



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**FOTOGRAMETRİK YÖNTEMLERİN
KADASTRAL ÇALIŞMALARDA KULLANIMI
VE 3 BOYUTLU KADASTRO**

Sevda KARA AYDINLI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

**Ağustos -2022
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Sevda KARA AYDINLI

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FOTOGRAMETRİK YÖNTEMLERİN KADASTRAL ÇALIŞMALARDA KULLANIMI VE 3 BOYUTLU KADASTRO

Sevda KARA AYDINLI

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Abdullah VARLIK

2022, 88 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Murat UYSAL

Dr. Öğr. Üyesi Abdullah VARLIK

Doç. Dr. Hüseyin Zahit SELVİ

Küreselleşme süreci kazananları ve kaybedenleri, fırsatları ve dezavantajları içinde barındıran paradoksal bir süreçtir. Küreselleşmeyle birlikte son dönemin en dikkat çekici konularından biri olan kadastronun üçüncü boyutu hem akademik hem de kurumsal çevrelerce çeşitli boyutlarıyla fazlasıyla tartışılmaktadır. 1990 lı yılların sonlarından itibaren 3B Kadastro kavramı pek çok ülkede tartışılan bir konu olmasına rağmen değişen ve gelişen teknolojiye karşın gerekli sistem kurulamamış ve hiçbir ülke hâlihazırda ülke kadastralarında 3B Kadastro sistemini hayata geçirememiştir.

Modern kadastradan beklenen, kamu hak ve kısıtlamaları da dahil olmak üzere arazinin bütün yasal durumunu göstermesidir. Günümüzde araziyle ilgili tüm bu hak, kısıtlama ve sorumluluklar çoğunlukla üst üste çakıştığından mevcut iki boyutlu (2B) kadastro sistemleri bazı durumlarda yetersiz kalmaktadır. Özellikle, nüfusun hızla artması neticesinde arazinin düşey boyutunun yoğun olarak kullanıldığı kentsel alanlarda farklı mülkiyet birimleri üst üste binmekte, kesişmekte veya daha karmaşık yapılar oluşturmaktadır. 2B kadastronun modern dünyada ortaya çıkan bazı durumları tescil ve temsil etmede yetersiz kalması son yıllarda üç boyutlu (3B) kadastroya olan ilginin artmasında etken olmuştur. Kadastronun, geleceğin modern kadastrosundan beklenen ihtiyaçları karşılayabilmesi için arazinin tüm boyutlarındaki bilgileri içererek yönetebilecek bir yapıya ulaşması gerekmektedir.

Teknoloji ile şekillenen bu dünyada sektörün dinamiklerini yakından takip etmek ülkemizin geleceğine yön vermemizi ve küreselleşen dünyada yerimizi almamızı sağlayacaktır. Türkiye'nin de değişen koşullara ve günümüz modern dünyasına uyum sağlaması gerekliliği söz konusudur. Bu gelişmeler ışığında düşüncelerin örgütlenme biçimlerinin ve bu durumun çıktısı olan işin üretme

süreçlerinin, bu işin sonuçlarının sunuş şekillerinin ve arazide yapılan tüm işlemlerin belirtilen altlıklarda çizilmesi işlemlerinin değişmesi gereklidir. Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından ülke genelinde üretilen mekansal verilerin merkezi bir yapıda birbirleriyle entegre olarak tutulması ve bu bilgilerin mekana bağlı tüm bilgi sistemleri için sunulması hedeflenmektedir. Bu hedef doğrultusunda geliştirilmekte olan 3B Şehir Modelleri Üretimi ve 3B Kadastro Altlıklarının Oluşturulması Projesi hazırlanmaktadır.

Mevcut kadastro verilerinin güncellenmesi ve kadastro haritalarının üretimindeki verimi artırabilmek, zaman ve maliyet tasarrufu sağlayabilmek adına fotogrametrik yöntemlerin kullanılması gerekliliği açıktır. Uzaktan algılama yöntemi kullanılarak elde edilen verilerden otomatik bina çıkarma, kadastro doğrulama, modernizasyon ve güncelleme yapma işlemleri zorlu bir araştırma konusu olmakla birlikte binaların görünümündeki oluşabilecek büyük farklılıkların önüne geçilmesi açısından da önem arz etmektedir.

Fotogrametrik yöntemler aracılığıyla üretilen her türlü coğrafi verinin gelişen bilim ve teknoloji ile harmanlanarak kullanıcıya sunulması verinin çok daha etkin ve nitelikli kullanımını sağlamaktadır. Bilişim sektöründeki sanal gerçeklik programlarının geliştirilmesi fotogrametri alanındaki çalışmalara yeni bir anlayış getirmektedir. Bu kapsamda yerleşim yerleri için üretilmesi planlanan 3 boyutlu modeller ve bu 3 boyutlu modellere entegre edilecek uygulamalar insanların hayat standardını yükseltmek için atılacak her adımda bu alanlarda yapılacak tüm istatistiksel çalışmalarda ve bu bölgelere sunulacak her hizmette önemli bir veri kaynağı olacaktır.

Bu araştırma ülkemiz kadastrounda yapılan güncellemelerin ve bu güncellemeler yapılırken kullanılan tüm diğer tekniklerle birlikte fotogrametrik yöntemlerin kadastral çalışmalarda kullanımının irdelenmesi açısından önem taşımaktadır.

Araştırma sürecinde Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü bünyesinde yapılan 3B Şehir Modelleri Üretimi ve 3B Kadastro Altlıklarının Oluşturulması Projesi ve bu proje kapsamında kullanılan fotogrametrik yöntemler tüm olumlu ve olumsuz yönleriyle değerlendirilecektir.

Anahtar Kelimeler: 3B Kadastro, CBS, Kadastro, Kat Mülkiyeti, Yapı

ABSTRACT

MS THESIS

THE USE OF PHOTOGRAMMETRIC METHODS IN CADASTRAL STUDIES AND 3-DIMENSIONAL CADASTRAL Sevda KARA AYDINLI

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE MAP ENGINEERING

Advisor: Asst. Prof.Dr. Abdullah VARLIK

2022, 88 Pages

August

Advisor: Asst. Prof.Dr. Abdullah VARLIK

Prof. Dr. Murat UYSAL

Assoc. Prof. Dr. Hüseyin Zahit SELVİ

The globalization process is a paradoxical process that includes winners and losers, opportunities and disadvantages. The third dimension of cadastre, which is one of the most remarkable issues of the last period along with globalization, is being discussed very much by both academic and institutional circles with its various dimensions. Since the end of the year 1990, the concept of a 3D Cadastre is a debated topic in many countries, although no country is currently changing and developing technology necessary system has not been established in the country and not 3D cadastre Cadastral system.

What is expected from the modern cadastre is that it shows the entire legal status of the land, including its public rights and restrictions. Today, since all these rights, restrictions and responsibilities related to land mostly coincide in a row, the existing two-dimensional (2D) cadastral systems are insufficient in some cases. In particular, in urban areas where the vertical size of the land is intensively used as a result of the rapid increase in the population, different units of ownership overlap, intersect or form more complex structures. The inability of the 2D cadastre to register and represent some of the situations that have arisen in the modern world has been a factor in the increase in interest in three-dimensional (3D) cadastre in recent years. In order for the cadastre to meet the needs expected from the modern cadastre of the future, it is necessary to reach a structure that can manage all dimensions of the land by including information.

Following the dynamics of the sector closely in this world shaped by technology will enable us to guide the future of our country and take our place in the globalizing world. It is also necessary for Turkey to adapt to changing conditions and today's modern world. In the light of these developments, it is necessary to change the ways of organizing thoughts and the processes of producing the work that is the

output of this situation, the ways of presenting the results of this work and the processes of drawing all the operations performed on the land on the indicated substrates. It is aimed that the spatial data produced by the General Directorate of Land Registry and Cadastre throughout the country are kept integrated with each other in a centralized structure and that this information is presented for all information systems connected to the space. In accordance with this goal, a project is being prepared for the Production of 3D City Models and the Creation of 3D Cadastral Bases that are being developed.

The necessity of using photogrammetric methods in order to update the existing cadastral data and to increase the efficiency in the production of cadastral maps, as well as to save time and costs, is obvious. Automatic building extraction from remote sensing data obtained by using the method, cadastre validation, updating and modernising the process of making a research topic, although challenging, is important to prevent large differences in the view of the buildings that may occur.

The presentation of all kinds of geographical data produced through photogrammetric methods to the user by blending them with the developing science and technology allows for a much more effective and qualified use of the data. The development of virtual reality programs in the IT sector brings a new understanding to the studies in the field of photogrammetry. In this context, the 3D models planned to be produced for settlements and the applications to be integrated into these 3D models will be an important source of data in all statistical studies to be carried out in these areas and in every service to be provided to these regions at every step to be taken to raise people's standard of living.

This research is important in order to examine the use of photogrammetric methods in cadastral studies along with the updates made in the cadastral register of our country and all other techniques used during these updates.

During the research process, the Project on the Production of 3D City Models and the Creation of 3D Cadastral Bases conducted within the General Directorate of Land Registry and Cadastre and the photogrammetric methods used within the scope of this project will be evaluated in all positive and negative aspects.

Keywords: 3D Cadastre, GIS, Cadastre, Property Ownership, Building

ÖNSÖZ

“Fotogrametrik Yöntemlerin Kadastral Çalışmalarda Kullanımı ve 3 Boyutlu Kadastro” adlı bu çalışma Necmettin Erbakan Üniversitesi Harita Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek Lisans Tezi'nin bilimsel danışmanlığını üstlenerek gerek konunun seçiminde gerekse hazırlanmasında ilgi ve desteğini eksik etmeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Abdullah VARLIK 'a ve bu süreçte yardımlarını esirgemeyen, kurumsal ve teknik anlamda tecrübelerini paylaşan Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Bilgi Teknolojileri Dairesi Başkanı Sayın Cevdet Ekmel HATİPOĞLU'na teşekkürlerimi sunuyorum.

Sevda KARA AYDINLI
KONYA-2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET	vi
ABSTRACT.....	viii
ÖNSÖZ	x
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiv
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	7
3.1. Fotogrametri.....	7
3.1.1. Fotogrametrinin Tarihçesi.....	7
3.1.2. Fotogrametrinin Sınıflandırılması.....	8
3.2. Arazi Kullanımına İlişkin Kadastro Verilerinin Güvenilirliği ile Bunların Doğrulanması ve Güncellenmesi İçin Metodoloji	9
3.2.1. Hava Fotogrametrisi	10
3.2.2. Yakın Resim Fotogrametrisi	11
3.2.3. Eğik Resim Fotogrametrisi	12
3.2.4. İnsansız Hava Aracı Fotogrametrisi	13
3.3. Kadastro Kavramı ve İçeriği.....	15
3.3.1. İnsan Toprak İlişkisi	17
3.4. Ülkemizdeki Mevcut Sistem ve 3 Boyutlu Kadastroya Duyulan Gereksinim ...	18
3.5. 3 Boyutlu Kadastro Dışında 3 Boyutlu Bilginin Kullanım Alanları	23
3.6. 3 Boyutlu Şehir Modelleri ve 3 Boyutlu Kadastro Altlıklarının Oluşturulması Projesi	25
3.6.1. 3B Şehir Modelleri Üretimi ve 3 Boyutlu Kadastro Altlıklarının Oluşturulması Projesinin Faydaları	26
3.6.2. 3B Şehir Modelleri Üretimi ve 3 Boyutlu Kadastro Altlıklarının Oluşturulması Projesinde Karşılaşılabilecek Riskler.....	27
3.6.3. 3 Boyutlu Şehir Modelleri ve 3 Boyutlu Kadastro Altlıklarının Oluşturulması Projesi Kapsamında Teknik Alt Yapı Çalışmaları.....	29
3.7. CityGML Standardı	30
3.7.1. Ayrıntı Düzeyleri	31
3.8. Proje Kapsamında Yapılacak İş Adımları.....	32
4. UYGULAMA	34
4.1. Amasya Projesi	34
4.1.1. 3B Şehir Modellerinin Üretimi ve 3B Kadastro Altlıklarının Oluşturulması İş Kapsamında Amasya Projesi İşlem Adımları	44
4.1.2. Proje Kapsamındaki Ana İşler	45
4.1.3. Pilot Proje Saha Çalışmaları	48
4.1.4. Proje Sonucunda	49

4.2. Süreçler	49
4.2.1. Verilerin Toplanması	49
4.2.1.1. Fotogrametrik Üretimler;	49
4.2.1.2. Fotogrametrik Üretimler Kapsamında Gerçekleştirilecek Faaliyetler ve Üretilen Ürünler	50
4.2.2. Mimari Model Üretimleri	51
4.3. Mimari Projelerin 3 Boyutlu Modellere Dönüştürülmesi	52
4.3.1. Sayısallaştırılma Yazılımı	52
4.3.2. Fotogrametrik Bina Modellerini Kaplama	52
4.3.3. Binaların ve Bağımsız Bölümlerin Kimliklendirilmesi	52
4.4. Proje Ürünleri	52
4.4.1. Nokta Bulutu ve Sayısal Yüzey Modellerinin Üretilmesi	52
4.4.2. Sayısal Yüzey Modellerinden Sayısal Arazi Modellerinin Üretilmesi	58
4.4.3. Gerçek Ortofotoların Üretilmesi	60
4.5. 3B Yapı Modelleri ve Kent Modellerinin Üretilmesi	63
4.6. Mimari Modellerin Akıllandırılması ve 3 Boyutlu Kent Modeli ile Bütünleştirilmesi	64
4.7. 3 Boyutlu Kadastro Çalışması ve Entegrasyon	64
4.8. 3B Veri Yönetim Ve Süreç Takip Uygulaması	65
4.8.1. Proje Modülü	69
4.8.1.1. Proje İş Kalemleri	69
4.8.2. Yüklenici Modülü	70
4.8.3. Fotogrametrik Yönetim Modülü	71
4.8.3.1. Kadastro Veri Yönetim	71
4.8.3.2. Bina Yükleme	71
4.8.3.3. Otomatik Doğrulama Sonuçları	72
4.8.3.4. Manuel Kontrol	72
4.8.3.5. Manuel Kontrolden Reddedilenler	72
4.8.3.6. Sunuma Gönder	72
4.8.3.7. Bina/DTM/Ortofoto Kontrol Sonuçları	72
4.8.4. Mimari Proje Yönetim Modülü	72
4.8.4.1. Proje Yönetim	73
4.8.4.2. Bina Yükleme	73
4.8.4.3. Otomatik Doğrulama Sonuçları	73
4.8.4.4. Manuel Kontrol	73
4.8.4.5. Sunuma Gönder	73
4.8.4.6. Manuel Kontrolden Reddedilenler	74
4.8.4.7. Mimari Proje Envanter	74
4.8.5. Geri Bildirim Yönetim Modülü	74
4.8.5.1. Geri Bildirim Listesi	74
4.8.6. Sistem Kütüğü	74
4.8.7. Sıkça Sorulan Sorular Modülü	75
4.8.8. İstatistik Modülü	75
4.8.8.1. Yönetim İstatistikleri	75
4.8.8.2. Mimari Proje İstatistikleri	75
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	76
5.1. Sonuçlar	76
5.2. Öneriler	80

6. KAYNAKLAR	83
ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

KISALTMALAR

2B	: 2 Boyutlu
2,5B	: 2,5 Boyutlu
3B	: 3 Boyutlu
3D	: 3 Dimensional
BS	: Bilgi Sistemleri
BÖHYH	: Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği
CAD	: Computer Aided Design
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
FIG	: Uluslararası Haritacılar Birliği
GNSS	: Global Navigation Satellite System
GPS	: Global Positioning System Uluslararası Konumlama Sistemi
GPU	: Graphics Processing Unit
HKMO	: Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası
IMU	: Inertial Measurement Unit inertial Measurement Unit
İHA	: İnsansız Hava Aracı
LADM	: Arazi İdaresi Temel Modeli
LOD	: Level of Detail
MAKS	: Mekansal Adres Kayıt Sistemi
MEGSİS	: Mekansal Gayrimenkul Sistemi
MK	: Medeni Kanun
OGM	: Open Geospatial Consortium
SAM	: Sayısal Arazi Modeli
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
TAKBİS	: Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemi
TKGM	: Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü
TMK	: Türk Medeni Kanunu
TUSAGA-Aktif	: Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı Aktif
TYS	: Veri Tabanı Yönetim Sistemi
UML	: Unified Modelling Language
YKN	: Yer Kontrol Noktası
YÖA	: Yer Örnekleme Aralığı

1. GİRİŞ

İnsanlar yerleşik hayata geçtiği günden itibaren tasarruflarında bulunan taşınmaz mallar üzerinde mülkiyet hakkına sahip olmak ve sahip olduğu bu mülkiyet hakkını korumak istemişlerdir. Bu durumla birlikte hangi taşınmaz malın kime ait olduğunun bilinmesi gerekliliği doğmuştur. Bu gereklilik de insanlarda sahip olduğu taşınmaz mal mülkiyetini kayıt altına alma isteğini ortaya çıkarmıştır. Bu yüzden de insanlar taşınmaz mal mülkiyeti kayıtlarını güvenli bir şekilde tutmak ve saklamak için bir sistem arayışı içerisine girmişlerdir. Nüfusun hızla artması ve arazilerin değerlendirilmesine de bağlı olarak insan ve arazi ilişkisi kadastro kavramını ortaya çıkarmıştır.

Arazi ve insan arasında canlı bir ilişki mevcuttur. Gelişen teknolojiyle birlikte bu ilişki bir takım değişikliklerle kendini gösterir hale gelmiştir. Arazi kavramı artık yalnızca zenginlik aracı olarak tanımlamamızdan çıkmış ve varlığını kıt bir kaynak olarak sürdürür hale gelmiştir. Son zamanlarda ise küreselleşme ile birlikte sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda arazi kavramı, varlığını çok amaçlı kadastronun isteklerini karşılaması gereken bir noktaya taşınması gerekliliğinin ortaya çıkmasıyla sürdürmektedir.

Ülkemiz kadastro sistemi iki boyutlu parseli temel alan bir sistem üzerine kuruludur. Hali hazırda aktif kullanımda olan bu sistem taşınmaz mal mülkiyetine ait tüm bilgileri yeterli ölçüde kullanıcıya sunamamaktadır. Ancak küreselleşen dünyaya uyum sağlamak adına da taşınmaz mal mülkiyetinden tam ve yeterli ölçüde fayda sağlanması gereklidir. Bu yüzden taşınmazın düşey boyut bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu problemin çözümü için de taşınmaz verilerinin güncellenerek 3 boyutlu olarak tanımlandığı bir sistem üzerinden sunulması gerekliliği söz konusudur.

