0.63864	82.73732	✓			
16	0	15	27.08.2018	08:11:58	F 5.8	1/350	✓	50518.750	447051.658	2248.854	-0.10163	0.63501	82.90589	✓			
17	0	15	27.08.2018	08:12:01	F 5.8	1/350	✓	50547.818	447052.474	2250.041	-0.11623	0.59803	81.59880	✓			
18	0	15	27.08.2018	08:12:05	F 5.8	1/350	✓	50588.340	447050.708	2250.180	-0.14881	0.64051	81.88080	✓			
19	0	15	27.08.2018	08:12:09	F 5.8	1/350	✓	50594.084	447052.541	2249.958	-0.07800	0.63080	80.28058	✓			
20	0	15	27.08.2018	08:12:13	F 5.8	1/350	✓	50618.578	447050.645	2249.808	-0.09422	0.61229	88.77349	✓			
21	0	15	27.08.2018	08:12:17	F 5.8	1/350	✓	50643.088	447052.978	2250.538	-0.08642	0.62037	87.58088	✓			
22	0	15	27.08.2018	08:12:21	F 5.8	1/350	✓	50669.248	447051.888	2251.079	0.00042	0.61842	86.03830	✓			
23	0	15	27.08.2018	08:12:25	F 5.8	1/350	✓	50684.808	447050.428	2250.308	-0.01889	0.63038	86.75750	✓			
24	0	15	27.08.2018	08:12:29	F 5.8	1/350	✓	507194.358	447048.974	2249.877	-0.08803	0.62236	87.71937	✓			
25	0	15	27.08.2018	08:12:32	F 5.8	1/350	✓	50744.452	447047.885	2248.847	-0.02023	0.57622	88.40780	✓			
26	0	15	27.08.2018	08:12:36	F 5.8	1/350	✓	50768.051	447047.262	2248.977	-0.05488	0.62274	89.52148	✓			

Şekil 20. GPS/IMU Verilerinin Import İşlemi

Yazılım aracılığı ile bindirmeli görüntüler arasında otomatik olarak bağlantı noktaları toplanır. Daha sonra uçuştan önce işaretlenmiş ve ölçülmüş yer kontrol noktaları (YKN) Şekil 21'de ki gibi yazılıma aktarılır.



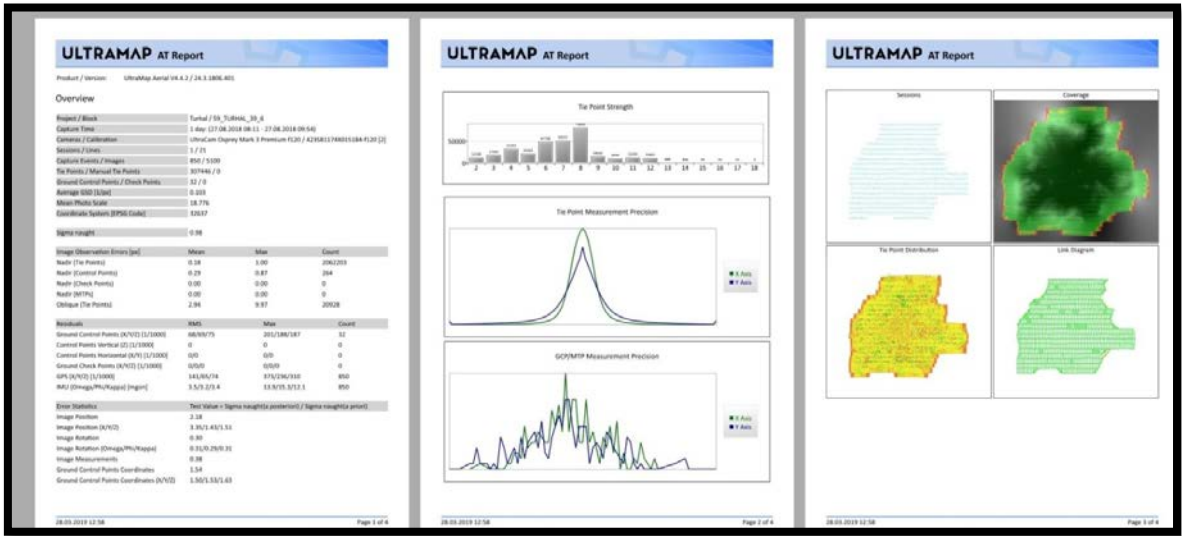
Şekil 21. Bağlama (Tie Point) noktaları toplanması ve YKN'lerin import edilmesi

Yazılım, YKN'leri otomatik olarak görüntülerle eşleştirir. YKN'ler, manuel olarak eşleşen görüntüler üzerinde kontrol edilir ve gerekli ise Şekil 22'de ki gibi yerleri düzeltilir.



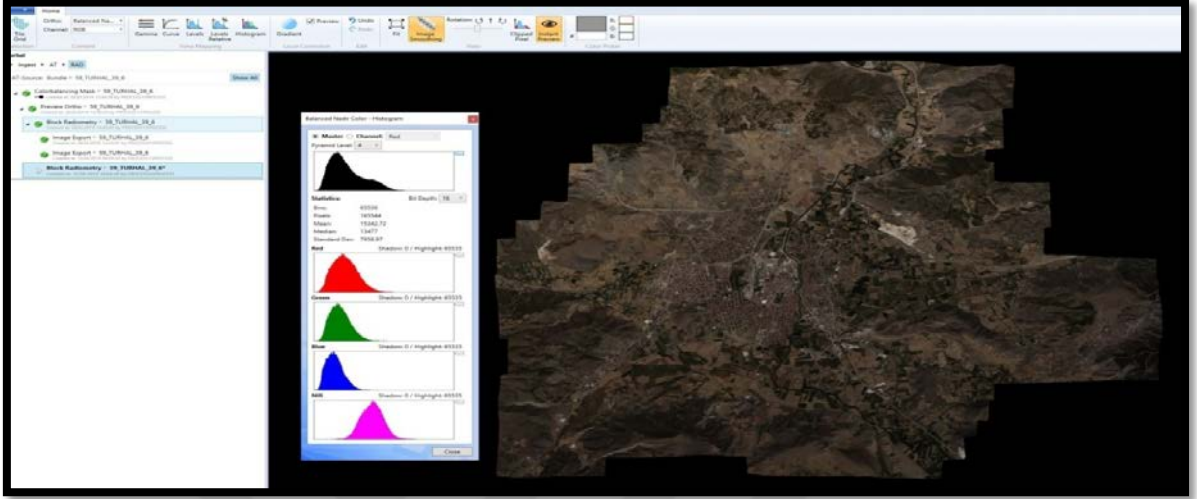
Şekil 22. YKN'lerin İşaretlenmesi

İlk işlem olarak havai nirengi dengelemesi yapılır. Şekil 23'te görüldüğü gibi dengeleme raporunda hesaplanan ortalama karekök hatalarının 1 pikselin altında olması gereklidir. Eğer değil ise YKN işaretleri tekrar kontrol edilir ve görüntü üzerinde daha hassas işaretlenme hedeflenir. Her işaret yeri değişikliğinden sonra, tekrar havai nirengi dengelemesi yapılması zorunludur. Bu işlem tekrarlanarak hatalar 1 pikselin altına düşürülür.



Şekil 23. Dengeleme Raporu

İş akışının devamında blok radyometrisi ve isteğe bağlı olarak Şekil 24'te görüldüğü gibi tek tek görüntülerin radyometrisi düzenlenir.



Şekil 24. Radyometrik Düzeltmeler

Akabinde, yine isteğe bağlı olarak, Şekil 25'te görüldüğü gibi 3 boyutlu mesh modellerin üretimi yapılabilir ya da OrthoProduction modülüne geçilerek DSM, Ortofoto, Şekil 25'te görüldüğü üzere DSMOrto ürünlerinin düzenlenmesi ve üretilmesi işlemleri uygulanır.