Mevcut kadastro verilerinin güncellenmesi ve kadastro haritalarının üretimindeki verimi artırabilmek, zaman ve maliyet tasarrufu sağlayabilmek adına fotogrametrik yöntemlerin kullanılması gerekliliği açıktır. 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 fotoğraflarından üretilen nokta bulutu verileri, sokak görüntüleri gibi veri türlerini tek tek ya da birlikte kullanarak üretim mümkündür.

Fotogrametrik yöntemler aracılığıyla üretilen bu coğrafi verilerin gelişen bilim ve teknoloji ile harmanlanarak kullanıcıya sunulması verilerin çok daha etkin ve nitelikli kullanımını sağlamaktadır. Bilişim sektöründeki sanal gerçeklik programlarının

geliştirilmesi fotogrametri alanındaki çalışmalara yeni bir anlayış getirmektedir. Bu kapsamda yerleşim yerleri için üretilmesi planlanan 3 boyutlu modeller ve bu 3 boyutlu modellere entegre edilecek uygulamalar küreselleşen dünyada insanların hayat standardını yükseltmek için atılacak her adımla birlikte bu alanlarda yapılacak tüm istatistiksel çalışmalarda ve bu bölgelere sunulacak her hizmette önemli bir veri kaynağı olacaktır.



Şekil 1.1. 3 Boyutlu Şehir Modeli Örneği

Küreselleşme süreci kazananları ve kaybedenleri, fırsatları ve dezavantajları içinde barındıran paradoksal bir süreçtir. Küreselleşmeyle birlikte son dönemin en dikkat çekici konularından biri olan kadastronun üçüncü boyutu hem akademik hem de kurumsal çevrelerce çeşitli boyutlarıyla fazlasıyla tartışılmaktadır. 1990 lı yılların sonlarından itibaren 3B Kadastro kavramı pek çok ülkede tartışılan bir konu olmasına rağmen değişen ve gelişen teknolojiye karşın gerekli sistem kurulamamış ve hiçbir ülke hâlihazırda ülke kadastrolarında 3B Kadastro sistemini hayata geçirememiştir. Teknoloji ile şekillenen bu dünyada sektörün dinamiklerini yakından takip etmek ülkemizin geleceğine yön vermemizi ve küreselleşen dünyada yerimizi almamızı sağlayacaktır. Türkiye'nin de değişen koşullara ve günümüz modern dünyasına uyum sağlaması gerekliliği söz konusudur. Bu gelişmeler ışığında düşüncelerin örgütlenme

biçimlerinin ve bu durumun çıktısı olan işin üretme süreçlerinin, bu işin sonuçlarının sunuş şekillerinin ve arazide yapılan tüm işlemlerin belirtilen altlıklarda çizilmesi işlemlerinin değişmesi gereklidir. Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından ülke genelinde üretilen mekânsal verilerin merkezi bir yapıda birbirleriyle entegre olarak tutulması ve bu bilgilerin mekana bağlı tüm bilgi sistemleri için sunulması hedeflenmektedir. Bu hedef doğrultusunda geliştirilmekte olan 3B Şehir Modelleri Üretimi ve 3B Kadastro Altlıklarının Oluşturulması Projesi hazırlanmaktadır.

Kentleri daha yaşanabilir mekânlara dönüştürmek amacıyla oluşturulan bu yeni proje ülkemiz mevcut şartları da göz önünde bulundurulmak koşulu ve en işlevsel fotogrametrik yöntemlerin de kullanılmasıyla arazinin tüm yasal durumunu göstermek, arazi ile ilgili ihtiyaç duyulabilecek tüm gereksinimleri karşılayabilmek ve araziye ait tüm boyutlardaki bilgileri içererek yönetilebilecek bir yapı oluşturabilmek adına hazırlanmıştır. Oluşturulan bu yapı kapsamında mevcut durum iyi analiz edilmelidir. Projenin tamamlanma süreci içerisinde olası sorunların çözümlerinin en hızlı şekilde sonuca varması için gerekli tedbirlerin alınması sağlanmalıdır. Çalışmaları mevcut veya devam etmekte olan ülkelerin sistemleri irdelenmeli ve şartlar dâhilinde gelişen teknolojiye paralel olarak bu sistemlere entegrasyon sağlanmalıdır. Tüm bu amaçlarla oluşturulan proje tamamlandığında taşınmaza ait veriler bilgi sistemleri ile yönetilebilir hale gelecektir ve bu verilere ait bilgilerin süreç içerisinde sürdürülebilirliği sağlanacaktır.

Bu araştırma ülkemiz kadastrounda yapılan güncellemelerin ve bu güncellemeler yapılırken kullanılan tüm diğer tekniklerle birlikte fotogrametrik yöntemlerin kadastral çalışmalarda kullanımının irdelenmesi açısından önem taşımaktadır. Araştırma sürecinde Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü bünyesinde yapılan 3B Şehir Modelleri Üretimi ve 3B Kadastro Altlıklarının Oluşturulması Projesi ve bu proje kapsamında kullanılan fotogrametrik yöntemler tüm olumlu ve olumsuz yönleriyle değerlendirilecektir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Akçın ve Yüceer 2005 yılında yapmış oldukları çalışmada 3 boyutlu mülkiyetin Türkiye de tapu tescil sistemi olan tapu kütüğüne tescilinin önemine ve gerekliliğine değinmiştir. 3 boyutlu mülkiyet kavramına örnek bir uygulama olması adına Bursa il merkezinde yapmış oldukları çalışma doğrultusunda kent merkezinde bulunan yer altı ticaret merkezinin 3 boyutlu modelini oluşturarak uygulanabilirliği test etmişlerdir. 3 boyutlu tescille birlikte taşınmaza ait dikey boyuttaki bilgilerin varlığıyla yerin altındaki ve yerin üstündeki hak ve mükellefiyetlerin belirleneceği ve aynı zamanda mülkiyete ait haksız tasarrufların önlenebileceği belirlenmiştir. Bu sayede akıllı şehirlerin oluşumunun temellerinin atılacağına değinilmiştir. (Akçın ve Yüceer, 2005)

Kumdakçı 2005 yılındaki çalışmasında; Kadastral amaçlı bilgi sistemlerinde 3 boyutlu modelleme ve görselleştirme tekniklerinin kullanılması üzerine çalışmıştır. Taşınmaz mülkiyetinin görselleştirme teknikleriyle sunularak 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.(Kumdakçı, 2005)

Döner 2007 yılında yaptığı çalışmada enternasyonel düzeyde 3 boyutlu kadastro çalışmalarının var olan durumunu irdelemek adına FIG (Uluslararası Ölçmeciler Birliği) çatısı altında ‘‘3B Kadastrolar’’ çalışma grubunun faaliyetlerini ve faaliyetleri sürdüren grup dâhilindeki ülkelerin çalışmalarını inceleyerek 3 boyutlu kadastro adına yasal ve teknik imkânlar dâhilinde kesişen ihtiyaçların belirlenmesi ve ülkemiz için fizibilite edilebilirliğini değerlendirmiştir. Küreselleşme ile bağlantılı olarak 3 boyutlu kadastroya altlık oluşturacak verilerin kullanıcılarına internet aracılığıyla ulaşması gerekliliğine değinmiş ve 2 boyutlu verilerin 3 boyutlu verilere uyumluluğunun sağlanmasının önemi sonucuna varmıştır. (Döner ve Bıyık, 2007)

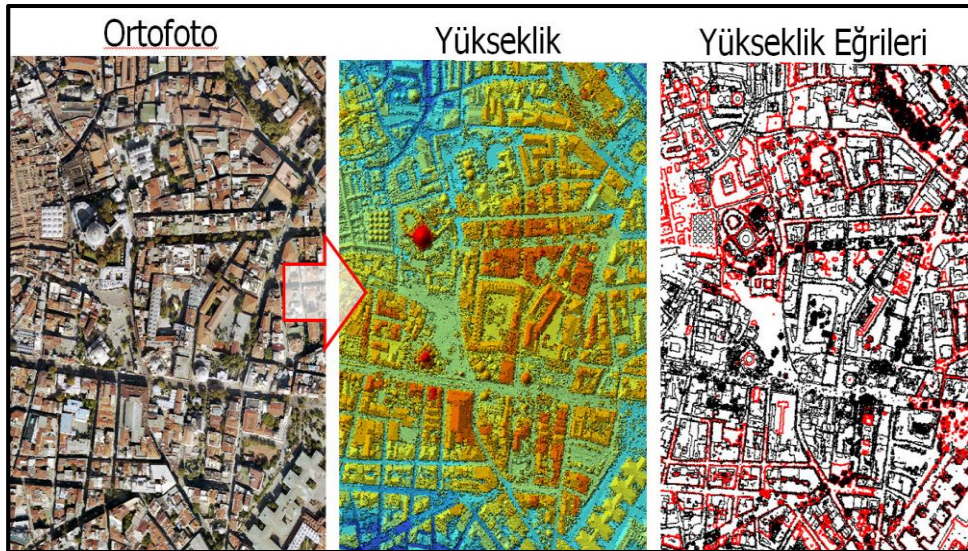
Petra Drobez Mojca ve arkadaşları 2017 yılında ki çalışmalarında özellikle kentsel alanlarda taşınmaz yüzeyinin üstünün ve altının aktif kullanıma sahip olduğunun ancak bu aktif kullanıma rağmen karmaşık 3 boyutlu nesnelere iki boyutlu nesnelere gibi tanımlanamayıp grafiksel gösterimi de desteklenemeyerek tescil edilemediğinden dem vurmuşlardır. Bu duruma örnek olarak Slovenya’da bina tescillerine ilişkin hukuki açıdan mevcut kadastro sisteminin yetersizliği nedeniyle 3 boyutlu gayrimenkul durumlarının, yüzey üzerindeki haklar ve apartman hakları kullanılarak kaydedildiğini

belirtmiştir. 3 boyutlu kadastro kaydının coğrafi veri kümesinin bir parçası olarak teknik yönlerinin iyileştirilmesi gerekliliği önerilmiştir.

İdris Kahraman ve İsmail Rakıp Kardeş'in Üç Boyutlu Kampüs Bilgi Sistemi Tasarımı çalışmalarında bir coğrafi bilgi sistemini internet üzerinden sunmanın öneminden bahsedilmişler ve sunulan bu verilerin sorgulanabilirliğinin 3 boyutlu sistemlerdeki aktif kullanımının azlığından dem vurmışlardır. Çalışmalarında bu sisteme örnek teşkil etmek adına 3 boyutlu bir kampüs sistemi oluşturmayı amaçlamışlar ve bu sayede 3B Bina modellerinin oluşturulması, bu modellerin sayısal arazi modeli ve hava görüntüleri ile karşılaştırılması, söz konusu modellerin bir konumsal-veritabanı ile bütünleştirilerek sorgulanabilir hale getirilmesi, CityGML formatına dönüştürülerek CityServer3D ortamına transferi ve servis edilmesi, vb. söz konusu adımlar üzerinde durmuşlardır. Çalışma sonucunda üretilen 3 boyutlu modellerin konumsal-veritabanı ile bütünleştirilerek sorgulanabilirliğinin önemine 3 boyutlu ağ analizi uygulamalarının da sisteme dahil edilmesiyle ulaşılmıştır.

Ekrem Ayyıldız (2017) Fotogrametri Yöntemiyle Oluşturulan 3 Boyutlu Şehir Modellerinin Kadastral Verilerle İlişkilendirilmesi isimli yüksek lisans çalışmasında 3 boyutlu şehir modellerinden elde edilecek bilgilerin mevcut kadastro bilgilerinin tespitinde ve temsilinde kullanılabilirliğini ve/veya kullanılabilmesi için yapılması gereken ilave çalışmaları belirlemeye çalışmıştır. 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.

Uçar ve Ergün (2004) de fotogrametri ve coğrafi bilgi sistemlerinin ayrılmaz bir bütün olduğunu vurgulamış. Bu bütünlüğün teknoloji ile beraber tamamlanmasını 3 boyutlu şehir modelleri olduğunu ifade ederek 3 boyutlu şehir modellerinin görselleştirilmesini sağlayan; modelleme, kaplama ve animasyon tekniklerini kullanımları ile beraber açıklamışlardır.



Şekil 2.1. Lidar Yüzey Modelleri

Nokta bulutu verisi kullanılarak çeşitli yazılımlar yardımıyla bu noktalardan geçen bir yüzey modeli oluşturulabileceği ve yükseklik bilgisine göre bu modelin renklendirilebileceği cbs akademi tarafından Şekil 2.1. de ki lidar yüzey modellerinin görselinden de anlaşılacağı üzere belirtilmiştir.

Yastıklı 2014 yılındaki çalışmasında; İstanbul'un Beyoğlu ilçesinde fotogrametrik harita ve LİDAR verileri kullanarak 3 boyutlu şehir modeli üretimine ilişkin üretim yapmıştır. Bu çalışma sonucunda üretilen 3 boyutlu şehir modellerinin veri tabanı üzerinden temel CBS sorgulamalarının yapılabilirliğinin yanısıra farklı projeler ve farklı sorgulamaların da geliştirilebileceği sonucuna varılmıştır. Çatı ve yüz modelleme uygulamaları sayesinde şehir modelleri görselliği daha yüksek çözünürlüklü ve daha gerçekçi bir görünüme ulaşmıştır. Oluşan bu şehir modellerinin eb ortamında servis edilerek kullanıcıların aktif olarak yararlanabileceği belirtilmiştir. (Yastikli ve ark., 2014)

Çalışma hazırlanırken konuyla bağlantılı olan ulusal ve uluslararası pek çok makale, yüksek lisans ve doktora tezi incelenmiştir. Tüm bu incelemelerin yanı sıra Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü bünyesinde çalışmaları devam eden 3B Şehir Modelleri Üretimi ve 3B Kadastro Altlıklarının Oluşturulması adlı proje irdelenmiş detaylarıyla çalışmaya yansıtılmıştır. Proje kapsamındaki değerlendirmeler kuruma ait proje talimatları üzerinden yapılmıştır. Ayrıca bu çalışma hukuki açıdan tam bir tabana henüz oturtulmadığı için hukuki kapsamda herhangi bir değerlendirme yapılmamıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Fotogrametri

Fotoğraflar yardımıyla iki ya da üç boyutlu objelerin geometrik ve radyometrik parametreleri hakkında güvenilir bilgi almak adına ölçme tekniği kullanılarak elde edilen verilerin, metrik yorumlanması bilimidir.

3.1.1. Fotogrametrinin Tarihçesi

1836 yılında fotoğraf Fransız bilim insanı Louis Jacques Mendé Daguerre tarafından bulundu. Fotoğrafların keşfinden kısa bir süre sonra fotogrametri bilimi doğmuştur. Aime Laussedat 1851 yılında ilk fotogrametrik araç ve yöntemleri geliştirdi. Alman mimar olan A. Meydenbauer 1858 yılında binaların dokümantasyonu için fotogrametrik teknikleri geliştirdi. 1885 yılında ise ilk kez fotogrametrik yöntem kullanılarak Tarihi Persepolis harabeleri kaydedildi. Theodor Scheimpflug 1897-1898 yılları arasında düşeye çevirme aletini icat edildi. Pulfrich 1901 yılında "Stereokomparator" ve resim çiftlerinden harita üretimini geliştirdi. Theodor Scheimpflug "Perspektograph" isimli ilk optik düşeye çevirme aletini 1903 yılında icat etti ve bu olayla birlikte hava fotogrametrisi çalışmaları başlamış oldu. 1945 yılına kadar fotogrametri bilimine ait çalışmalar analog değerlendirme aletleri ve metrik kameralar aracılığıyla devam etti. 1968 yılına gelindiğinde ise Paris'te düzenlenen konferansta ilk kez fotogrametrinin tarihi eserler üzerinde uygulanması çalışmaları yapılmış oldu. Hava triyagülasyonu, demet dengelemesi gibi daha karmaşık yöntemlerin uygulanmasına ve amatör kameraların kullanılmasına 1957 yılında Helava tarafından kullanılan analitik değerlendirme aletleri ile başlandı. 1980'li yıllara gelindiğinde teknolojik gelişmelerin de getirdiği dijital fotogrametrik yöntem gelişmeye başladı ve her geçen gün hızla sistem adaptasyonu sağlandı. Dijital fotogrametrik değerlendirme sistem ve yöntemlerine 1990 yılında geçildi. Lazer tarayıcılar, LiDAR uygulamaları ve Dijital Hava Kameraların kullanımı 2000'li yıllarda yaygınlaştı.

Fotogrametri bilimi ile ilgili olarak tarihsel gelişim kendini 4 ana hat üzerinden belirlemiştir.

- Plançete fotogrametrisi (1850-1900)
- Analog fotogrametri (1900-1960)

- Analitik fotogrametri (1960- 2000)
- Dijital fotogrametri (2000-Günümüz)

3.1.2. Fotogrametrinin Sınıflandırılması

Fotogrametri kullanılan kamera, ölçüm yapılacak nesnenin uzaklık ve yakınlık durumu, çıktı verilerin türü, değerlendirme yöntemi ve çalışma alanlarına göre çok çeşitli olarak sınıflandırılabilir.

1. Kamera Konumuna Göre Sınıflandırma
 - Yersel Fotogrametri
 - Hava Fotogrametrisi
 - Uydu Fotogrametisi
 - Yakın Resim Fotogrametrisi
2. Değerlendirmede Kullanılan Resim Sayısına Göre Sınıflandırma
 - Tek Resim Fotogrametrisi
 - Çift Resim Değerlendirilmesi
3. Uygulama Alanlarına Göre Sınıflandırma
 - Foto-Yorumlama
 - Metrik Fotogrametri
 - Topografik Fotogrametri
 - Topografik Olmayan Fotogrametri
 - Endüstriyel Fotogrametri
 - Mühendislik Fotogrametrisi
 - Mimari Fotogrametri
4. Objeye Büyüklüğüne Göre Sınıflandırma
 - Mikro Fotogrametri
 - Makro Fotogrametri
5. Değerlendirme Yöntemine Göre Sınıflandırma
 - Grafik Fotogrametri (1850- 1900)
 - Analog Fotogrametri (1900- 1980)
 - Analitik Fotogrametri (1970- 1990)
 - Dijital Fotogrametri (1990-)
 - Fotogrametrik Bilgisayarlarla Görüş (2010-)

- İHA Fotogrametrisi (2011-)

3.2. Arazi Kullanımına İlişkin Kadastro Verilerinin Güvenilirliği ile Bunların Doğrulanması ve Güncellenmesi İçin Metodoloji

26 Haziran 2018 tarihli resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY); Detay Ölçmeleri başlıklı 45-1/a maddesi, “Detay noktaları, elektronik takeometri, GNSS, LİDAR veya diğer teknik ve yöntemler kullanılarak ölçülebilir” ve Detay Ölçme Doğruluğu başlıklı 46-1 maddesi “Detay noktalarının izdüşüm koordinatları ve yükseklikleri, elektronik takeometri, GNSS, LİDAR veya diğer teknik ve yöntemler kullanılarak; yatay konum doğruluğu $(dx^2+dy^2)^{1/2} \pm 7$ cm (dâhil)’den daha iyi ve Helmert ortometrik yükseklik doğruluğu $(dh) \pm 7$ cm (dâhil)’den daha iyi olacak şekilde ölçülecektir” hükmü gereği yapılan ve yapılması planlanan tüm kadastral işlemlerde yeni teknik ve yöntemlerin kullanılmasına olanak sağlamaktadır.

Ülke kadastrounun güvenilirliğini sağlamak adına kadastro yenileme çalışmalarında hava görüntülerinin, ortofotoların ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin uygulanabilirliği sağlanmalıdır. Hızla ilerleyen teknolojiye bağlı olarak gelişen coğrafi bilgi sistemi tekniklerinden uzaktan algılama, uydu görüntüleri ve veri tabanı yönetimi kavramlarının teorik ve pratik anlamlarda aktif kullanımı maliyet etkinliğini sağlamakla birlikte performans ve sürdürülebilirliği artırır. Mevcut kadastro verilerinin güncellenmesi ve kadastro haritalarının üretimindeki verimi artırarak daha fazla ölçüm doğruluğuna sahip verilerin elde edilebilmesi için yeni ölçüm olanaklarının yapılacak çalışmalara entegrasyonunun sağlanması gerekliliği açıktır. Modern jeodezik ve fotogrametrik araçların kullanımı teknik açıdan kullanıcıyı en doğru sonuca ulaştırır. Standart ölçme yöntemleriyle karşılaştırıldığında fotogrametrik ürünlere dayanılarak oluşturulan veriler zaman tasarrufu ve ulaşılması zor alanlarda dahi çalışmaların sürdürülebilirliği açısından önemli bir fark yaratacak şekilde verilerin elde edilmesini sağlar.

Uzaktan algılama yöntemi 1990’lardan bu yana arazi yönetimi ve kadastro güncelleme çalışmalarında aktif bir şekilde kullanılmaktadır. Arazi yönetimi ve kadastro güncelleme çalışmaları için kullanılan uzaktan algılama tekniği teknolojik gelişmelerle bağlantılı olarak önemli ölçüde özellikle yüksek çözünürlüklü ve çoklu spektral görüntü,

havadan görüntüleme teknolojilerinde ve görüntü işleme algoritmaları, internet ve mobil teknolojiler alanında kayda değer bir gelişim sağladı.

Uzaktan algılama yöntemi kullanılarak elde edilen verilerden otomatik bina çıkarma, kadastro doğrulama, modernizasyon ve güncelleme yapma işlemleri zorlu bir araştırma konusu olmakla birlikte binaların görünümündeki oluşabilecek büyük farklılıkların önüne geçilmesi açısından da önem arz etmektedir. Uzaktan algılama yöntemi kullanılarak elde edilen veriler kullanıcıya yalnızca coğrafi konum hakkında bilgi vermez. Aynı zamanda binaların ve ilgili yapay alt yapının bazı özellikleri hakkında da bilgi verir. Bu yöntem kentsel yayılımı izlemek ve kadastro sistemlerinde verileri güncellemek için tartışmasız en önemli veri kaynaklarından biridir.

Uzaktan algılama yöntemiyle bina verilerinin çıkarımındaki hatalar kaçınılmazdır ve algoritmalar, görüntü segmentasyonu sırasındaki yanlışlıkları en aza indirecek şekilde optimize edilir. İnsanlı veya insansız hava araçlarından elde edilen hava fotoğrafları eş zamanlı nesnel bir kanıt olmakla birlikte çıktı veriler açısından da büyük bir bilgi potansiyeline de sahiptir.

3.2.1. Hava Fotogrametrisi

Belirli bir yükseklikte bulunan uçakta ya da genel olarak bir hava aracında bulunan kamera yardımıyla çekilmiş fotoğraflarla, yersel çekim teknikleri aracılığıyla ulaşılamayan geniş alanların kolaylıkla haritalanabildiği özel haritalama yöntemi, hava fotogrametrisi olarak tanımlanabilir.

Hava fotogrametrisinde; hava kameraları ile resim çekilen cisim, kameraya çok uzak olduğu için görüntü odak düzleminde oluşur. Metrik kameraların kullanıldığı, hareketli fotoğraf çekilebilen bir tekniktir. Çalışma yapılacak alan için enine ve boyuna bindirme ile kaplama yapılabilir. Özellikle makro çalışma alanlarında topografik ve tematik haritaların üretimiyle her türlü ihtiyaca karşılık verebilen standart bir harita yapım metodudur. Hava fotogrametrisinde görüntü ölçeğinin sabit kabul edilebilir olması maliyet kazancını da beraberinde getirmektedir.

Belli bir disipline haiz bu yöntemin işlerliğini arttırabilmek için çalışma anında bu disiplinin sürekliliği sağlanmalıdır. Çalışma prensibi gereği bir takım aşamalardan geçen süreçte öncelikle hava fotoğrafı elde edilecek alana ait uçuş planının üretilecek harita ölçeğine göre hazırlanması gereklidir. Hazırlanan bu uçuş planında görüntü ölçeği, kolonların yönü, uçuş anındaki rüzgâr, bindirme oranları ve kamera tipi önemlidir. Görüntü alımının gerçekleştiği anda hava bulutsuz ve güneşli olmalıdır.

Mevsimplere göre güneş açısının 30° büyük olduğu saatlerde uçuşlar gerçekleştirilmelidir. Havadan görüntü alımı BÖHNBÜY’de “Fotoğraf 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 fotoğraf çekimi yapılabilir. Fotoğraf çekimi arasında güneşin yükseklik açısı 30° den daha büyük olmalıdır. Uçuşların plânlanan biçimde gerçekleştirilmesi için GPS denetimli, uçuş sisteminden de yararlanır. Fotoğraf çekim noktalarının plânlanan durumdan olan farkları fotoğraf ölçeğinde 2 cm’yi geçmemelidir. Kamera ekseninin düşey doğrultudan sapmaları da 5 gradı geçmemelidir.” açıklaması baz alınarak çalışmalar sürdürülmelidir. Yer kontrol noktaları arazi üzerinde uçuş planı doğrultusunda tesis edilir. Bu sayede fotogrametrik çalışmaların doğruluğu artırılabilir. Yüksek hassasiyete sahip geleneksel jeodezik yöntemlerle yer kontrol noktalarının ölçümü yapılır. Hava üçgenlemesi için kullanılacak yer kontrol noktalarının dağılımı ve sıklığı hava nirengisine göre seçilmelidir. Tüm aşamaların ardından çalışma alanına ait elde edilen hava görüntüleri yüksek konumsal doğrulukta veri üretilmesini sağlar.

3.2.2. Yakın Resim Fotogrametrisi

Yakın resim fotogrametrisi cismin kameraya olan uzaklığıyla bağlantılı olarak belirlenir. Resmi çekilecek olan cismin kameraya olan uzaklığı 300 metreden az olduğu durumlarda kullanılan fotogrametri tekniği, yakın resim fotogrametrisi olarak adlandırılırlar.

Yakın resim fotogrametrisi, makine ile resmi çekilecek cisim arasındaki uzaklığa bağlı olarak sınıflandırılır. Bu bağlamda 0,1 m.’den daha az çekim uzaklığı olan uygulamalarda mikro fotogrametri, 0,1 m.’den daha fazla çekim uzaklığı olan uygulamalar ise makro fotogrametri olarak adlandırılır. Mikro fotogrametride alt sınır ve makro fotogrametrideki üst sınır, teknolojik gelişmelerle ilintili resim çekme makinelerindeki yeniliklerden ötürü ve uygulama alanına bağlı olarak net olarak belirlenemezler.

Yakın resim fotogrametrisinin geçmişi fotogrametri tarihine kadar dayanmaktadır. Geçen bu süre ile birlikte uygulanan tekniklerdeki gelişmelere de paralel olarak pek çok uygulama alanı bulan yakın resim fotogrametrisi, varlığını hem resimde artan bir donanımla hem de üretilen verilerin kalitesiyle sürdürmüştür.

Başlangıcı fotogrametrinin çıkışı ile eşdeğer olan yakın resim fotogrametrisi gelişerek birçok alanda uygulamaya başlanmıştır. Yakın resim fotogrametrisinde uygulanan teknikler, hem resim çekim donanımına hem de elde edilen verilerin değerlendirme yöntemlerine bağlıdır. Tarihsel sıra da göz önünde tutularak bu teknikler aşağıdaki gibi sıralanabilir (Armin,G.):

- Fototeodolitler dahil olmak üzere tek resim çekme makinelerinin kullanılması,
- Stereometrik resim çekme makineleri ile elde edilen resimlerin analog değerlendirme aletlerinde değerlendirilmesi,
- Metrik resim çekme makineleri ile elde edilen verilerin analitik yöntemlerle değerlendirilmesi,
- Metrik olmayan resim çekme makineleri ve elde edilen verilerin analitik yöntemlerle değerlendirilmesi,
- Metrik ve metrik olmayan resim çekme makinelerin yarı analitik yöntemlerle birlikte kullanılması,
- Metrik ve metrik olmayan digital kameralar ve elde edilen verilerin digital yöntemlerle değerlendirilmesi,

şeklinde sıralanabilir

3.2.3. Eğik Resim Fotogrametrisi

Sürekli var olan değişime paralel olarak gelişen yazılım ve donanım kapasitelerinin gün geçtikçe artması durumu, fotogramteri alanında da fazlasıyla kullanım alanına sahip olan tek düşey algılayıcılı hava kamerasına alternatif olarak eğik fotogramterik yöntemin daha etkin bir şekilde kullanılmasına neden olmaktadır. Çok çeşitli algılayıcılardan üretilen veriler, kullanıcıya kapasitesi geniş çıktı ürünlerin elde edilme imkânını daha düşük maliyetli olarak sağlamaktadır. Değişik açılardaki birden çok kameranın eş zamanlı çekimini sağlayan eğik fotogramterik yöntem aracılığıyla yapılan çalışmalar sonucunda bina cephelerine ait verilerin detaylı bir şekilde ve yüksek hassasiyetle elde edildiği açıktır.

Fotogramteride eğiklik açısı fotoğraf çekim merkezinin düşeyle yaptığı açı olarak tanımlanır. Eğiklik açısı 5° den büyük olarak alınmış fotoğraflar eğik fotoğraflar olarak tanımlanmaktadır. Düşey olarak çekilen hava fotoğraflarında yaklaşık fotoğraf ölçeği mevcuttur. Öte yandan eğik fotoğraflarda yaklaşık bir fotoğraf ölçeğinden söz

etmek mümkün değildir. Eğik fotoğraflarda, fotoğraf ölçeği dik uzaklığa ve objenin konumuna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. (Kılıç, 2014).

İlerleyen teknoloji ile beraber hava fotogrametrisi yaygın olarak kullanılmaktadır. Hava fotogrametrisi hava uçakları yardımıyla belirli yüksekliklerden çekilen fotoğraflar yardımıyla her türlü harita üretimine olanak sağlamaktadır. Sadece harita üretiminde değil arazi hakkında bilgi sahibi olunmak istenen her konuda fotogrametriden yararlanılabilmektedir (Toprak 2014).

Kullanım alanı oldukça yaygınlaşan yüksek çözünürlüklü eğik görüntülerle birlikte düşey görüntülerinde kullanıldığı ve 3 boyutlu kent modellerinin üretilmesinde altlık oluşturan yöntem olan eğik fotogrametrik yöntem ile coğrafi verilerin ve ihtiyaç duyulan her türlü konumsal bilgilerin üretimi çok daha sağlıklı, anlaşılır ve güvenilir bir şekilde elde edilebilmektedir. İmar planları, kentsel dönüşüm çalışmaları, vergi uygulamaları, kaçak yapıların tespiti, yol projeleri gibi mühendislik bilgisine sahip pek çok çalışmada eğik fotogrametrik yöntem kullanılarak doğruluğu yüksek zengin görselleştirmeye sahip 3 boyutlu kent modelleri üretilebilir.

3.2.4. İnsansız Hava Aracı Fotogrametrisi

Fotogrametrik harita üretimi yönteminde havadan görüntü alımı tekniği, teknolojiyle ilintili olarak alternatif yolları kullanım alanına yansıtılmıştır. İnsansız hava aracı teknolojisi etkin bir yöntem olarak bu amaçla kullanıcısının karşısına çıkmaktadır.

İnsansız hava aracı fotogrametrisi tekniği; özerk ya da manuel olarak kontrolü sağlanan ve içerisinde insan bulunmayan hava aracına uyumlaştırılması sağlanmış bir kamera yardımıyla çekilmiş fotoğraflar kullanılarak yapılan fotogrametri tekniğidir. İHA'lar otomatik veya uzaktan kumanda sistemi ile havalanan aerodinamik uçuş prensiplerine göre aralıksız uçabilme özelliğine sahip uçuş ekibi olmadan hareket eden araçlar olarak adlandırılmaktadırlar. Kullanıcısına zorlu çalışma şartlarında dâhil büyük kolaylık sağlayan insansız hava aracı olarak adlandırılan bu teknik, kontrolü uzaktan sağlanan insan tabanlı makine bilgisini pilotsuz olarak sunan bir yöntemdir. İHA 'lar kullanılarak elde edilen görüntüler mülkiyet sınırlarını tanımlamak için yeni bir yaklaşım sağlamaktadır.

İnsansız hava aracı fotogrametrisi, ilerleyen görüntü işleme teknikleriyle birlikte mimarlık çalışmaları, arkeolojik çalışmalar ve tarihi eserlerin 3 boyutlu modelleme çalışmalarında tercih edilebilir noktaya ulaşmıştır. Yeni tip insansız hava araçlarına uyumlaştırılan Global Position System (GPS) ile birlikte çekilen resimlerin enlem,

boylam ve yükseklik bilgilerinin olması bu sistemin tercih edilebilirliği ve kullanılabilirliğinin göstergesidir. Aynı zamanda hem GPS modülünün olması hem de insansız hava araçları ile otomatik resim çekilebilmesi distorsiyonun önemli derecede indirgenmesine katkısı söz konusudur. Tüm bunlarla beraber insansız hava araçlarının alçak yükseklikten uçuş özelliği ve iyileştirilmiş teknik görüntüleme sistemleri ile elde edilen çıktı ürünleri, uydu görüntüleri ve insanlı hava uçaklarından elde edilen çıktı ürünlerinden çok daha fazla yüksek çözünürlüğe sahip olmakla birlikte daha detaylı bilgiler de içermektedir.

İnsansız hava araçları ilk olarak askeri uygulama alanlarında kullanım bulmuştur. Geçen zamanla pek çok alanda varlığını sürdüren İHA'ların kullanım alanlarına, hassas tarım, ormancılık, yangın izleme, kültürel miras ve arkeoloji, trafik izleme, çevresel araştırma, üç boyutlu rekonstrüksiyon gibi alanlar örnek olarak gösterilebilir.

İnsansız hava araçları (İHA), dijital yüzey modelleri (DSM), ortogörüntüler ve nokta bulutları dahil olmak üzere yüksek çözünürlüklü veriler için hızlı, düşük maliyetli ve esnek bir veri toplama sistemi sağladığı için uzaktan algılamada giderek daha fazla popülerlik kazanmıştır. Arazi kullanımı kapsamında ilgili talepler doğrultusunda, uygun bir teknolojiye sahip insansız hava araçları kullanılarak oluşturulacak veriler daha yüksek çözünürlükte ve doğrulukta elde edilirler. Oluşturulan yüksek çözünürlüklü ortofoto haritalar arazi konfigürasyonundan bağımsız olarak arazi kullanım alanlarının konturlarını hassas bir şekilde tanımlamayı ve yazılı verilerin doğruluğunu sağlar.

İHA'ların gerçek zamanlı yükseklik ile topografik haritalama için kusursuz potansiyele sahip olduğu açıktır. Harita üretimde insansız hava araçları (İHA) kullanılarak elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntüler dünyanın rölyef özelliklerini daha düşük maliyetle ve zaman ile en doğru şekilde orantılı çizme potansiyeline sahip esnek verilerdir. Bu fotogrametrik yöntem kullanılarak elde edilen görüntüler ihtiyaç duyulan yeni arazi sisteminin oluşturulmasında sıradanlıktan uzak bir yaklaşım sağlamakla beraber tam potansiyelli olarak kullanılan kadastro sınırlarını görsel olarak tespit eden ve manuel olarak dijitalleştirebilen verilerdir. İHA'ların varlığıyla dijital fotogrametri ve hava fotogrametrisi birleştirilerek doğruluğu yüksek havadan fotoğraf üretimi kolaylaştırılmıştır.

İHA'lar için uygulama alanı olan kadastro haritaları arazinin içeriğini, değerini ve mülkiyetini göstermekle birlikte arazi haklarının sürekli ve sürdürülebilir bir şekilde kaydedilmesi için de önem taşımaktadır. İHA verileri, çoğunlukla görünür kadastro

sınırlarının manuel olarak tanımlanması yoluyla kadastro haritaları oluşturmak ve güncellemek için kullanılır.