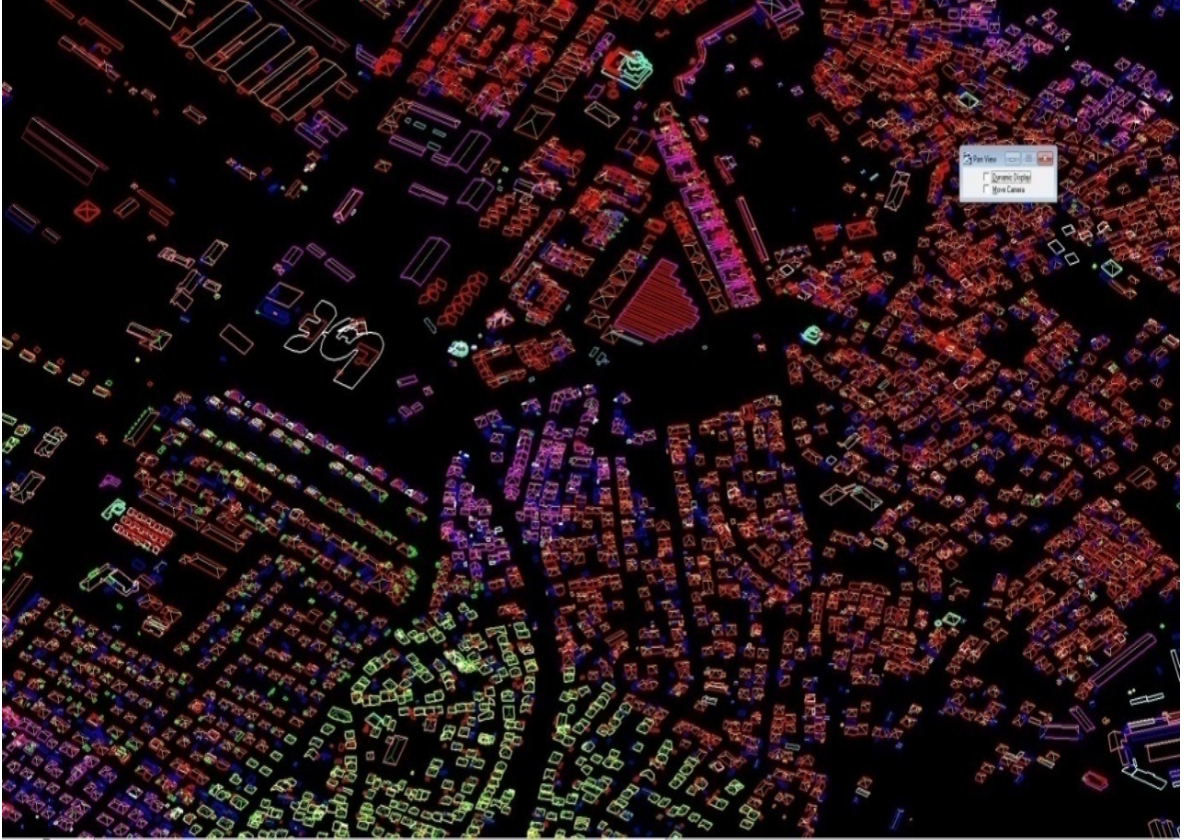


Şekil 25. Mesh Model- DsmOrto/Gerçek Ortofoto

2.4. Bina Çatılarının Sayısallaştırılması

Sayısallaştırma işlemi LPS yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Yapıya ait vektör verilerin fotogrametrik yöntemle üretiminde düşey ve/veya eğik hava kamerası görüntüleri kullanmıştır. Bu süreç kapsamında proje sınırına giren 10 m²'den daha büyük alana sahip tüm yapılara ait vektörel veriler üretilmiştir. Yapılara ait vektörel veriler fotogrametrik yöntemle üretilirken çatılardaki 10 m²'den daha büyük tüm detaylar 10 m² alandan küçük bile olsa çatıda bulunan mevcut yaşam alanına ait detaylar çizilmiştir.

Bina çatılarının sayısallaştırılması işlemi sonucunda Şekil 26'da görüldüğü üzere DGN formatında sayısal bina çatıları elde edilmiştir.

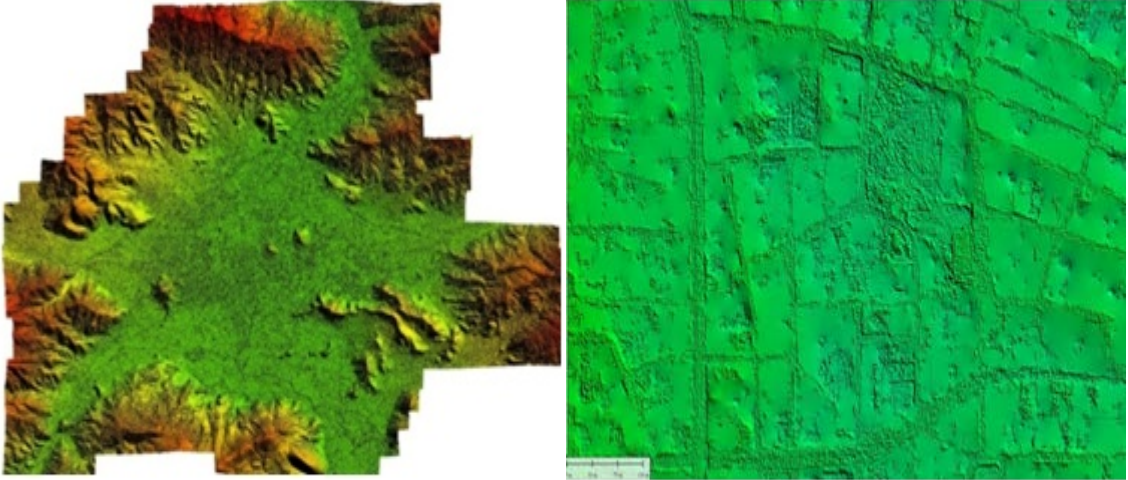


Şekil 26. Çatıların Sayısallaştırılması

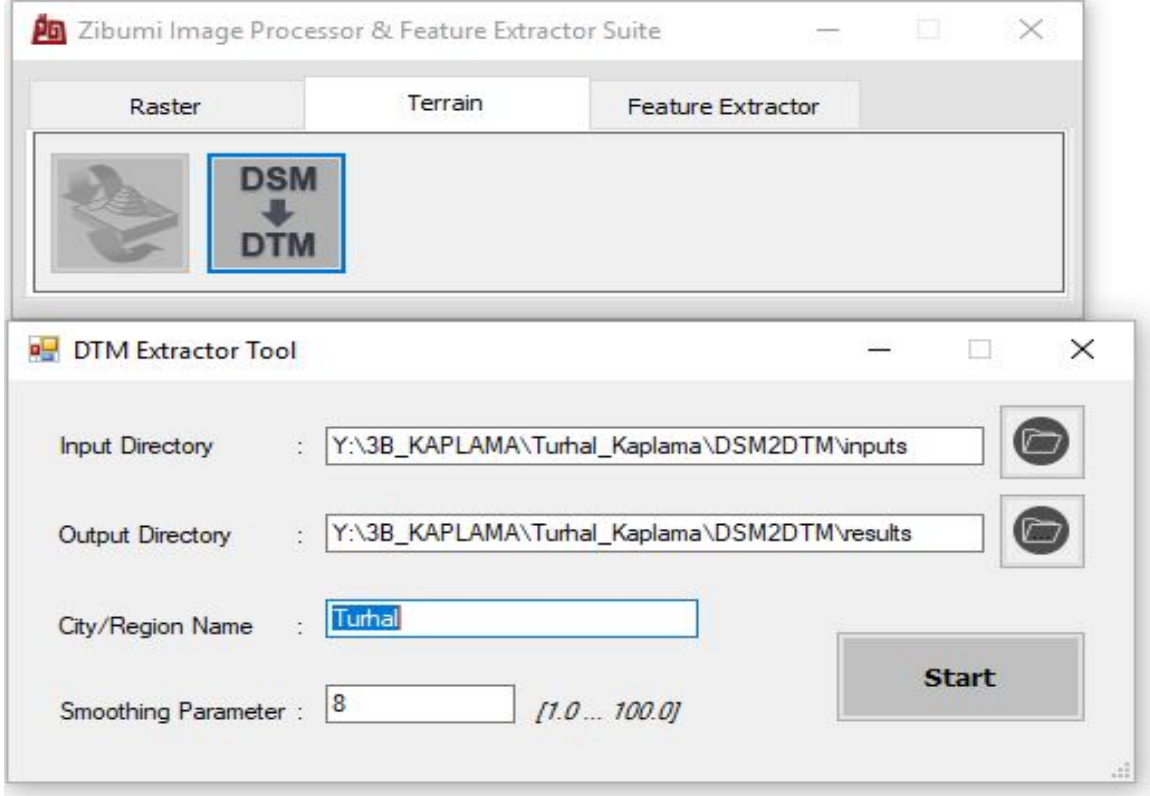
2.5. 3 Boyutlu Bina Modellerinin Oluşturulması