İnsansız hava araçları (İHA) geniş alanlarda yapılacak çalışmalarda var olan değişikliklerin kapsamlı saha denetimlerine gerek kalmadan hızlı bir şekilde tespit edilmesini sağlar. Aynı zamanda 3 boyutlu kadastro altlıklarını oluşturmak için eğik görüntülerden oluşan verilerin elde edilmesi imkânına haizdir. Ancak insansız hava aracı teknolojisi her geçen gün hızlı bir gelişim içerisinde olmasına rağmen hala operatöre bağımlı bir şekilde varlığını sürdürmektedir. Operatörle temasın kesilmesi halinde İHA görevi sırasında başarısızlık riski mevcuttur. İHA kullanımı yasal düzenlemelere tabi olmakla birlikte çalışmanın yapılacağı güne ait hava koşullarına da bağlıdır. Ayrıca büyük boyutlu arazilerde ve yükseklik farkının çok fazla olduğu alanlarda İHA' ların görev yapması çok daha zordur.

İHA sistemlerinin fotogrametri alanında kullanılmasının avantajları

- Olumsuz hava koşullarından daha az etkilenmesi,
 - Erişimi zor olan riskli bölgelere erişimin daha kolay olması,
 - Kullanım kolaylığı,
 - Düşük yatırım ve işletim maliyetine sahip olması,
 - Ölçeklendirilebilen çıktı ürününde yüksek konum doğruluğu elde edebilme,
- olarak sıralanabilir.

3.3. Kadastro Kavramı ve İçeriği

Kadastro; “ülke koordinat sistemine göre memleketin kadastral veya topoğrafik kadastral haritasına dayalı olarak taşınmaz malların sınırlarını arazi ve harita üzerinde belirterek hukuki durumlarını tespit etmek suretiyle, 4721 sayılı Türk Medeni Kanununun ön gördüğü tapu sicilini kurmak ve konumsal bilgi sisteminin alt yapısı oluşturmaktır” şeklinde tanımlanmaktadır (3402 sayılı Kadastro Kanunu 1987, 5304 sayılı Kadastro Kanununda Değişiklik Yapılması Hk. Kanun 2005).

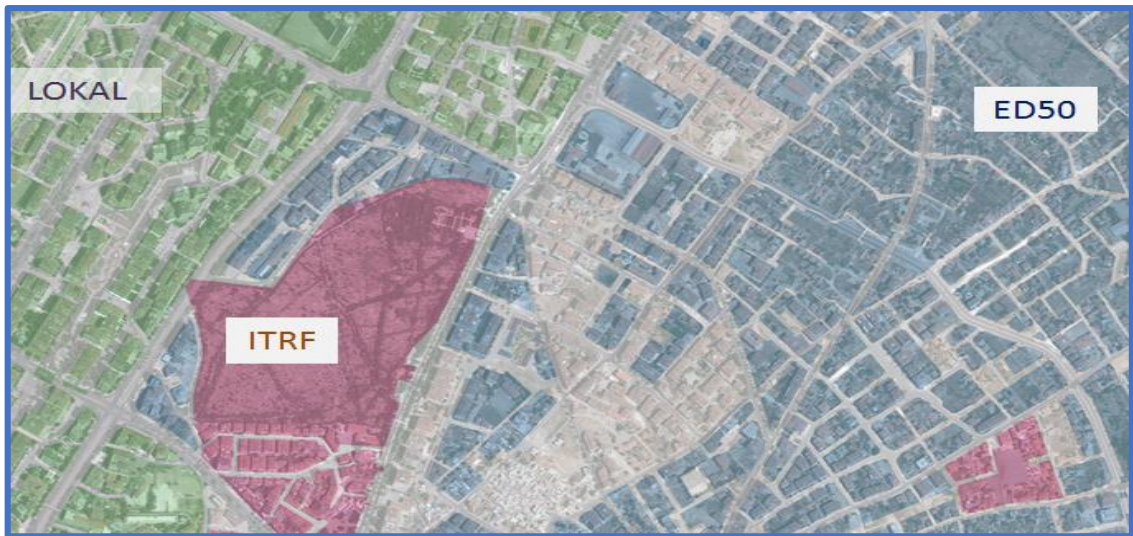
Kadastro, genel anlamda taşınmazların teknik ve hukuki yönden kayıt altına alınmasıdır. Bununla birlikte kentsel alan düzenlemesi, toprağa dayalı üretim faaliyetleri ve mekâna bağlı tüm ticaret, sanayi, tarım ile hizmet sektöründeki projelerin planlanması ve hayata geçirilmesinde büyük önem arz etmektedir. Günümüzde kadastro sürdürülebilir kalkınmanın önemli bir bileşeni olarak görülmektedir (Çağatay, 2011).

Uluslararası literatürde de birçok kadastro tanımı bulunmaktadır. Bunun nedeni ise kadastrya ilişkin kapsamlı ve özlü bir tanımın yapılmasının mümkün olmamasıdır. Tanımlar ülkelerin araziye bakış açılarına göre farklılıklar göstermektedir. Örneğin Dale ve McLaughlin (1988) ve (1999)’a göre kadastro; “Hukuki anlamda, arazi parsellerinin sahiplik kaydı, mali açıdan taşınmazların değerinin kaydedildiği bir kayıt, çok amaçlı bakış açısıyla ise parsellerin özniteliklerinin kaydıdır”. Larsson (1991) ise kadastryu; “belli bir alandaki arazi birimlerinin sistematik tanımlaması” olarak ifade etmektedir. FIG (1995)’te kadastro; “araziyle ilgili hak, kısıtlama ve sorumlulukların kaydını içeren parsel tabanlı güncel bir arazi bilgi sistemi” olarak tanımlanmıştır.

Kadastryu tanımlamak adına buna benzer pek çok tanımlama yapılabilir. Ancak yapılan tanımlamalardan da fark edildiği üzere buradaki en önemli husus gelişen ve değişen teknolojiye de paralel olarak önemli bir ihtiyaç haline dönüşen bilgi sistemi yaklaşımıdır.

Dünyada taşınmaz mülkiyetinin kayıt altına alınması esas olarak iki şekilde yapılmaktadır ve her iki sistem de 2 boyutludur. Bunlardan birincisi arazi tescili (land recording), ikincisi ise arazi kaydıdır (land registration) (Yomralıoğlu vd. 2003).

Arazi tescili kavramı ülkemizde ve birçok Avrupa ülkesinde uygulanmakta olan, kanunlarla desteklenen ve tapuların kadastral haritalar ile ilişkilendirilerek taşınmaz mülkiyetini güvence altına aldığı bir kadastro sistemidir. Arazi kaydı ise, batı Avrupa ülkeleri ve onların kolonilerinde, Amerika Birleşik Devletleri ve İspanyol/Portekiz yasalarına göre idare edilen Latin Amerika ülkelerinde uygulanan, taşınmazın kadastrasının zorunlu olmadığı ve noterler aracılığı ile sözleşme veya senetler ile taşınmazın mülkiyetinin belirlendiği sistemdir (Yomralıoğlu vd. 2003, Stoter, 2004).



Şekil 3.1. Ülkemizde Kullanılan Dönüşüm Parametreleri

Her ülke kendi konumsal bilgilerini saklamak ve saklanan bu konumsal bilgileri kullanabilmek adına bir datum belirlemiştir. Belirlenen bu datum sayesinde ülke jeodezik verileri bir altlık üzerinde planlanmıştır. Ülkemiz dönüşüm parametrelerinin bulunduğu Şekil 3.1. görselinden de de anlaşılacağı üzere GPS alıcısıyla elde edilen ITRF96 datumu Avrupa datumu olan ED50 dönüşümü ülkemiz kadastrounda varlığını sürdürmektedir.

Mevcut kadastro sistemi ülkemizde ve diğer dünya devletlerinin çoğunda iki boyutlu parseli temel alan sistem üzerinde kurulu olan mülkiyet kadastrodur. Bu durumla bağlantılı olarak konumsal bilgi sisteminin alt yapısı da iki boyutlu sistem üzerinden çalışmaktadır ve araziye ait tüm kayıtlar var olan sistemin yansımasıdır.

3.3.1. İnsan Toprak İlişkisi

İnsan, toprağı kendi amaçları için kullanmayı düşünebildiği zamandan bu yana, ona ilişkin gerekli bilgileri elde etmeye çabalamıştır. Bu bilgilerin niteliği de toprağı kullanım amacına göre değişmiştir. Diğer bir deyişle, toprağına bakış, bilgilerin saptanması sürecinde etkili olmuştur. Kadastro, toprağına ilişkin bilgilerin saptanmasının bir aracı olarak, bu ilişkiler çerçevesinde gelişme göstermiştir. Bu nedenle “kadastronun gelişimi ve değişimi, toprağın kullanılmasındaki amaca bağlıdır ” saptaması rahatlıkla yapılabilir (Köktürk 1986).

Toprak çok değişik biçimlerde kullanılmıştır ve kullanılmaya da devam edilecektir. Bu çeşitliliğe bağlı olarak da, kadastroların gelişmelerinde en önemli noktalardan biri, iki boyutlu kadastrodan üç boyutlu kadastro kavramına doğru geçiştir. Taşınmazlara ait bilgilerin toplandığı, saklandığı ve bu bilgilerin araştırma, planlama ve projelendirme çalışmalarında temel altlık olarak kullanıldığı kadastro, ülkelerin sosyoekonomik kalkınmaları için gerekli enerji ve mülkiyet kaynakların kullanıma sunan önemli bir unsurdur. İnsan arazi ilişkileri toplumsal gelişmelerdeki genel eğilimlere bağlı olarak dinamik bir yapıda olup sürekli değişim göstermektedir. Dolayısıyla insanoğlu, toprak ve mülkiyet ilişkilerini düzenleyen, kalkınmanın temeli yatırım projelerinin altlığını oluşturan kadastro, tarih boyunca ülkelerin öncelikli çözmesi gereken konular arasında yer almakla birlikte önemli bir kamu hizmeti olarak da görülmüştür. Buna bağlı olarak zaman içerisinde toplumsal gelişme eğilimlerini destekleyen kadastral sistemler de değişmekte ve gelişmektedir. Son yıllarda arazi nadir bir toplumsal kaynak olarak kabul edilmektedir. Nitekim kadastral sistemlerin rolü de

mülkiyet hakları, değer, vergilendirme, planlama ve arazi kullanımı gibi kapsamlı bilgi ihtiyacı servisi yapmak için gelişmiştir (Enemark, 2015).

İnsanoğlu artık toprağı daha verimli kullanabilmek için altını ve üstünü daha yararlanılabilir kullanmak istemektedir. Bu doğrultuda yeraltına depolar, metrolar, alışveriş merkezleri ve tüneller yaparak toprağın kullanım alanı genişlerken; buna paralel olarak da çok katlı apartman daireleri, dikeyde yükselen yapılar üç boyutlu kadastro ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Ancak dikey mülkiyet uygulamalarının iki boyutlu kadastro haritalarında tam ve doğru olarak ifade edilmesi zordur. Günün şartları gereğı, kurumsal ve soruna özel ara çözümler bulunarak “gün” kurtarılmıştır. Üçüncü boyutun ifade edilmesi sorunu artık bilim adamları ve hukukçular arasında tartışılmakta; ülkemizde olduğu gibi devlet güvencesi altında olan mülkiyet hakkını, hukuk ve kadastro açısından üçüncü boyutta uygulanabilir hale getirmeye çalışılmaktadır. Günümüzde kat mülkiyeti kurulmuş binalarda hatalı satışların gerçekleştiğı, bağımsız bölüm numaraları ile satılan daireler arasında farklılıklar olduğu bilinmektedir. Alıcı, (devlet güvencesi altındaki kadastral) harita üzerinde aldığı daireyi göremediğinden bu problemler ile karşılaşmaktadır. Son yayınlanan "Tapu Planları Tüzüğü" ile bağımsız bölüm planı kelimesi mevzuata girmiş bulunmaktadır (Aydın, 2008).

Devletin vazgeçemeyeceğı temel prensiplerinin başında arazi gelmektedir. Bir ülkede arazi sistemi sorunsuz işliyorsa ülke vatandaşları yaşadıkları güven duygusundan kaynaklı huzur ortamı içerisinde hayatlarını sürdürürler. Ancak arazi sisteminde oluşacak olası bir bozukluk durumu hem bireysel hem de kitlesel huzursuzluğu da beraberinde getirecektir. Ülkemizde yeni bir arazi politikası oluşturulmakta ve oluşan bu politikanın etkin bir şekilde irade gösterebilmesi amacıyla çok amaçlı kadastro verileri toplanmaktadır. Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü eliyle yürütülen bu sistemde ulusal düzeyde üretilen mekânsal verilerin merkezi bir yapıda birbirleri ile bağlantılı bir şekilde tutulması ve bu bilgilerin mekâna bağı tüm bilgi sistemleri için sunulması sağlanmaktadır.

3.4. Ülkemizdeki Mevcut Sistem ve 3 Boyutlu Kadastroya Duyulan Gereksinim

Mülkiyet verilerinin güncelliğı sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması adına büyük önem taşımaktadır. Kadastral sistemlerin içeriğinin genişletilmesiyle birlikte taşınmaz mal mülkiyet verilerini sadece güvence altına alan sistemden çıkması ve işlerlik kazandırılabilmesi durumu bu sistemin arazi bilgi sistemine dönüşmesi

ihtiyacını doğurmuştur. Türkiye kadastrondaki durum ise tamamlanmış olan kadastro verileri için sadece kadastral verilerin sayısal formatta üretiminin yapılması şeklindedir.

Ülkemiz kadastro sistemi irdelendiğinde geleneksel kadastro olarak adlandırılan iki boyutlu kadastro sisteminin aktif olarak kullanımı gözlemlenmektedir. Bu sistemde taşınmaz mal mülkiyetine ait tüm hak, kısıtlama ve sorumluluklar çoğunlukla üst üste binmektedir. Geleneksel kadastro sistemi olan iki boyutlu kadastro sistemi pek çok durumda taşınmazı her yönüyle tanımlamak adına yetersiz kalmaktadır. Bu yetersizlik nüfusun hızla artması sonucunda arazinin düşey boyutunun da yoğun olarak kullanılması gereken kentsel alanlarda kendini daha belirgin olarak göstermektedir.

Kentleşmenin düşey yönde olduğu alanlarda mülkiyetin kayıt altına alınmasında kompleks bir yapı mevcuttur. Modern kadastrodan beklenen ise kamu hak ve kısıtlamaları dâhil olmak üzere taşınmaz mal mülkiyetini tüm hukuki boyutuyla göstermesidir. Türkiye mevcut kadastro olan 2 boyutlu kadastro ise ortaya çıkan bazı durumları ifade yükümlülüğünde yetersizliği görülmektedir. Halihazırda kullanımda olan 2 boyutlu kadastro pek çok ihtiyacı karşıladığı düşünülerek 3 boyutlu kadastroyu tam anlamıyla mevcut kadastro dışında tutmamak gereklidir.

Taşınmaz mülkiyetinin tescilinin esası ülkemizde yüzeyde bulunan iki boyutlu kadastro parselleri aracılığıyla sağlanması dolayısıyla taşınmazın yüzeyinin altındaki veya üstündeki kullanıma ilişkin hukuki durumunu gösteren veriler yalnızca yüzeyde bulunan parseller kanalıyla değerlendirilebilmektedir. Bu değerlendirmenin yapılabilmesi için ilk etapta 3 boyutlu nesneyle kesişen parseller belirlenmelidir. Ancak 3 boyutlu kullanım durumları için bugüne kadar herhangi bir standart belirlenmemiştir. 3 boyutlu nesne ülkemiz kadastrounda var olmadığı için sorgulaması da yapılamamaktadır. Ayrıca bazı tapu kayıtları incelendiğinde parsel yüzeyinin altında ve üstünde 3 boyutlu kullanıma dair bilgilendirici bir ifadenin bulunmadığı ve tapu kayıtlarının tutulduğu veri tabanında arazi yüzeyinin altında veya üstünde konumlanmış bir nesnenin etkilenen tüm parselleri sorgulayan bir uygulama da olmadığı gözlemlenmiştir. Yalnızca irtifak hakkı veya üst hakkı gibi sınırlı aynı haklarla etkilenen parseller üzerinde taşınmazın parsel içerisinde denk gelen yeri gösteren 2 boyutlu krokilerin kağıt ortamında mevcut olduğu ancak bu çizimlerin sayısal kadastro verilerinin bir parçası olmadıklarından tam anlamıyla konumsal sorgulama olarak adlandırılmadığı belirlenmiştir. Bu sebeptendir ki uluslararası deneyimler doğrultusunda ve ülkemizin de sahip olduğu imkânlar dâhilinde var olan problemlere cevap vermek adına 3 boyutlu kadastro ihtiyacı söz konusudur.

3B Kadastroya duyulan temel gereksinimleri Stoter (2004) aşağıdaki gibi özetlemektedir:

- 3B hakların tam bir kaydına sahip olmak gerekir.
- 3B konumsal bilgiyi içeren çok katmanlı mülkiyetlerin yasal durumuna kolayca erişilebilirse 3B Kadastro daha etkili olur.
- 3B kayıt, 3B haklar üzerindeki bilgiyi, sınırlı ayni hakları ve yasal bildirimleri kapsar ve 3B bilginin var olan kadastral konumsal veri kümesi ile birleştirilmesine izin verir. 3B kayıt sayesinde 3B mülkiyet birimi 3B olarak sorgulanabilir ve aynı şekilde bir parsel var olan sistemde sorgulanabilir.
- 3B Kadastro, 3B mülkiyet durumlarının üzerindeki sayısal bilgileri birleştirir. Mevcut sistemde, analog çizimler tapulara eklenerek 3. boyut hakkında bilgi verirler. Bu çizimler taranarak sayısal ortama eklenebilir. Ancak, kurumlar arasında etkileşimli çalışabilmesi için bu çizimlerin grafik olarak ülke koordinat sistemine bağlanması gerekmektedir.
- Eğer 3B kayıt olanaklı olursa, 3B mülkiyet durumlarına ait parçaların kaydı, konumsal bilgileri de tapularda yer alabilir. Bu sayede bilgilere hızlı bir şekilde erişilebilir.
- 3B kayıtlar diğer kayıtlar ile etkileşimli olarak çalışabilmelidir. Altyapı nesnelere ilişkin konumsal veriler kadastro içinde yer alırsa bu veriler kadastro amaçlı kullanılabilir. Altyapı kurumları/kuruluşları da bu verilerden yapılarının güzergâhları konusunda kesin bilgilere ulaşabilecek ve tesisleri ile kesişmeyen parsellere yasal olarak kamulaştırma bedeli ödemekle yükümlü olmayacaklardır. Ayrıca kadastral veri tabanı ile diğer yeraltı tesisleri için oluşturulan veri tabanları birbirlerine bağlanarak bu hatların tescili yapılmış olacaktır.

Yukarıda anlatılan gereksinimlerden yola çıkarak 3B kadastronun işlevselliğini artırmak için (Stoter 2004):

- Haklar üzerindeki 3B bilgiye ve 3B bilginin kaydına erişim kolay olmalıdır.
- Kadastroya konu olan nesnelere ait diğer veri tabanları ile bağlantı kurulabilmeli (altyapı nesnelere vb) ve birleştirilmelidir. Bunun için iyi tasarlanmış bir ulusal konumsal veri altyapısı gerekir.
- Tescile konu olan nesnelere ait bilgiler güncellenebilmelidir. Örneğin, hataların bulunup düzeltilmesi veya 3B mülkiyet durumlarının yasal durumları görüntülenebilmelidir.

Modern dünyada insanların hayat standartlarını daha yaşanabilir ve daha kaliteli hale getirebilmek adına pek çok mühendislik projesi geliştirilmekte ve bu projelerinin sayısı gün geçtikçe artış göstermektedir. Ancak proje sahası içerisindeki arazinin düşey boyutuyla ilgili bilgi eksikliği kritik sorunlara neden olabilmektedir. Kadastro arazinin derinlik ve yükseklik boyutuna ilişkin bilgileri yeterli ölçüde sunmadığı sürece olası sorunların önüne geçilmesi mümkün görünmemektedir.

Üç boyutlu kadastro, daha sonra yapılacak olan arazi planlama, kent planlama, çevre koruma, kriz ve afet yönetimi vb. kadastro haricindeki çalışmalarda gerekli alt yapıyı ve teknik desteği sağlayacaktır. Arazinin düşey boyutuyla ilgili veri eksikliği son derece ciddi problemlere neden olabilmektedir. Bu problemlerin sayısı özellikle son yıllarda metroların, tünellerin, su ve elektrik şebekelerinin yenilenmesi gibi mühendislik projelerinin sayısındaki artışa paralel olarak artma eğilimindedir. Ülkemizde yaşanan bir olay bu veri eksikliğine en iyi örneği oluşturmaktadır. 11 Ağustos 2006 tarihinde İstanbul Mecidiyeköy'de bir parselde sondaj çalışması yapan firma 30 metre derinliğe ulaştığında metro hattının 60 cm kalınlığındaki güvenlik duvarını delmiştir. Kazanın hemen ardından Belediye'nin kurduğu kriz masasından yapılan açıklamada kadastro parselleri altından geçen metro hattını gösteren bir plan veya haritanın bulunmadığı açıklanmıştır. İki taşıyıcının zarar gördüğü metroda 100 bin Euro değerinde hasar meydana gelmiştir (Aydın, 2008).

Kalkınma süreci içerisinde olan ülkelerin taşınmaz mallarını sermaye olarak güven ortamı içerisinde kullanması ve değerlendirmesi gereklidir. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde sermayenin, uluslararası finans merkezlerinden sağlanması yerine ülkenin kendi taşınmaz mallarını ekonomiye sermaye girdisi olarak kazandırmaları doğru ve güvenilir kadastro ile olanaklıdır. Taşınmazların tasarruf şekli ve taşınmaz alanı belirlendiği takdirde taşınmazın değeri net olarak belirlenecektir ve vergilendirmesi de bu ölçüde yapılacaktır. Bu sayede hatalı uygulamaların ve satışların önüne de geçilmiş olacaktır.

Üç boyutlu bir bilgi sisteminin asıl görevlerinden biri üç boyutlu konumsal sorgulama yapabilmesidir. Coğrafi bilgi sistemleri, konuma bağlı mevcut bilgilerin istenen mantıksal yapıda sorgulanmasına imkan sağladığı gibi, değişik amaçlı ve farklı özellik gösteren yeni bilgilerin türetilmesine de imkan verir. Taşınmazların üç boyutlu şekilde (hukuki görselleştirilebilmesinin) ekonomiye daha çok katkıları olacaktır. Kullanım şekli ve miktarı kesin olarak belirleneceğinden vergisi ve değeri tam olarak tespit ve tahsil edilecektir. Örneğin, tarla vasıflı bir taşınmazın altına yapılan deponun

satış bedeli mevzuata göre tarla üzerinden hesaplanacağından; hatalı uygulamalar ve satışların da önüne geçilecektir. Teknik gelişmelere ve bilgisayar teknolojisine bağlı olarak oluşturulacak modellere ve veri tabanlarına göre uygulanabilirliği en uygun olarak kabul edilen ve 'karma çözüm' adı verilen "iki boyutlu kadastr haritaları üzerine üç boyutlu objelerin yerleştirilerek kullanıldığı sistem" ile bir an önce üç boyutlu kadastraya geçilmesidir (günümüzde önemli bir ihtiyaçtır) (Keleş, 2010).

Türkiye kalkınmasında önemli işlevleri olan birçok yatırımın projeleri, ancak sağlıklı ve istenen nitelikleri içeren mülkiyet ya da kadastral haritalardan yararlanılarak yapılabilir ve uygulanabilir. Türkiye'de yapılan kadastr çalışmaları çizgisel kadastr ya da diğer adıyla mülkiyet kadastrsudur. Bu tekniğe göre yapılan işlemler taşınmazların arazi üzerindeki sınırlarını ve maliklerin haklarını tespit ederek haritaya bağlama faaliyetlerinin ötesine geçememektedir. Bunun sonucunda kadastronun görevleri arasında olması gereken arazi ekonomisi, arazi planlaması, vergi toplama, arazi yönetimi ve arazi istatistiği gibi ülke kalkınmasına altyapı oluşturacak veri üretimi işlevleri göz ardı edilmekte ve sağlıklı kentlere erişebilme hedeflerinden uzaklaşmaktadır. Mülkiyet kadastrsusu, içeriğinin yetersiz olmasının yanı sıra yapım tekniği açısından da sağlıklı değildir (Keleş, 2010).

Türkiye kadastrsusu gerek içerik gerekse yöntem açısından kendisini yenilemelidir. Çünkü küreselleşme ve kentleşmenin getirdiği baskılar mevcut kadastral yapının sürdürülebilirliğini tartışılır hale getirmiş ve yeni arayışlara yönlendirmiştir. Özellikle gelişmiş ülkelerde kadastraya artık sürdürülebilir kalkınma politikalarının dolayısıyla sürdürülebilir kentlere ulaşma hedefinin önemli bir bileşeni olarak bakılmaktadır. Çünkü sürdürülebilir kalkınmanın unsurları olan ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik kavramlarını etkin arazi politikalarından bağımsız olarak değerlendirmek mümkün değildir. Kadastr kavramı da buna paralel olarak mülkiyetin korunması içeriğinin dışına çıkarak çevresel yönetim, sürdürülebilir kalkınma ve sosyal adalet kavramlarına hizmet eden bir yapıya bürünmüştür. İşte bu noktada, kadastronun evrensel bir bütünlük oluşturmasını sağlamak üzere temel hedefi sürdürülebilir kalkınma olan bütüncül yaklaşımlar ortaya konulmaya başlamıştır. Organizasyonu Uluslararası Haritacılar Birliği (FIG) tarafından gerçekleştirilen bilimsel çalışmalar sonucunda Kadastr 2014 Vizyonu ve Üç Boyutlu Kadastr yaklaşımları adı altında iki uygulama ön plana çıkmıştır. Kadastr 2014 Vizyonu, temel mülkiyet birimi olan "parsel" unsurunun yerini "nesne" kavramının alması gerektiğini savunmaktadır. Nesne olarak ifade edilen kullanımlar arazi üzerinde süreklilik arz eden alanlardır. İdari birim

sınırlarının yanı sıra su ve doğanın korunması, gürültü ve kirlilikten korunmak için oluşturulan bölgelemeler ile arazi kullanım bölgelemeleri arazi nesnelere olarak değerlendirilebilmektedir. Bu değişim ile birlikte kentlerimizde uygulanan arsa, arazi, kentsel dönüşüm politikaları için belirlenen alanlarda süreklilik sağlanabilecek aynı zamanda çevre kirliliği oluşturan veya oluşturma potansiyeli bulunan bölgelerin toplu olarak değerlendirilmesi ve gösterimi söz konusu olabilecektir. Bunun yanında 2014 Vizyonunun altı ifadesine bakıldığında, artık klasik kadastronun yerini bilgi teknolojilerine dayalı sistemlerin alacağı görülmektedir. Böylelikle taşınmazlar, bir bütün halinde ve çok yönlü olarak toplanmış verileriyle birlikte ele alınabilecek, aynı zamanda arazi istatistikleri kolaylıkla üretilerek kentleşme politikaları için büyük önem arz eden taşınmaz verilerine hızlı bir biçimde ulaşılabilir olacaktır. Ayrıca ortaya çıkan diğer bir ayrıntı da maliyetlerin oluşacak fonlarla (yani maliyetin geri kazanımı mekanizmaları yoluyla) finanse edilebileceği ve böylelikle kadastronun hizmetlerinin maliyetlerinin azaltılabileceğidir (Yomralıoğlu, vd. 2003).

Türkiye teknolojiyle şekillenen modern dünyada varlığını diğer pek çok ülkeye örnek gösterebileceği projeleriyle ispatlayabilmektedir. İşte bu amaçla Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından “3B Şehir Modelleri Üretimi ve 3B Kadastro Altlıklarının Oluşturulması Projesi” hazırlanmaktadır. Proje tamamlandığında taşınmaza ait veriler bilgi sistemleri ile yönetilebilir hale gelecek ve bu verilere ait bilgilerin süreç içerisinde sürdürülebilirliği sağlanacaktır.

Bu araştırma ülkemiz kadastrounda yapılan güncellemelerin ve bu güncellemeler yapılırken kullanılan tüm diğer tekniklerle birlikte fotogrametrik yöntemlerin kadastral çalışmalarda kullanımının irdelenmesi açısından önem taşımaktadır. Fotogrametrik yöntemler aracılığıyla üretilen her türlü coğrafi verinin gelişen bilim ve teknoloji ile harmanlanarak kullanıcıya sunulması verinin çok daha etkin ve nitelikli kullanımını sağlamaktadır.

Araştırma sürecinde Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü bünyesinde yapılan 3B Şehir Modelleri Üretimi ve 3B Kadastro Altlıklarının Oluşturulması Projesi ve bu proje kapsamında kullanılan fotogrametrik yöntemler tüm olumlu ve olumsuz yönleriyle değerlendirilecektir.

3.5. 3 Boyutlu Kadastro Dışında 3 Boyutlu Bilginin Kullanım Alanları

Yakın geçmişimizde akıllı teknolojiler hayatımıza bu kadar dâhil değildi ancak günümüzde akıllı teknolojiler gün geçtikçe artan bir ihtiyaç haline dönüşmüştür. Gelişen

teknolojiye paralel olarak 3 boyutlu bilgiye karşı duyulan ihtiyaç pek çok alanda kendine yer bulmuştur. Özellikle düşey yönde gelişen şehirlerde eksikliği hissedilir derecede önem arz etmektedir. Büyük şehirlerde daha çok karşılaşılan trafik, gürültü kirliliği, yorucu iş hayatı vb. nedenlerle insanların psikolojik olarak yıpranması ve şehir hayatında karşılaşılan problemlerin çözümündeki kusursuz olma isteği 3 boyutlu bilgiye duyulan gereksinimleri artırmaktadır. Ülke ekonomisine getirisi de yadsınamaz ölçüdedir.

Aşağıda 3 boyutlu kadastro dışında 3 boyutlu bilginin kullanıldığı alanlara birkaç örnek verilmiştir.

- 3 Boyutlu Kadastro Projesi Altlığı
- Gayrimenkul Değerleme
- Emlak Sektörü
- Kentsel Dönüşüm
- Gayrimenkul Sigortası
- Askeri Güvenlik ve Operasyonların Yönetimi
- Hava Alanlarının Mânia Planlarının Hazırlanması
- Enerji Sektörü
- Turizm Sektörü
- 3D Oyun Sektörü
- Jeodezik Uygulamalar
- Güvenlik Sistemleri

Kadastro dışında 3B bilgiye duyulan gereksinimler şu şekilde sıralanabilir (Stoter, 2004):

- Kent planlamada hızlı modelleme yaklaşımları, görselleştirme, etkileşimli uygulamalar ve konumsal çözümler
- Arazi modellemek için etkileşimli tasarımlar ve simülasyonlar (benzetimler)
- Yol, demiryolu ve kanal yapımı, bakımı ve korunması
- Gerçek dünya nesnelere üzerindeki 3B bilgilerin korunmasında, örneğin vergi amaçlı olarak bina hacimlerinin hesaplanması gibi
- 3B konumsal modellemelerde, örneğin bir tünel projesi için yapılan kazı işleri sırasında ortaya çıkan gürültü seviyesi ve bina risk analizleri
- Çevre koruma alanlarında yapılan çalışmalarda, örneğin gürültü, koku denetimi ve bunlara ait güvenlik düzeyleri

- Jeolojik uygulamalar
- İletişim araçlarının (anten, baz istasyonu vb.) konumlandırılacağı yerlerde yapılacak 3B çözümler
- Afet senaryoları (sel, toprak kayması kestirimi, erozyon vb.)
- Yeraltı tesislerinin konum bilgileri, bakımı ve korunması
- 3B konumsal bilgiler, bölgesel arazi kullanım planları içinde birleştirilirse, bu planların hazırlanması için bir standart geliştirilebilir. Bu sayede yapılacak çalışmalarda hem insan sağlığını tehdit edebilecek unsurların (yaralanma gibi) hem de yapılara verilecek zararların önüne geçilebilir.

3.6. 3 Boyutlu Şehir Modelleri ve 3 Boyutlu Kadastro Altlıklarının Oluşturulması Projesi

TKGM tarafından üretilen veya üretirecek olan üç boyutlu verilerin; üretim takibi, doğrulama ve saklanması, uyumlaştırılması, sunumu, paylaşım ve süreklilik modelini içeren aynı zamanda kentsel alanlarda eğik resimlerden üretilen; arazi yüzeyi ve üzerindeki bina, bitki örtüsü, altyapı ve şehir mobilyaları gibi yapılara ait detayların koordinatlı olarak gösterildiği bir sistem olan TKGM 3B Şehir Modelleri Yönetim Bilgi Sisteminin kurulması amaçlanmaktadır.

3402 sayılı Kadastro Kanunu ve değişiklik işlemlerine ilişkin kadastro mevzuatı, Tapu Sicili Tüzüğü'nün, Tapu Sicilinin Elektronik Ortamda Tutulması başlıklı 12, 13, 14 ve 15. Maddeleri ile Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği, Türk Medeni Kanunu 718. Maddesi "Arazi üzerindeki mülkiyet, kullanılmasında yarar olduğu ölçüde, üstündeki hava ve altındaki arz katmanlarını kapsar. Bu mülkiyetin kapsamına, yasal sınırlamalar saklı kalmak üzere yapılar, bitkiler ve kaynaklar da girer." hükmü gereği ve Kat Mülkiyeti Kanunu ile birlikte 15.07.2018 tarihinde yayınlanan 4 nolu Bakanlıklara Bağlı, İlgili, İlişkili Kurum Ve Kuruluşlar İle Diğer Kurum Ve Kuruluşların Teşkilatı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesinin 480. maddesinin (ç) bendine göre "mekânsal bilgi sistemi altyapısını ve harita üretim izleme merkezini oluşturmak, verilerden gerçek ve tüzel kişiler ile kamu kurum ve kuruluşlarının faydalanmasını sağlamak, coğrafi bilgi sistemleri konusunda verilecek görevleri yapmak Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün görev ve yetkileri arasındadır" hükmü ve 4 numaralı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesinin 488/4 maddesi

“Genel Müdürlük, sicillerin ve arşivin elektronik ortamda tutulmasına karar vermeye yetkilidir.” hükümleri bu projenin hukuki dayanağını oluşturmaktadır.

3.6.1. 3B Şehir Modelleri Üretimi ve 3 Boyutlu Kadastro Altlıklarının Oluşturulması Projesinin Faydaları

- Bu proje ile birlikte 3 boyutlu konumsal nesnelerin nasıl modellenmesi gerektiği, 3 boyutlu verilerin hali hazır mevcut 2 boyutlu kadastro verileri ile entegrasyonunun nasıl sağlandığı, 3 boyutlu kadastro verilerinin gösterimi ve konumsal olarak tetkik edilmesi etkin bir şekilde yapılacaktır.
- Konumsal bilgiyi içeren çok katmanlı mülkiyetlerin hukuki durumlarına ulaşılması halinde ilerleyen aşamalarda yapılması planlanan 3 Boyutlu Kadastro Projesi daha etkin ve anlaşılır olacaktır. Bu sayede üretilecek olan 3 boyutlu kadastro verileri ile yapılan ve yapılması planlanan tüm kamusal projelere altlık oluşturulacaktır.
- Proje kapsamında taşınmaza ait doğru, güvenilir, standart ve takip edilebilir bilgiye ulaşılacaktır. Bu verilerin en etkin şekilde kullanılabilirliğinin yanı sıra ihtiyaç duyulması halinde veriye kolaylıkla ulaşılabilirlik sağlanacaktır. Verilerin tekrarı ve tutarsızlığı önlenecektir.
- Taşınmaz malların gerçek değerleri saptanarak doğru bir vergilendirme yapılacaktır. Bu sayede sermayenin reel ekonomiye akışı sağlanacaktır.
- Küreselleşen dünyanın rekabet koşullarında Türkiye'nin de var olduğu ve pek çok ülkeye de model oluşturabileceği hedeflenecektir.
- Kurumsal olarak yapılacak iş ve işlem adımlarının daha hızlı tamamlanması ve bu sayede zaman kaybının önlenmesi sağlanacaktır.
- Taşınmaza ait mülkiyet işlemlerinde taşınmazın bulunduğu konum bilgisi daha şeffaf ve güvenilir bir şekilde sunulacak, taşınmaz edinimi daha güvenle sağlanabilecektir.
- Hatalı bağımsız bölüm satışlarının önüne geçilecektir.
- Tescilli taşınmazın tapu kayıtları ile gerçek kullanımı arasındaki farklar belirlenecek, yapı stoğunun ve tescilsiz binaların tespiti yapılacaktır.
- Geleceğin akıllı şehirlerinin oluşturulması ve yapılacak yatırımların doğru ve sağlıklı planlanması sağlanacaktır.