2.5.1. Sayısal Yüzey Modellerinden Sayısal Arazi Modellerinin Üretilmesi

Sayısal arazi modeli gerçek ortofoto görüntünün yer örnekleme aralığında ve düzenli grid aralıklarına sahip olarak otomatik yöntemlerle üretilmektedir. Şekil 28'de görüldüğü gibi yüksek çözünürlüğün korunduğu bir arazi modeli oluşturulabilmesi için; sayısal arazi modeli üretiminde, daha yüksek grid aralığına sahip yükseklik modellerinden enterpolasyon yöntemi kullanılmamaktadır. Üretimimizin bu aşamasının amacı elde edilen sayısal arazi modelindeki tüm binalar, şehir mobilyası ve bitki örtüsünü kaldırmaktır. Bu aşama sonucunda sayısal arazi modeli mutlak suretle detaylı olarak incelenir ve söz konusu araziyi yansıtmayan, alana ait olmayan tüm hata ve gürültüler temizlenmiş olur. Bu kapsamda üretimi gerçekleştirilen sayısal arazi modeli, yol detayını içerecek ancak köprü ve viyadük gibi yüksekliğin değiştiği detaylar topografya seviyesine indirilmiş olacaktır. Yollar, kaldırımlar ve meydanlardaki gürültü temizlenir ve bu alanlarda genel eğime uygun yumuşak bir temsil yapılır. Şekil 27'de ve Şekil 28'de görüldüğü gibi DSM verisinden DTM elde etmek için Dsm2Dtm programı kullanılır.



Şekil 27. DSM Verisi- DTM Verisi



Şekil 28. Dsm2Dtm Programı

2.5.2. Bina Modellerinin (Katı Modellerin) Oluşturulması

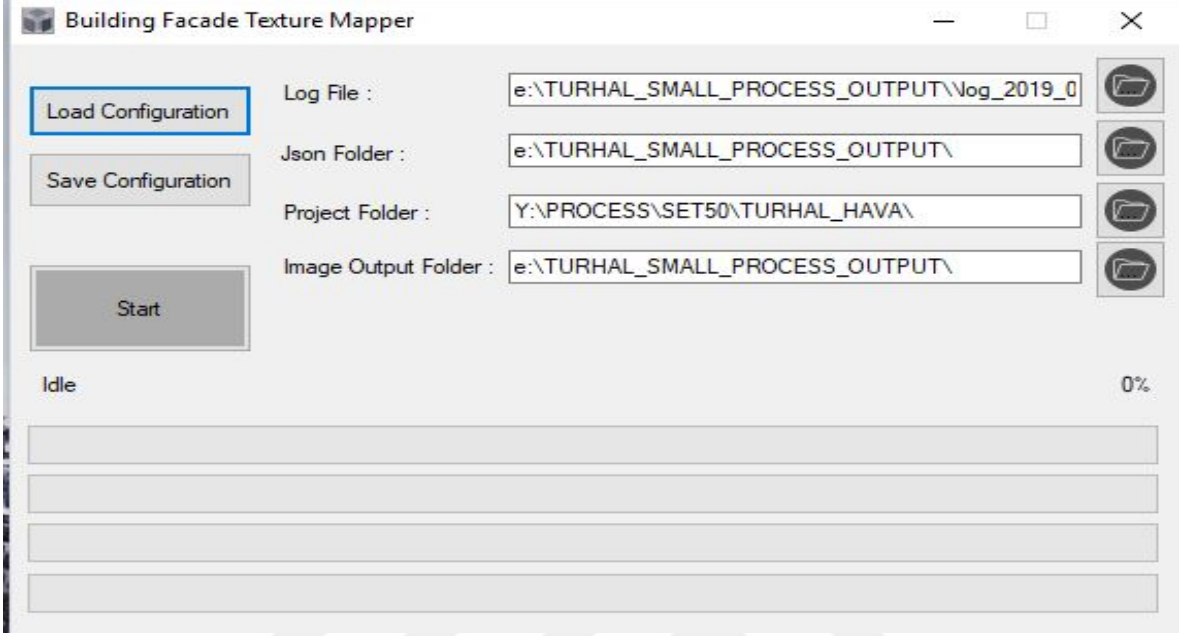
Katı model üretimi için öncelikle elde edilen sayısal yükseklik modeli ve binaların vektör çizimleri Şekil 29’da görüldüğü gibi Building Facade Texture Mapper programına aktarılır. Şekil 30’da görüldüğü gibi yazılım, aktarılan verilerden, çizilen binaların katı modellerini oluşturur.