- Toplu değerlendirme çalışmalarıyla birlikte değer haritalarının üretilmesi sağlanacaktır.



Şekil 3.2. 3. Boyutun Kullanım Örnekleri

- Şekil 3.2. de örnek gösterildiği üzere taşınmaza ait değişik kullanım durumları hak, kısıtlama ve sorumlulukların üst üste çakıştığı pek çok durum söz konusu olabilmektedir. 2B kadastronun bu kullanımının yasal durumu ile ilgili çok daha anlaşılır ve kaliteli bilgi sunulmasını sağlayacaktır.
- Coğrafi ve meta veri istatistikleri ve analizleri yapılabilecektir.
- Vatandaş mülkiyetine sahip olduğu taşınmaz malın 3 boyutlu ada parsel bilgisine ve bu bilgiyle birlikte bu parselin ve parsel üzerinde bulunan bağımsız bölümün değerine ulaşabilecektir. Taşınmazla ilgili doğru bilgiye ulaşan vatandaşın memnuniyeti sağlanacaktır.
 - Parsel üzerinde bulunan 3 boyutlu binanın 360 derece görünümü ve bağımsız bölüme ait mimari proje bilgisi detaylı bir şekilde taşınmaz sahibi tarafından edinilebilecektir.

3.6.2. 3B Şehir Modelleri Üretimi ve 3 Boyutlu Kadastro Altlıklarının Oluşturulması Projesinde Karşılaşılabilecek Riskler

- Üç boyutlu şehir modelleri oluşturulduktan sonra bu oluşuma ait sunum yasal sorumluluğu da beraberinde getirecektir. Henüz bu sorumluluğun altyapısını

oluşturacak hukuki bir dayanak tam anlamıyla mevcut değildir. Ayrıca Türk Medeni Kanununun 1007. Maddesinde de belirtildiği üzere Tapu sicilinin tutulmasından doğan bütün zararlardan Devlet sorumludur. Devlet, zararın doğmasında kusuru bulunan görevlilere rücu eder hükmü gereğince proje bünyesinde çalışmalarını sürdüren kurum ve kurum çalışanlarına olası hatalı durumların varlığı halinde bir tazminat sorumluluğu da yüklenmektedir.

- Yapılan bu uygulama ülke genelini içine alan ve dünyada örneği ilk olan büyük bir uygulamadır. Oblik hava kamera donanımlı uçak bulunması ve ortofoto harita üretimi konusunda yeterli deneyime fazlasıyla sahip olunmasına karşın ilk defa tecrübe edilen bu çalışmada öngörülmeven pek çok hata ve sorunla karşılaşma durumu söz konusu olabilir.
- Bu proje kapsamında kullanılan verilerin pek çok paydaş tarafından kullanılacağı düşünülürse proje uygulamasındaki eksiklikler, veri kullanıcısı olan tüm taraflarda etkileşimli çalışmanın eksikliğine neden olacaktır.
- Proje uygulamasında olası meydana gelecek eksiklik nedeniyle taşınmaz değerlendirme subjektif olarak yapılacak bunun sonucu olarak da yanlış vergilendirme ortaya çıkacaktır. Türk vergi hukukunda “hata üzerinden vergi alınmaması prensibi” gereği vergilendirme sürecinde vergi hataları üzerinden vergi alınmamaktadır. Dolayısıyla gelişen bu durum ülke ekonomisi zarara uğratacaktır.
- Yapılan ve yapılması planlanan pek çok projeye altlık oluşturan 3B Şehir Modelleri Üretimi ve 3B Kadastro Altlıklarının Oluşturulması Projesi bünyesinde oluşan herhangi bir eksiklik bu projelerinde temelini sarsacak ve projelerden beklenen ana çıktı elde edilemeyecektir.
- Taşınmaz mülkiyetine ait veriler kadastro müdürlükleri bünyesinde Megsis Sistemi ile tapu müdürlükleri bünyesinde ise Takbis Sistemi ile tutulmaktadır. Bu iki sistem arasında doğru bir entegrasyon sağlanmaması halinde çalışmalara konu olacak verilerin hatalı olması durumu ortaya çıkacaktır. Bu durumda proje temelden sarsılacaktır.
- Bu proje ile birlikte taşınmaz alım satım süreçlerinde taşınmaza ait alan büyüklüğü, taşınmazın cephesi, oda sayısı gibi yapı ve bağımsız bölüm bilgileri sunulmaktadır. Kurumların sağlıklı çalışması ve işlerini kaliteye uygun olarak doğru yapmaları beklenir. Müşteri memnuniyeti adına düzenlenmiş olan bu

uygulamada oluşacak aksaklık vatandaş beklentisinin tam olarak karşılanmamasına ve kurum kalitesinin kaybına neden olacaktır.

- Proje kapsamında kullanılacak olan mimari projelerin belli bir standart dâhilinde üretilmemiş olması, bazı projelerin yıpranmış, yırtık ve deforme olmuş olması, farklı ölçeklendirmelerin yapılmış olması ve bina ve mimari proje sayılarındaki uyumsuzluk durumu karşılaşılan bir diğer sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.
- Özellikle şehir merkezlerinde imar uygulaması sonrasında oluşan kayıklıklarda kadastro verilerinden kaynaklanan sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.
- Yasal ve fiili durumdan kaynaklanan sorunlar mevcuttur. Bu kapsamda tadilat projelerinin Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğüne ulaşmamış olması, yapım esnasında mimari projelere uyulmaması ve mimari projelerde bulunmayan depo, kömürlük, otopark vb. eklentilerin zeminde tapu ve kadastro kayıtlarında yer almaması durumu mevcuttur.
- Projenin uygulanmasındaki en önemli risk, insan kaynakları yönetimi olarak görülmektedir. Alan uzmanları, yazılımcı ekipleri ve yardım masası, aynı anda hem sözel hem de mekânsal bilgi ve birçok farklı kurumsal uygulamaya hâkim olmak zorundadır. Bu nedenle, insan kaynağı kapasitesinin sürekli artırılarak, yedekleri olan bir mekanizma kurulmaması en büyük risk olarak görülmektedir.
- Proje kapsamında Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün ilgili başkanlıkları projede aktif bir şekilde yer almaktadır. Başkanlıklar arası koordinasyon sorunları da ayrıca büyük risk olarak değerlendirilmelidir.

3.6.3. 3 Boyutlu Şehir Modelleri ve 3 Boyutlu Kadastro Altlıklarının Oluşturulması Projesi Kapsamında Teknik Alt Yapı Çalışmaları

TKGM 3B Şehir Modelleri Üretimi ve 3B Kadastro Altlıklarının Oluşturulması Projesi kapsamında 3 boyutlu veri üretim süreci takip ve izleme uygulaması iki aşamalı doğrulama yöntemi izlenerek hazırlanmıştır.

İlk aşamada üretilen veriler yaklaşık 400 maddelik dinamik bir kontrol listesi üzerinden geliştirilen bir uygulama ile doğrulandıktan sonra ikinci aşama olan manuel kontrol aşamasına tabi tutulmaktadır.

İki aşamalı kontrol süreçlerinden doğrulanmış bir şekilde başarı ile geçen 3 boyutlu veriler veri tabanı farklı koordinat referans sistemlerini tek bir şemada destekleyen CityGML veri modeli yapısında olan 3 boyutlu veri tabanına aktarılır. Bu

veriler Türkiye Ulusal Adresleme Sistemi (MAKS) ve Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemi (TAKBIS) ile entegre şekilde çalışmaktadır.

Proje kapsamında TKGM 3 boyutlu bina verilerini I3S ve 3dTiles'da arazi verilerini TMS'de ve nicelleştirilmiş mesh formatında tile edilebilen yazılım geliştirmelerini başarıyla tamamlamıştır. Bununla beraber TKGM 3B platformu, özel dönüştürme hizmetleri ile 3B yapı verilerini CityGML, CityJSON, KML, OBJ, Collada, 3Dpdf formatlarına dönüştürebildikleri veri dönüşümlerini yapmıştır. Veri paylaşımı için tile servislerinin yanı sıra farklı kriterlere göre bina sorgulamalarına imkân verecek REST servisleri geliştirilmiştir.

3.7. CityGML Standardı

3 boyutlu şehir modellerinin oluşturulmasında belirli bir standardı sağlayabilmek adına XML tabanlı açık veri modeli olan CityGML formatı kullanılmaktadır. OGC ve ISO TC211 tarafından kabul görmüş uluslararası bir standart olan bu veri modelinde 3 boyutlu şehir modellerinin oluşturulması için toplanan verilerin depolanması ve alışverişi yapılabilmektedir. CityGML, GML tabanlı olduğu için Web Detay Servisi (Web Feature Service), Web İşleme Servisi (Web Processing Service) ve Katalog Servisi (Catalog Service) gibi veri erişimi, işleme ve kataloglama için GML uyumlu tüm OGC web servisleriyle kullanılabilir.

CityGML veri modeli özellikle farklı uygulamalarda aynı verinin birden çok kez kullanılmasına olanak sağlaması sebebiyle hem maliyet açısından avantajlı hem de sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Ayrıca şehir modelleri oluşturulurken farklı ayrıntı düzeylerini en iyi şekilde ifade edebilmektedir. Şehri tanımlarken sadece bina yapılarını değil yükseklik, bitki örtüsü, su kütlesi ve diğer fiziksel özelliklerini de tanımlar. Ortak bir bilgi modeli oluşturulmasını sağlayan CityGML verilerin üretilip birbirleri ile ilişkilendirilmesine de olanak sağlamaktadır.

Oluşturulacak modeller yalnızca görselleştirme amacı taşımamaktadır. Aynı zamanda tematik sorgulama ve analiz yapmak içinde kullanıma olanak sağlamaktadır.

İlk kullanımı 2002 yılında başlanan CityGML formatı günümüze kadar gelişerek gelmiştir. CityGML'in ilk başarılı uygulaması 2005'de GDI NRW'nin "Pilot 3D" projesidir. 2008 yılında CityGML 1.0.0 versiyonu, OGC standardı olarak benimsenmiştir ve zamanla Dünya çapında kullanımı artmıştır. Almanya 2010 yılından itibaren kent modellerini oluştururken bu formatı baz alarak çalışmalarını sürdürmüştür.

Büyük Britanya, Malezya, Danimarka, İsviçre, Avusturya, Fransa, Hollanda gibi pek çok ülke CityGML ile çalışmaktadır.

3.7.1. Ayrıntı Düzeyleri

Şehir modelleri oluşturulurken CityGML standardının nesnelere tanımlarken kullandığı beş ayrıntı düzeyinden (LoD0- LoD4) faydalanılır.

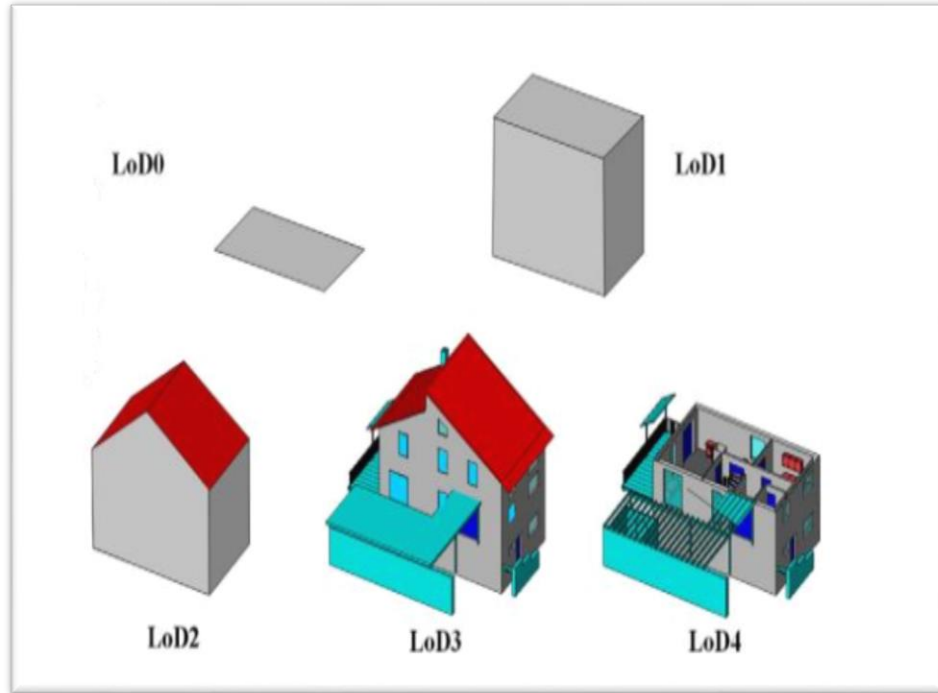
LoD0 en düşük ayrıntı düzeyini temsil eder. Bu ayrıntı düzeyinde binalar 2.5B (2B geometri + yükseklik özneliği) çokgenler ile temsil edilir.

LoD1 ayrıntı düzeyi çatı yapıları ve dokuları içermeyen bina blok modelidir.

LoD2 ayrıntı düzeyi binalar, farklılaştırılmış çatı yapıları ve dokulara sahiptir.

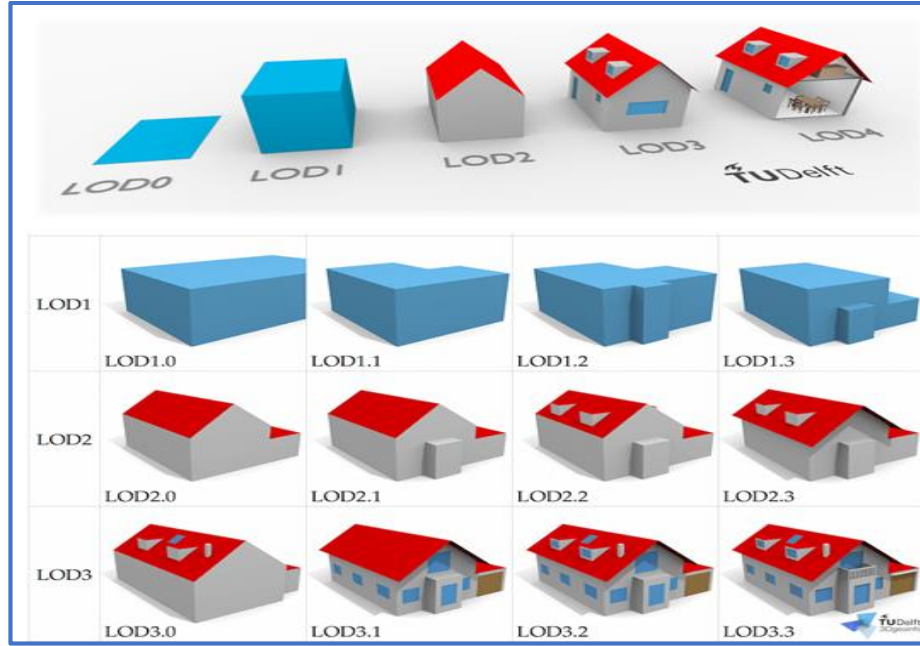
LoD3 ayrıntı düzeyi ayrıntılı duvar ve çatı yapıları, balkonlar, duvar bölmeleri ve çıkıntılar ile mimari modelleri gösterir. Yüksek çözünürlüklü dokular, bu yapılar üzerine giydirilebilir.

LoD4 ayrıntı düzeyi ise LoD3 modele ek olarak odalar, iç odalar, merdivenler ve mobilyalar gibi içyapılar eklenerek oluşturulmaktadır.



Şekil 3.3. CityGML Tarafından Sağlanan 5 Ayrıntı Düzeyi

Şekil 3.3. ve şekil 3.4. de şehir modelleri oluşturulurken kullanılan ayrıntı düzeyleri ve detay seviyeleri görselle desteklenmiştir.

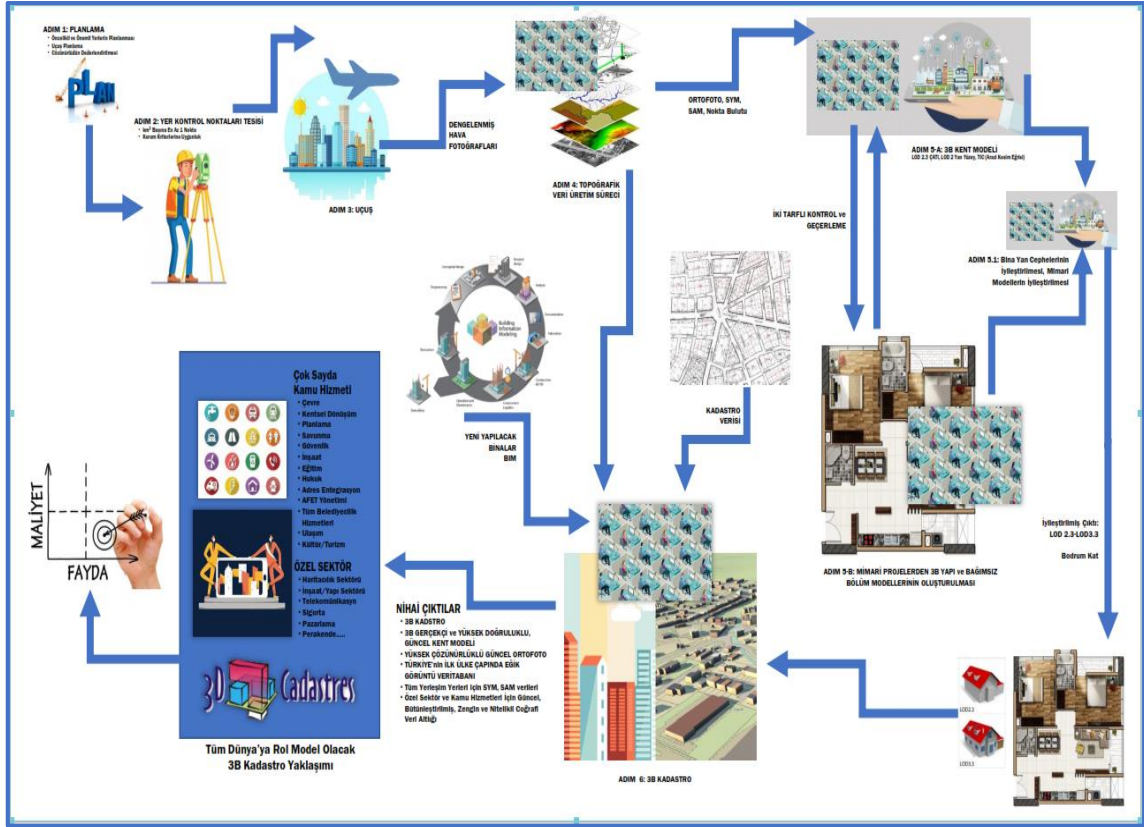


Şekil 3.4. Detay Seviyeleri

3.8. Proje Kapsamında Yapılacak İş Adımları

- Proje Planlaması,
- Jeodezik Çalışmalar,
- Nadir ve Eğik Hava Kamerası ile Görüntü Alımı,
- Ham Görüntüleri İşleme,
- Fotogrametrik Nirengi ve Dengeleme İşlemleri,
- Nokta Bulutu Oluşturma,
- Sayısal Yükseklik Modellerinin Üretilmesi,
- Gerçek Ortofotoların Üretilmesi,
- Fotogrametrik Yöntem ile Binaların ve Yapıların 3 Boyutlu Olarak Kıymetlendirilmesi,
- Fotogrametrik 3 Boyutlu Bina Modellerinin Oluşturulması,
- 3B Mimari Bina Modellerinin Hazırlanması,
- Fotogrametrik ve Mimari Binaların CityGML Dönüşümü,
- 3B Kent Model Oluşturma,
- 3B Kent Modellerinin Web Ortamında Sunulması,

olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.5. Proje İş Adımları

Tüm dünyaya rol model oluşturacak şekilde hazırlanan 3 boyutlu kadastro yaklaşımı proje iş adımları Şekil 3.5. üzerinde detaylandırılarak görselleştirilmiştir.

4. UYGULAMA

Kentsel yaşam kalitesini artırmak ve sürdürülebilir çevreyle marka şehir vizyonunu oluşturarak gelecek nesillere aktarmak devletin en önemli görevlerinden biri olarak sayılabilir. Yönetimler bu görevleri yerine getirebilmek için karmaşık hale gelen şehir hayatında her türlü veriyi ve gelişimi bilgi sistemi uygulamaları ile izlemek, kayıt altına almak, yorumlamak ve yeni plan yapmakla yükümlüdürler.

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü de Kadastro 2034 vizyonu kapsamında akıllı şehirlerin de temel ihtiyacı olan üç boyutlu mülkiyet çalışmalarına, üç boyutlu şehir modelleri üretimi ve üç boyutlu kadastro altlığı oluşturmak amacıyla Amasya pilot bölge seçilmek üzere başlamıştır.

4.1. Amasya Projesi

Amasya Pilot Projesi, belirlenen hedefler doğrultusunda Türkiye geneli yapılacak çalışmaya da esas olmak üzere bir çalışma modeli olarak tasarlanmış ve arazi üzerinde bulunan tüm yapı stoklarının belirlenmesi ve belirlenen bu yapı modelleri ve bağımsız bölümlerin 3 boyutlu modellenmesi hedefiyle başlamıştır. Proje alanında yapılacak çalışmalarda entegrasyon esaslı temel alınmıştır. Üretimi yapılan verilerin, 3B Parsel-Yapı-Bağımsız Bölüm- Mekânsal Adres Kayıt Sistemi (MAKS), Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemi (TAKBİS) ve Mekânsal Gayrimenkul Sistemi (MEGSİS) ile uyumlaştırılması sağlandıktan sonra tek bir veri tabanı şeklinde yönetilebilmesi ve sistemin sürdürülebilirliği hedeflenerek çalışmalarda ilerlenilmiştir.

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünün vizyon projesi olan ve çalışmalarına 2018 yılında başlanılan “3B Şehir Modelleri ve 3 Boyutlu Kadastro Altıklarının Oluşturulması Projesi” Danışmanlık Hizmet Alım İşi ihale çalışmaları tamamlanarak 02 Mayıs 2019 tarihinde yükleniciler ile sözleşmeleri imzalanmıştır. 13 Mayıs 2019 tarihinde ihaleli işlerin ilgili firmalarına yer teslimleri yapılarak uygun bir çalışma modeli belirlenmiştir. Belirlenen program doğrultusunda Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü ve paydaş kamu kurum ve kuruluşları tarafından üretilen konumsal veriler toplanmış, işlenmiş ve kullanıcıya sunulmak üzere büro ve saha çalışmalarına başlanılmıştır.

Yapılan bu çalışmada girdi ürünü olarak Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından üretilen; 3 boyutlu fotogrametrik modeller, 3 boyutlu mimari bina modelleri, tapu müdürlüğünde bulunan tescilli kayıtlardaki parsel ve yapılara ait öznitelik ve

geometri verileri ile Nüfus Vatandaşlık Genel Müdürlüğü tarafından MAKS projesi kapsamında üretilen yapı öznitelik ve geometrisi verileri, numarataj verileri ve bağımsız bölümlere ilişkin veriler kullanılmıştır.

Kamusal kısıtlamalara yönelik tüm kurumlardan projeye esas olmak üzere veriler toplanmıştır. Toplanan bu veriler üzerinden arazi yüzeyinde bulunan tüm taşınmazlara ait kamusal kısıtlamalar tespit edilmiş ve bu taşınmazların entegrasyonu 3 boyutlu parseller üzerinden yapılmıştır. Tescilsiz binalar kadastro müdürlükleri tarafından kullanılan MEGSİS Uygulaması veri girişine hazır hale getirilmiş ve gerekli iyileştirmeler yapılarak tescilsiz binaların MEGSİS Uygulamasına veri girişi sağlanmıştır. Bu süreçte Amasya Belediyesi ile aktif görüşmeler yapılmıştır. Amasya Tapu Müdürlüğü envanterinde olmayan 2010-2020 yılları arasına ait mimari projelere belediye aracılığıyla ulaşılmıştır. 2000 yılı öncesine ait projeler için ise Amasya Belediyesi ve Amasya Kadastro Müdürlüğü ortak çalışma geliştirmiştir.

Proje Fotogrametrik Üretimler ve Mimari Model Üretimleri olmak üzere iki alan üzerinden geliştirilmiştir. Fotogrametrik üretimlerdeki veriler, GML formatında olup binanın en yüksek noktasının kot bilgisi, çatının izdüşüm alanı ve parsel bilgisini içeren görüntü alımlarıdır. İlk etapta proje alanında bulunan yapılara ait eğik hava görüntüleriye 3 boyutlu fotogrametrik veri üretimi yapılmış ve bu işleme mahsus olmak üzere 20,237 adet fotogrametrik model üretilmiştir. Mimari model üretimleri için sahip olunan veri setleri tapu müdürlüklerinin arşivinde bulunan mimari projelerden oluşmaktadır. Mimari projelerin sayısallaştırma işlemi tamamlandıktan sonra 3B modelleme ve sonrasında da modelin ilgili konuma bindirilmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Proje alanında 3.854 adet mimari bina model ve 45.191 adet bağımsız bölüm modeli üretilmiştir. Üretimi yapılan bu mimari modeller GML formatında sistemde kayıt altına alınmıştır. Proje çalışma alanı içerisinde 26 mahalle bünyesinde 12.552 adet parselin MEGSİS veri girişleri ve doğrulama işlemleri sağlanmıştır. Proje sahası içerisindeki çalışmalar bu veriler üzerinden yapılmıştır.

Yapılan incelemeler sonrasında çıktı ürünlerinin kayda değer bir kısmının UTM (Universal Transversal Merkator) sisteminde üretildiği gözlenmiş ve çıktı ürünlerinin farklı formatlarda üretilebilmesi durumu da değerlendirilerek uyumlaştırma çalışmaları yapılmıştır. Ayrıca bu alanda kadastroda tescil durumu, tapu tescil durumu, yapı kayıt izin belgesi durumu, imar barışı durumu, kamu binası durumu gibi kriterler çerçevesinde yapı ve bağımsız bölümlere ilişkin mevcut öznitelik bilgileri kullanılarak yapı sınıflandırma çalışmaları yapılmıştır. Yapılan bu sınıflandırmaya istinaden Amasya

il merkezinde 2.370 adeti kamu binası ve 16.207 adeti özel mülkiyete konu olmak üzere toplam 18.577 binanın bulunduğu tespit edilmiştir. Bunlardan özel mülkiyete konu olan taşınmazlardan 4.868'inin (%30) tescilli, 11.339 (%70) adetinin tescilsiz olduğu, benzer biçimde toplam 2.370 adet kamusal nitelikli binanın 275 adetinin (%12) tescilli ve 2.095 adetinin (%88) tescilsiz olduğu anlaşılmıştır.

Proje çalışmasına bağımsız bölüm ilişkilendirme işlemi ile devam edilmiştir. Öncelikle birbirleriyle uyumlu olması gereken 3 boyutlu mimari binalar vasıtasıyla elde edilen bağımsız bölüm kat ve bağımsız bölüm numaraları ile tapu kayıtlarındaki kat ve tapu kayıtlarındaki bağımsız bölüm numaraları doğrulanmıştır. Buna bağlı olarak 3 boyutlu mimari bina kaynaklı hatalar giderilerek tapu verileri ile uyum sağlanmıştır ve MAKS yapıları için ilişkilendirme gerçekleştirilmiştir. Kamusal kısıtlara ilişkin entegrasyon işleminden sonra son aşamada ise proje alanında bulunan taşınmazlara ait değerlendirme işlemi, toplu değerlemeye yönelik olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda 01 Ocak 2020 ile 15 Nisan 2021 tarihleri arasında proje alanına ait benzer veriler TAKBİS, Gayrimenkul Bilgi Merkezi, Ziraat Bankası ve Amasya Kadastro Müdürlüğüne toplanmıştır. Toplanan veriler üzerinden yapılan analizde; elde edilen toplam 20.900 adet veriden 4.314 adetinin uygulamada örnek veri olarak kullanılabileceği anlaşılmıştır. Mimari projesi olanlar taşınmazlar için bağımsız bölüm değeri ve arsa değeri, mimari projesi olmayan taşınmazlar için yapı kütle değeri ve arsa değerinin hesaplanması öngörülmüştür. Bu çerçevede 33.263 adet bağımsız bölüm, 3.181 adet ticari birim, 10.687 adet bina kütlesi ve 14.749 adet arsaya tasarlanan algoritma tarafından değer ataması yapılmıştır. Gerçekleştirilen analizlerde algoritmanın taşınmazların gerçek pazar değerini yaklaşık %80 doğruluk payı ile yansıtabildiği gözlemlenmiştir.

Proje çalışmasının fotogrametrik çalışma alanı değerlendirildiğinde ise; proje kapsamında geleneksel yöntemlere ek olarak veri ve veri toplama tekniklerinde teknolojiyle bağlantılı gelişmelerle ilintili olarak, eğik (oblik) fotoğrafların fotogrametrik olarak değerlendirilmesi gibi yeni tekniklerin de kullanıldığı gözlemlenmiştir. Amasya ili Merkez İlçesinde yapılan proje kapsamında oblik kamera ile çekilen eğik görüntülerle 3 boyutlu şehir modelleri oluşturulması amaçlanmıştır. Bu proje alanında Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'ne ait olan Beechcraft King Air 350i uçağı ile Vexcel UltraCam Osprey Mark 3 Premium eğik hava kamerası kullanılarak elde edilen eğik görüntüler UltraMap yazılımı modülleri ile görüntü işleme, fotogrametrik dengeleme, arazi yüzey modeli, gerçek ortofoto, değerlendirilmiş mesh

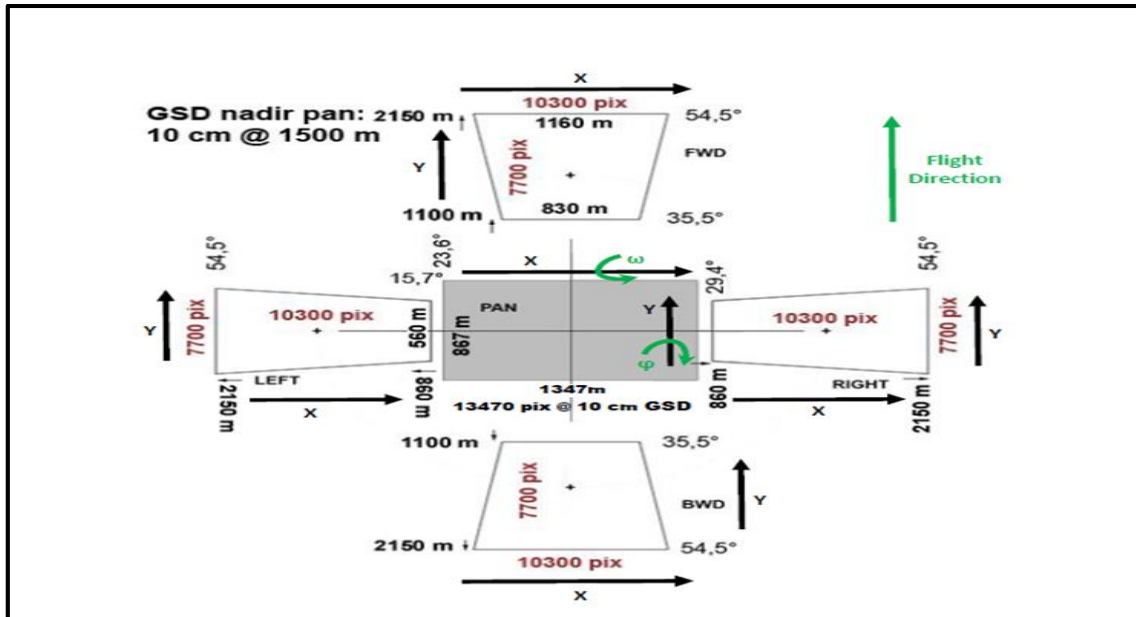
modeller ve nokta bulutu verileri kullanılarak Citygrid yazılımı ile 3 boyutlu modeller oluşturulmuştur. Bu yöntemle kısa sürede oluşturulan 3 boyutlu LoD 2.3 seviyesinde üretilen fotogrametrik veriler ile bina içi modeller (kat mülkiyetine konu onaylı mimari projelerin 3 boyutlu modellemesi) yüksek hassasiyetle elde edilmiştir. Elde edilen bu veriler ile tapu-kadastro ve MAKS verilerinin entegrasyonu amaçlanmıştır.

ULTRACAM	
Geometric Calibration	
Camera:	UltraCam Osprey Mark 3 premium
Serial:	423S81174X015184-f120
Panchromatic Camera:	ck = 82.000 mm
Multispectral Camera:	ck = 41.000 mm
Oblique Camera:	ck = see table below
PPA Information Nadir:	X: 0.000 mm
	Y: 0.000 mm
PPA Information Oblique:	see table below

Şekil 4.1. Eğik Hava Kamera Özellikleri

Şekil 4.1. de Amasya Projesi kapsamında eğik (oblik) fotoğrafların alımının yapıldığı kameraya ait özellikler detaylı bir şekilde görselleştirilmiştir.

Proje alanında yalnızca 1 uçuş yapılarak çalışmalar geliştirilmiştir. Bu alan kapsamında 1055 görüntü alımı gerçekleştirilmiş olup proje, 1055 Nadir 1055*4 4220 adet eğik görüntüden oluşturulmuştur. 39 adet yer kontrol noktası tesis edilmiştir.

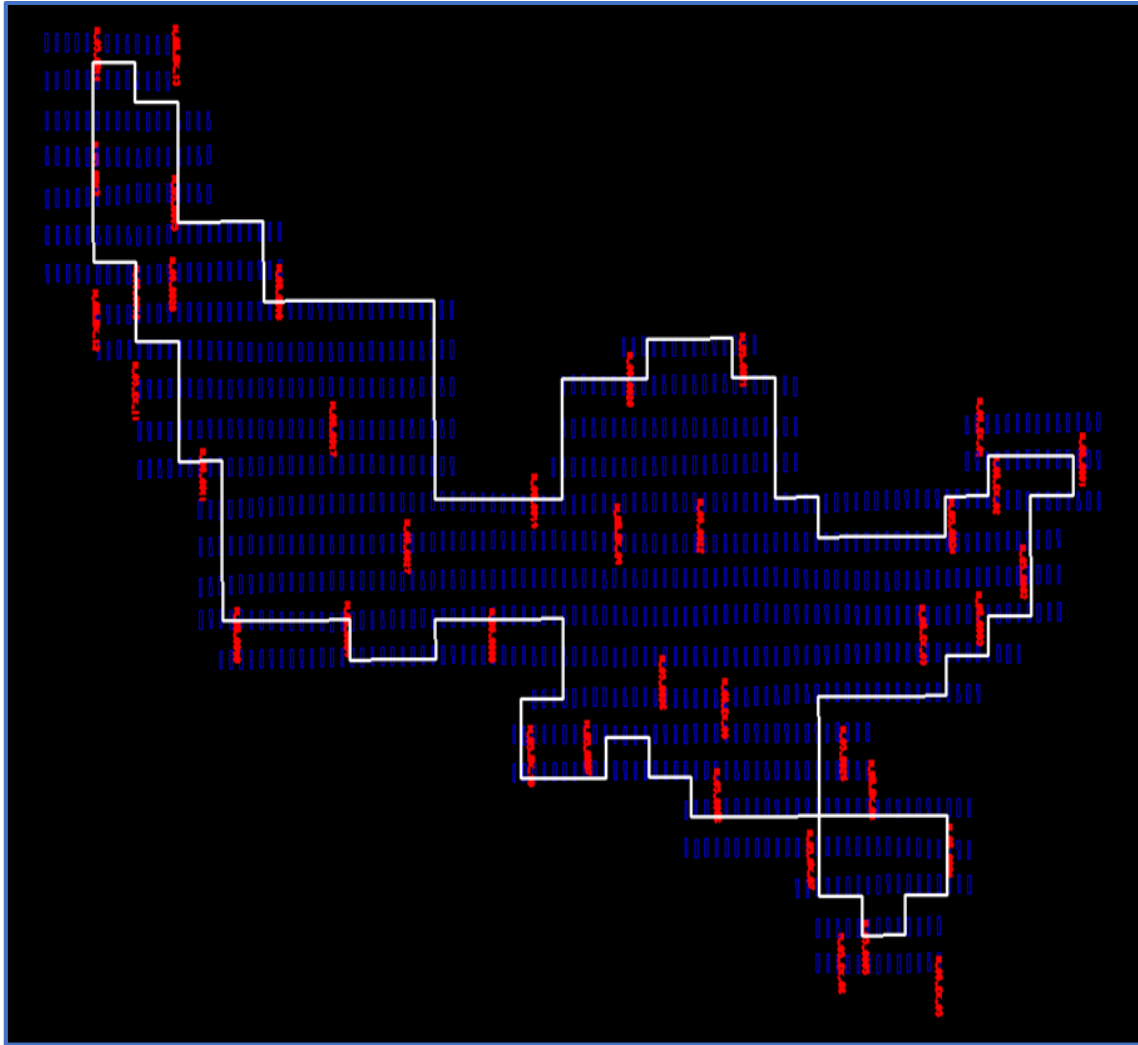


Şekil 4.2. Kamera Eğiklik Açılı

Şekil 4.2. de proje kapsamında kullanılan kameraya ait eğiklik açıları Şekil 4.3. de yine bu kameraya ait teknik özellikler verilmiştir.