Fotogrametrik yöntemle üretilen bina modellerinin çatısı referans dokümanda (URL-1, 2017) tasvir edilen LOD2.3 seviyesinde, çatıdan yeryüzüne izdüşürülen yan yüzeyler ise LOD 2.2 seviyesinde geometrik detay içermektedir.

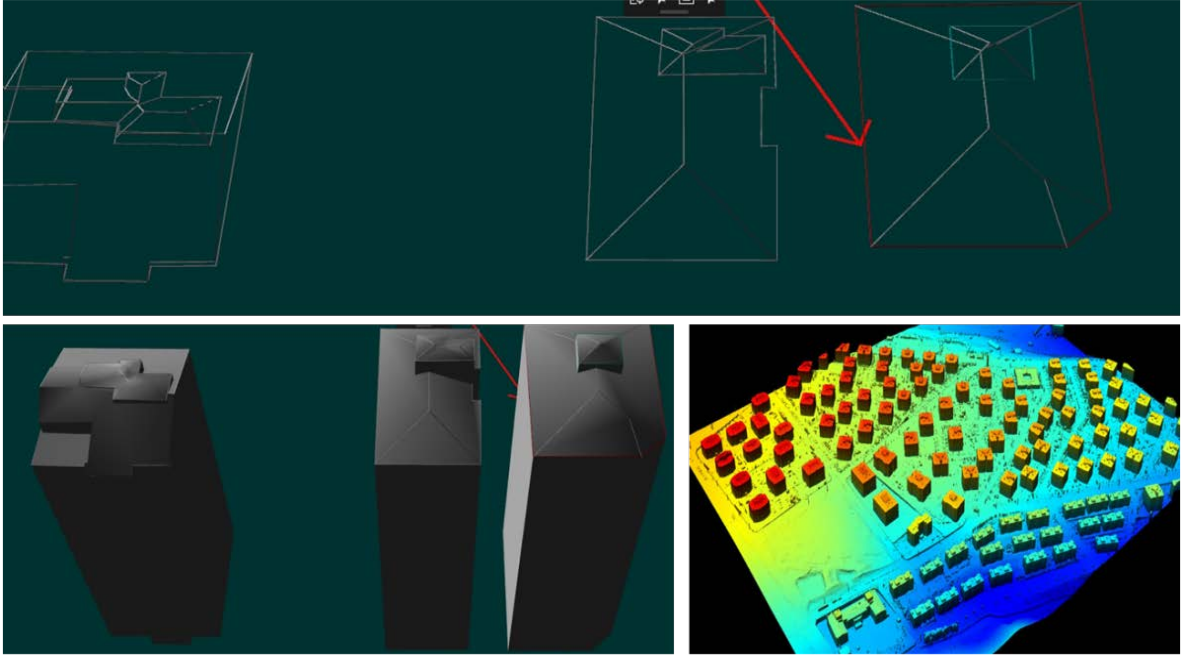
LOD2.2 seviyesinde çatılar daha ayrıntılı bir şekilde tanımlanmıştır. Hem çatılar hem de daha detaylı bir şekilde yapılandırılmış çatı pencereleri için geçerlidir.

LOD2.3 seviyesi ise çatı paylarının özellikle 0.2 m’den daha büyük olmaları durumunda geçerlidir. Çatı payları ile zemin oturumları arasında ki farklılıklar objeye

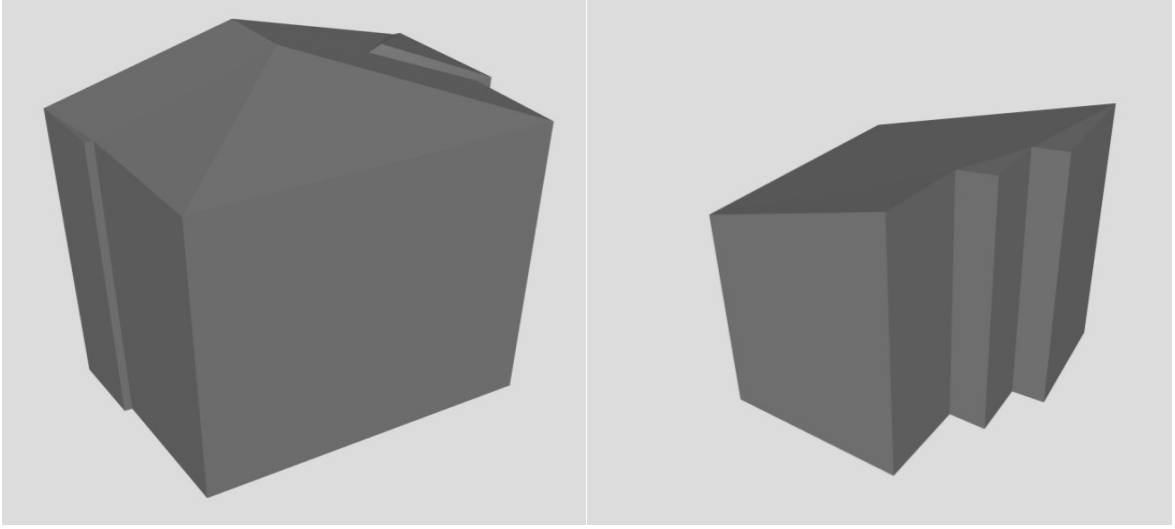
yansıtılır. Bu nedenle çatı payları ve zemin oturumları her zaman, buldukları yerdedir ve binanın hacmini gerektiren kullanım durumları için avantaja sahiptirler.



Şekil 29. Building Facade Texture Mapper Katı Model Oluşturma Programı



Şekil 30. Katı Model Oluşturma

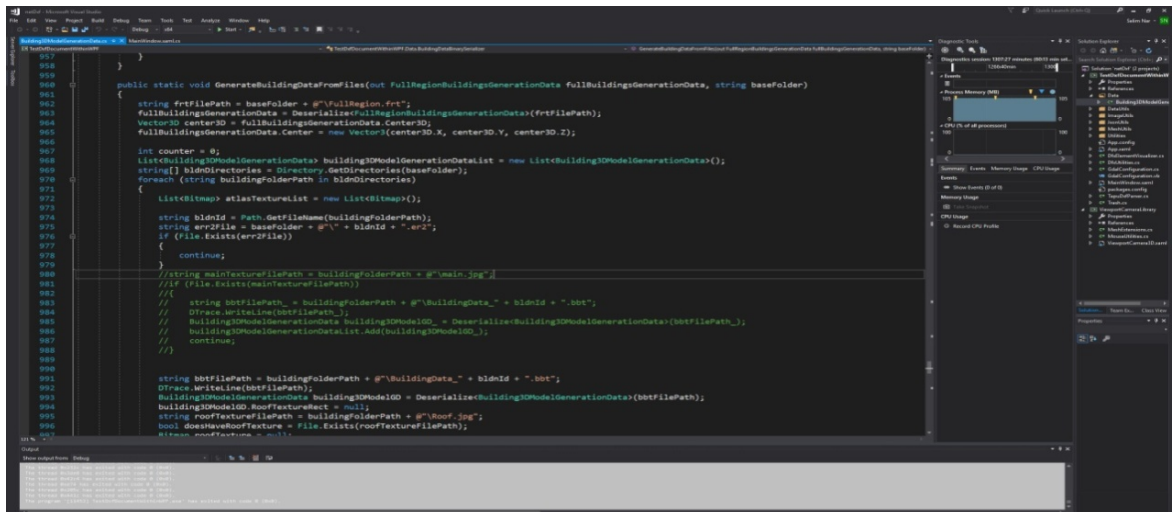


Şekil 31. Katı Model Örnekleri

2.6. 3 Boyutlu Modellerin Kaplanması

Üretilen 3B modellerin yan yüzeyleri eğik/düşey görüntülerden, çatı yüzeyleri düşey/nadir görüntülerden otomatik kaplama yazılımı ile kaplanır. 3B modellerin çatı ve yan yüzeylerinin kaplanmasında, kaplanacak yüzeye ait en iyi görüntü veya görüntüler kullanılır.

3B modeller OGC standardı olan CityGML formatında ve yaygın 3B modeli olan *.obj formatında üretilir.



Şekil 32. Kaplama Yazılımı

2.7. 3B Şehir Modeli Örnekleri

Uygulama alanı olan Tokat (Turhal) bölgesine ait üretilen 3B şehir modeli örnekleri Şekil 33 ve Şekil 34'de görülmektedir.



Şekil 33. 3B Şehir Modeli Örnek 1



Şekil 34. 3B Şehir Modeli Örnek 2

3. BULGULAR VE İRDELEME

Bu çalışma kapsamında TKGM bünyesinde bulunan uçak üzerine monte edilmiş eğik hava kamerası ile görüntü alımı gerçekleştirilen gerçekleştirilen 74 km² alanın 3B şehir modeli üretimi gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında 32 adet YKN tesisi ve ölçümü gerçekleştirilmiştir. Toplamda 3400 hava fotoğrafı görüntüsü alımı gerçekleştirilmiş olup, hava fotoğraflarının radyometrik ve geometrik düzetmeleri gerçekleştirilmiştir. Fotogrametrik nirengi işlemleri yapılmış olup dış yönelme parametreleri dengelenmiş şekilde elde edilmiştir.

3B Şehir modelleri ile birlikte sunulması ve ilişkilendirilmesi planlanan 211 adet 1/1000 ölçekli paftanın SYM, SAM ve gerçek ortofoto üretimleri gerçekleştirilmiştir.

3B şehir modellerinin temel veri kaynağı olan yapılara ait 3 boyutlu katı modellerin üretimine geçilmiştir. TKGM'nin amaçladığı detay seviyesini objelere yansıtmak amacıyla bina çatı detaylarının stereo ortamda üretimi gerçekleştirilmiştir. Uygulama alanında toplan 16492 yapıya ait çatı detay çizimi tamamlanmıştır. Vektörel verisi üretilen toplam 16492 adet yapının 3 boyutlu katı model üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada yapılara ait öznitelik bilgileri modellere işlenmiştir. Katı modelleri üretilip geometrik kontrolü yapılan modellerin, düşey görüntülerle birlikte dengelemesi gerçekleştirilen eğik görüntüler ile kaplama işlemi yapılmıştır. Katı modellerin çatı kaplaması proje kapsamında üretilen gerçek ortofotolardan gerçekleştirilmiştir. Üretim süreçleri tamamlandıktan sonra uygulama kapsamında üretilen Sayısal arazi modeli, ortofoto ve 3B yapı modelleri birbirlerine entegre edilerek Şekil 35'te görüldüğü sunuma hazır hale getirilmiştir. Ayrıca Şekil 36'da görüldüğü gibi modeller üzerinden hassas mesafe, yükseklik ve alan ölçümleri de yapılabilmektedir.



Şekil 35. 3 Boyutlu Şehir Modeli Sunumu



Şekil 36. 3 Boyutlu model üzerinde yapılan ölçümler

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında fotogrametrik dengeleme işlemi sonucu, elde edilen dış yöneltme parametrelerinin oblerin kaplanmasında önemli bir rol oynadığı, çalışmanın ara ürünleri olan gerçek (true) ortofoto, SYM ve 3B katı modellerin ve 3B şehir modellerinin konum doğruluğunu önemli ölçüde etkilediği tespit edilmiştir. 3B şehir modellerinin üretiminde fotogrametrik dengelemelerde kullanılacak olan YKN sayısına, tesisine, ölçümüne ve dağılımına dikkat edilip BÖHHBÜY'deki hususlar gözetilmelidir.

3B şehir modellerinin üretiminde kullanılacak hava fotoğraflarının görüntü alımı için yapılacak uçuşlarda, bindirme oranları %80 ileri, %60 yan bindirme ve yer örnekleme aralığı (YÖA) 10cm olacak şekilde planlanmalıdır. Yüksek bindirme oranları blok dengeleme ve SYM doğruluğunu en az çözünürlük kadar etkilemektedir ve dolayısıyla gerçek ortofoto ve 3B modellerin de konum hassasiyetini artırmaktadır.

Çalışmada irdelenen, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün (TKGM) amaçladığı, katı modellerden istenilen detay seviyesinin elde edilebilmesi için, 3B şehir modellerinin üretim süreçlerinde, bina çatılarının stereo ortamda 3B üretimi tercih edilmelidir.

3B şehir modellerinin obje yüzeyleri kaplama yapılmadan da sunulabilmektedir. Ancak 3B şehir modelinden faydalanacak olan kişi, kurum ve kuruluşların ilk bakışta fikir sahibi olması gerektiği durumlarda 3B objelerin görüntüler ile kaplanması gerekmektedir. Bu kapsamda 3B objelerin kaplanmasında kullanılan eğik hava görüntülerinin alımında eğik hava kameraları tercih edilmelidir.

3B şehir modellerinin üretiminde yapılar üzerinde sorgulama yapabilme ve yapıları farklı veri kümeleri ile ilişkilendirebilme imkanı sağlayan 3B katı modellere dayalı şehir modelleri tercih edilmelidir.

5. KAYNAKLAR

- Amado, M., Poggi, F. ve Amado, A., 2016. Energy Efficient City: A Model for Urban Planning. *Sustainable Cities and Society*, 26, 476-485.
- Aydın, C. C., 2014. Designing Building Façades for the Urban Rebuilt Environment with Integration of Digital Close-Range Photogrammetry and Geographical Information Systems. *Automation in Construction*, 43, 38-48.
- Aydın, C. C., 2008. Usage of Underground Space for 3D Cadastre Purposes and Related Problems in Turkey, 8, 11, 6972-6983.
- Ayyıldız, E., 2016. Eğik Resim Fotogrametri ile Veri Üretimi. *Uzaktan Algılama Sempozyuu*
- Bakıcı, S., Erkek, B., Ayyıldız, E. ve Özmüş, L., 2017. The Use of 3D City Models Form Oblique Images on Land Administration. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, IV-4/W4.117-121.
- Balsa-Barreiro, J. ve Fritsch, D., 2018. Generation of Visually Aesthetic and Detailed 3D Models of Historical Cities by Using Laser Scanning and Digital Photogrammetry. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 8, 57-64, ISSN 2212-0548.
- Biljecki, F., Stoter, J., Ledoux, H., Zlatanova, S. ve Çöltekin, A., 2015. Applications of 3D City Models: State of the Art Review. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2015, 4, 2842-2889.
- Biljecki, F., Ledoux, H., and Stoter, J., 2016. An improved LOD Specification For 3D Building Models.
- Biljecki, F., 2013. The concept of level of detail in 3D city models.
- Billen, R., Cutting, A. F., Marina, O., Almeida, J.P., Caglioni, M., Falquet, G., Leduc, T., Métral, C., Moreau, G., Perret, J., Rabino, G., Jose, R., Yatskiv, I. and ZlatanovaE, S., 2014. 3D City Models and urban information: Current issuesand perspectives.
- Buhur, S., Ross, L., Büyüksalih, G. ve Baz, I., 2009. Planlama Aktiviteleri için 3-Boyutlu Kent Modeli Örnek Uygulaması: Haydarpaşa Tren İstasyonu, Haydarpaşa Limanı ve Geri Sahası. *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 02-06 Kasım 2009, İzmir.
- Büyükdemircioğlu, M., Kocaman, S. ve Isikdag, U., 2018. Semi-Automatic 3D City Model Generation from Large-Format AerialImages. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7, 339.
- Chen, R., 2011. The Development of 3D City Model and Its Applications in Urban Planning. *Proceedings - 2011 19th International Conference on Geoinformatics, Geoinformatics*, 1-5.

- Doğru, A. Ö. ve Şeker, D. Z., 2009. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde 3BKent Modelleme Olanaklarının İrdelenmesi. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, İzmir.
- Döner, F., Bıyık, C., ve Demir, O., 2011. Dünyada Üç Boyutlu Kadastro Uygulamaları. 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 1822, Nisan, Ankara.
- Grenzdörffer, G. J., Guretzki, M., ve Friedlander, I., 2008. Photogrammetric Image Acquisition and Image Analysis of Oblique Imagery. *The Photogrammetric Record* 23, 124, 372-386.
- Heo, J., Jeong, S., Park, H., Jung, J., Han, S., Hong, S. ve Sohn, H., 2013. Productive High-Complexity 3D City Modeling with Point Clouds Collected From Terrestrial Lidar, *Computers, Environment and Urban Systems*, 41, 26–38.
- Khoo, V. H. S., 2011. 3D Cadastre in Singapore. 2nd International Workshop on 3D Cadastres.
- Liang, J., Shen, S., Gong, J., Liu, J. ve Zhang, J. 2016. Embedding User-Generated Content into Oblique Airborne Photogrammetry-Based 3D City Model, *International Journal of Geographical Information Science*, 31, 1-16.
- Lisec, A., Ferlan, M. ve Tekavec, J., 2017. Towards a 3D Cadastre in Slovenia, 3D Modelling of a Cadastral Treasure in Slovenia, *GIM International*, 31,4,35-37.
- Mahdjoubi, L., Moobela, C., ve Laing, R., 2013. Providing Real-Estate Services through the Integration of 3D Laser Scanning and Building Information Modelling, *Computers in Industry*, 64, 9, 1272-1281.
- Mittal, A., 2018. 3D City Modelling and Virtual Designs.
- Oosterom, P. 2013. Research and Development in 3D Cadastres, *Computers, Environment and Urban Systems*, 40, 1–6.
- Özmüş, L., Erkek, B., Ateş, H. B., Özer, E., ve Bakıcı, S., 2013. Eğik Resim Fotogrametrisi ve Arazi Yönetiminde Kullanım Alanları, TUFUAB2013 VII. Teknik Sempozyumu, Mayıs, Trabzon.
- Polat, N. ve Uysal, M., 2016. Hava Lazer Tarama Sistemi, Uygulama Alanları ve Kullanılan Yazılımlara Genel Bir Bakış.
- Prandi, F. Soave, M. Federico. Andreolli, M. ve Amicis, R., 2014. Services Oriented Smart City Platform Based On 3d City Model Visualization.
- Qin, J., Fang, C., Wang, Y., Li, G. ve Wang, S., 2015. Evaluation of Three-Dimensional Urban Expansion: A Case Study of Yangzhou City, Jiangsu Province, China. *Chinese Geographical Science*, 25, 224-236.

- Schubiger-Banz, S., Arisona, S. M. ve Zhong, C., 2014. Enhancing Photogrammetric 3D City Models with Procedural Modeling Techniques for Urban Planning Support.
- Stoter, J., Ploeger, H. ve Oosterom, P., 2013. 3D Cadastre in the Netherlands: Developments and International Applicability, *Computers, Environment and Urban Systems*, 40. 56–67.
- Sun, Y., Sun, H., Yan, L., Fan, S. ve Chen, R., 2016. RBA: Reduced Bundle Adjustment for Oblique Aerial.
- URL-1, <http://filip.biljecki.com/phd/dissertationFilipBiljeckilowresolution.pdf>.12.06.2018.
- Wu, B., Xie, L., Hu, H., Zhu, Q. ve Yau, E. 2018. Integration of Aerial Oblique Imagery and Terrestrial Imagery for Optimized 3D Modeling in Urban Areas. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 139, 119-132, ISSN 0924-2716
- Xi, W., Li, G., Li, D., Zhao, Z. ve Song, J., 2017. Application of Oblique Photogrammetry in Real Estate Surveying and Mapping, 2017. International Conference on Electronic, Control, Automation and Mechanical Engineering ISBN: 978-1-60595-523-0.
- Xia, Z. ve Zhu Qing, B., 2004. Applications of 3D City Models Based Spatial Analysis to Urban Design. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*
- Xiao, J., Gerke, M. ve Vosselman, G., 2012. Building Extraction From Oblique Airborne Imagery Based on Robust Façade Detection. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 68, 56-68, ISSN 0924-2716.
- Yastıklı N., Çetin Z., Üçok U. ve Koçdemir K, 2017., Fotogrametrik Harita ve LiDAR Verileri ile 3B Kent Modeli Üretimi.

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Trabzon'da doğdu. İlköğrenim eğitimini İsmetpaşa İlköğretim Okulu'nda ortaöğretim eğitimini ise Fatih Lisesi'nde tamamladı. 1999 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 2004 yılı Haziran ayında bölümden mezun oldu. 2007 yılında Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Harita Dairesi Başkanlığında memuriyete başladı. Halen bu görevine devam etmektedir. 2009-2010 eğitim-öğretim yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim dalında Yüksek Lisans programına başladı. İngilizce bilmektedir.