Panchromatic Camera			
Large Format Panchromatic Output Image			
Image Format	long track	45.084mm	8670pixel
	cross track	70.044mm	13470pixel
Image Extent		(-22.542, -35.022)mm	(22.542, 35.022)mm
Pixel Size		5.200 μ m*5.200 μ m	
Focal Length	ck	82.000mm	\pm 0.002mm
Principal Point (Level 2)	X_ppa	0.000mm	\pm 0.002mm
	Y_ppa	0.000mm	\pm 0.002mm
Lens Distortion		Remaining Distortion less than 0.002mm	

Şekil 4.3. Kamera Teknik Özellikleri



Şekil 4.4. Proje Alanı

Project name	05_BLOK_01_N
Process	Geo-referencing
Computer node	HARITA-BAHADIR
Operating system	Microsoft Professional (build 9200), 64-bit, version 6.2
Machine	Intel(R) Core(TM) i5-4460 C 3.20GHz, 4 cores, 7.9 GByte RAM
Program version	8.0.1.51440
User name	byanmaz
Report generation time	Wed Dec 4 10:48:55 2019
Processing time	Tue Nov 19 10:45:06 2019
Result file	//s01/Projeler/23_3B_ANTEP/6.FN/05_AMASYA/05_BLOK_01_N_FINAL/ 05_BLOK_01_N.prj
Number of used images	1055 of 1055
Number of used cameras	1 of 1
Number of strips	31
Flying height	min=1859.1 / avg=2022.6 / max=2098.8 [m]
Terrain height	min=378.7 / avg=512.7 / max=1071.2 [m]
Average photo scale	1 : 18567
Coordinate system	LOCAL_CS["Local Space Rectangular (LSR)", UNIT["m",1.0000000000]]

Şekil 4.5. Genel Proje Bilgileri

Amasya projesine ait genel teknik bilgiler 05_BLOK_01_N projesi İşleme Raporu adı altında Şekil 4.5. de detayları ile verilmiştir.



Graphic with 1055 GNSS locations from the adjustment. The points are shown with its residuals for X,Y,Z from the adjustment. The area has a planimetric extent of about: 15041 x 19406 [m].

- : Scale for the symbols. Symbol in the graphic is correlated to 8.669 [m] in the object.
- : Residual XY for (1055) GNSS positions (min=0.046, avg=0.313, max=0.478 [m]).
- : Residual Z for (pos.:0/neg.:1055) GNSS positions (min=-3.589, avg=-3.155, max=-2.714 [m]).
- : Extreme residual XYZ for (0) GNSS positions.
- : Tie point location for 18614 points.

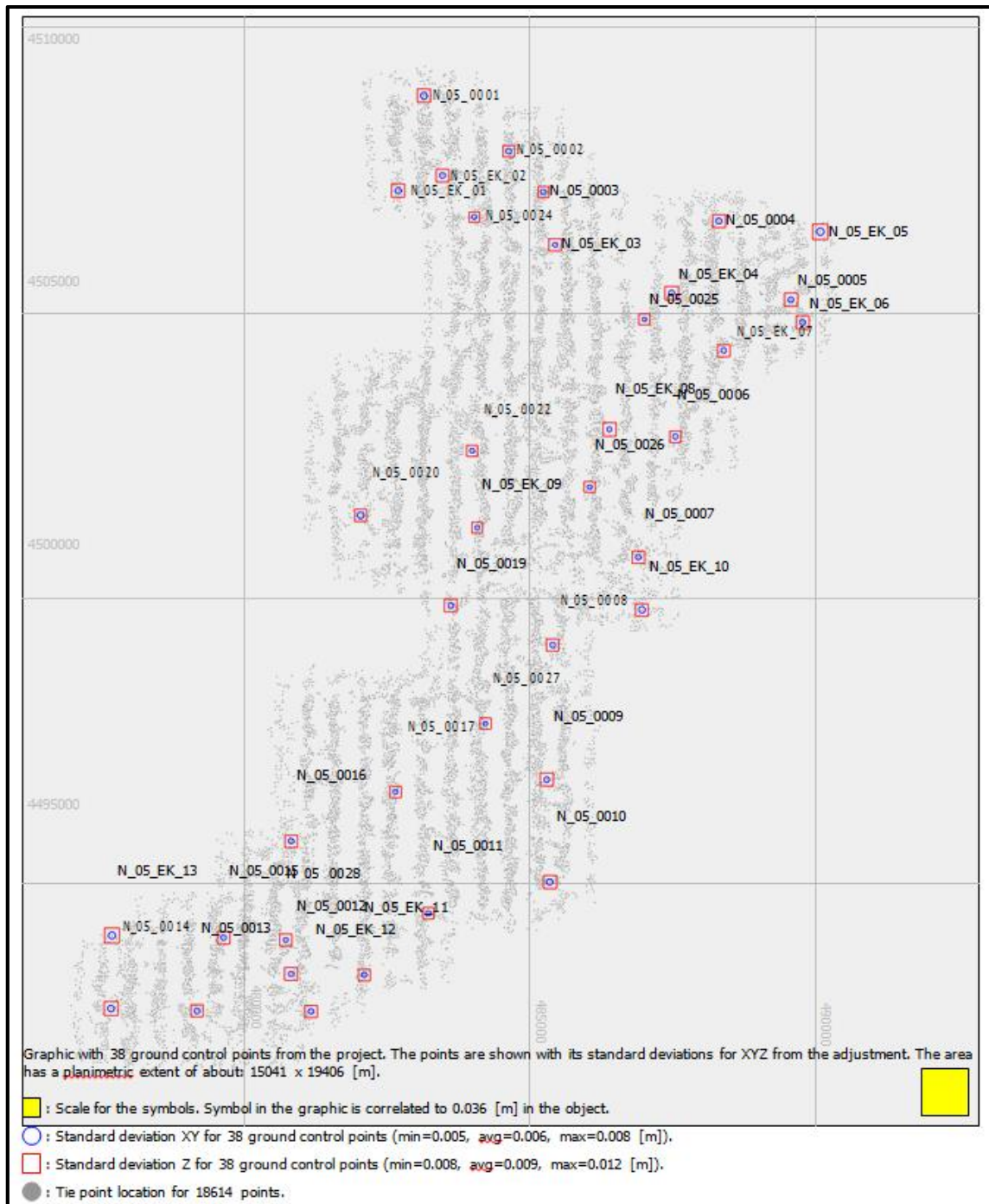
Şekil 4.6. GNSS artıkları

#	ID	Fold	X [m]	Y [m]	Z [m]	Total [m]	Remark
1	N_05_0001	15	-0.0026	0.0118	-0.0403	0.0421	
2	N_05_0002	15	-0.0141	0.0089	0.0020	0.0168	
3	N_05_0003	15	-0.0044	0.0043	-0.0037	0.0072	
4	N_05_0004	15	0.0363	0.0274	-0.0246	0.0517	
5	N_05_0005	10	-0.0019	-0.0016	0.0112	0.0115	
6	N_05_0006	15	-0.0170	-0.0028	0.0156	0.0232	
7	N_05_0007	9	-0.0357	-0.0128	0.0542	0.0661	
8	N_05_0008	9	0.0154	-0.0418	0.0186	0.0483	
9	N_05_0009	8	-0.0069	-0.0183	0.0559	0.0592	
10	N_05_0010	10	-0.0226	0.0028	-0.0078	0.0240	
11	N_05_0011	14	0.0208	-0.0296	0.0570	0.0675	
12	N_05_0012	10	-0.0335	0.0336	0.0183	0.0509	
13	N_05_0013	11	0.0184	0.0062	-0.0100	0.0218	
14	N_05_0014	10	-0.0117	-0.0033	0.0046	0.0130	
15	N_05_0015	10	0.0157	-0.0119	-0.0190	0.0274	
16	N_05_0016	8	-0.0053	-0.0033	0.0592	0.0595	
17	N_05_0017	16	0.0149	0.0015	-0.0504	0.0526	
18	N_05_0019	11	-0.0189	0.0332	-0.0229	0.0445	
19	N_05_0020	15	-0.0129	-0.0415	0.0266	0.0510	
20	N_05_0022	16	0.0153	-0.0182	-0.0009	0.0238	
21	N_05_0024	17	-0.0046	0.0082	-0.0062	0.0113	
22	N_05_0025	16	-0.0024	-0.0043	0.0275	0.0279	
23	N_05_0026	16	-0.0289	0.0529	-0.0535	0.0806	
24	N_05_0027	18	-0.0083	0.0043	-0.0302	0.0316	
25	N_05_0028	12	-0.0056	0.0174	-0.0118	0.0218	
26	N_05_EK_01	8	0.0090	-0.0278	0.0137	0.0323	
27	N_05_EK_02	10	0.0129	0.0036	0.0065	0.0149	
28	N_05_EK_03	12	0.0174	0.0064	-0.0076	0.0201	
29	N_05_EK_04	8	-0.0052	-0.0069	0.0228	0.0243	
30	N_05_EK_05	3	0.0058	-0.0124	-0.0025	0.0139	
31	N_05_EK_06	12	-0.0146	-0.0005	0.0000	0.0146	
32	N_05_EK_07	11	0.0049	0.0058	-0.0428	0.0434	
33	N_05_EK_08	10	-0.0028	-0.0011	0.0089	0.0094	
34	N_05_EK_09	18	0.0363	0.0131	-0.0185	0.0428	
35	N_05_EK_10	8	0.0005	-0.0077	0.0750	0.0754	
36	N_05_EK_11	12	0.0300	0.0011	-0.0419	0.0515	
37	N_05_EK_12	11	0.0290	0.0109	-0.0142	0.0341	
38	N_05_EK_13	4	-0.0233	-0.0077	0.0091	0.0262	

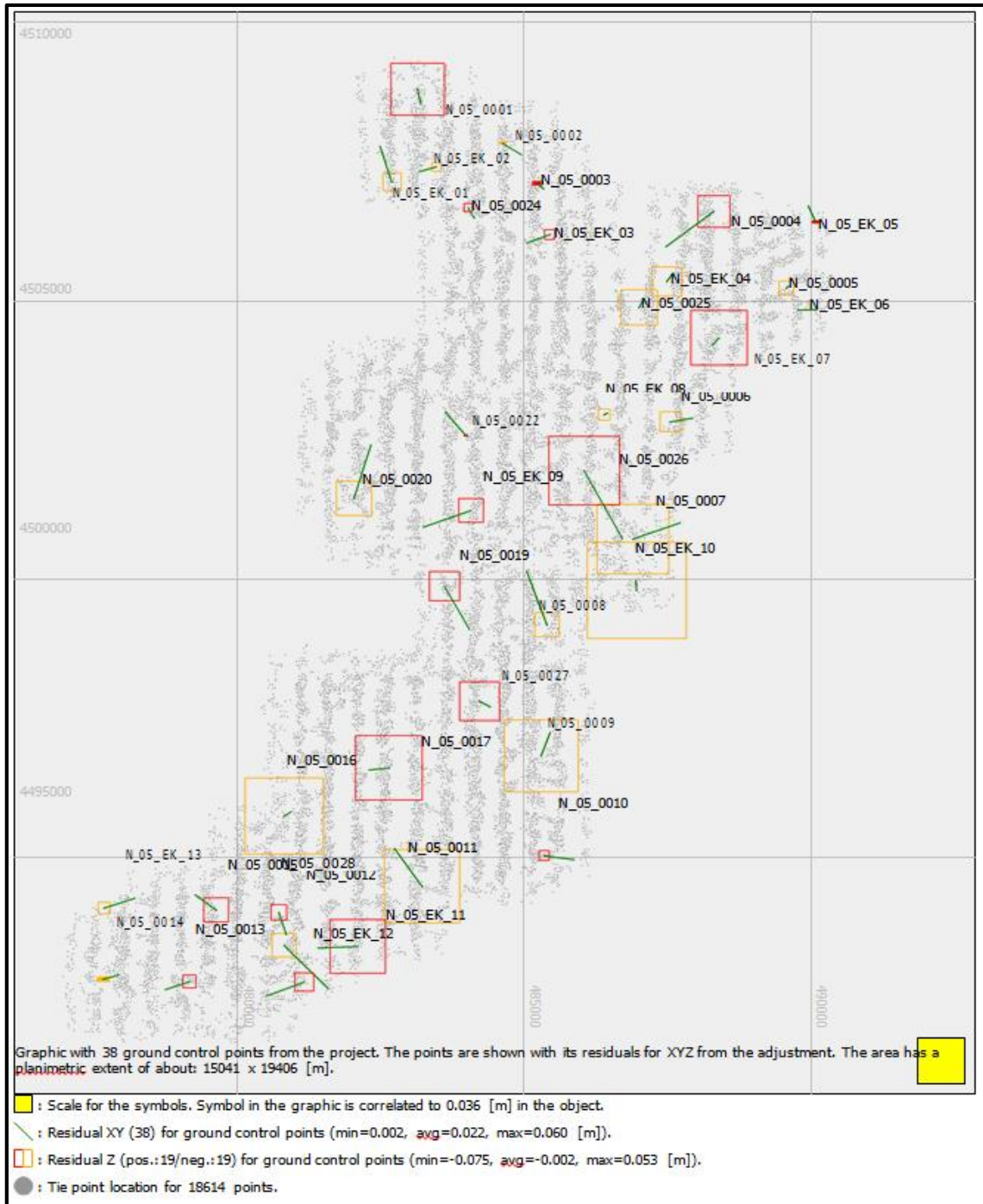
Şekil 4.7. Yer Kontrol Noktaları Hataları

#	ID	Fold	X [m]	Y [m]	Z [m]	Total [m]	Remark
	Maximum		0.0363	0.0529	0.0750		
	Mean		-0.0000	0.0000	0.0021		
	Sigma		0.0185	0.0190	0.0311		
	RMSE(x,y,z)		0.0182	0.0187	0.0307		
	RMSEr		0.0261	SQRT(RMSE _x * RMSE _x + RMSE _y * RMSE _y)			
	ACC _r (at 95% Confidence Level)		0.0452	RMSE _r * 1.7308			
	ACC _z (at 95% Confidence Level)		0.0602	RMSE _z * 1.9600			

Şekil 4.8. Yer Kontrol Noktası Hataları

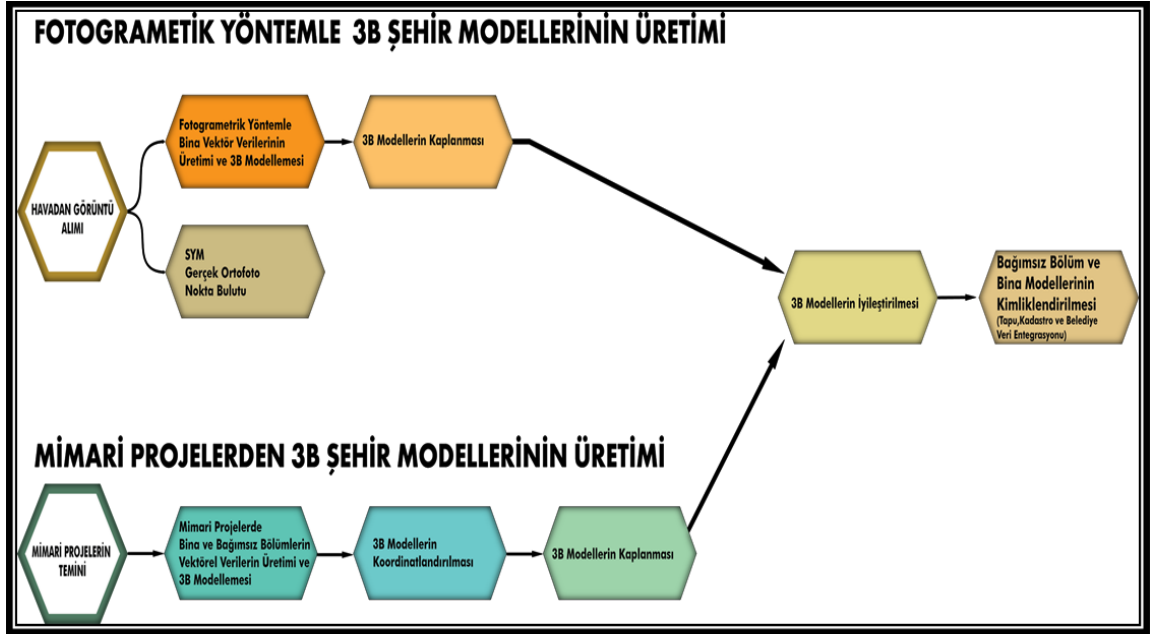


Şekil 4.9. Yer kontrol noktası standart sapmaları



Şekil 4.10. Yer kontrol noktası artıkları

Şekil 4.7., Şekil 4.8., Şekil 4.9. ve Şekil 4.10. da proje alanına ait yer kontrol noktaları hataları, standart sapmaları ve artıkları verilmiştir.



Şekil 4.11. Üretim Süreçleri

Amasya Projesi kapsamında 3 Boyutlu Şehir Modelleri üretiminde 2 yöntem olan Fotogrametrik Yöntem ve Mimari Projelerden 3B Şehir Modellerinin Üretiminin adımları Şekil 4.11. de adım adım gösterilmiştir. Fotogrametrik Yöntemle 3 boyutlu şehir modelleri üretilirken öncelikle havadan görüntü alımı işlemi yapılmıştır. 3 boyutlu modellerin kaplanmasına kadar Fotogrametrik yöntemle bina vektör verilerinin üretimi ve 3 boyutlu modellenmesi ile birlikte Sayısal yüzey modelleri, gerçek ortofotoların ve nokta bulutunun üretimi aşamaları gerçekleşmiştir.

Mimari Projelerden 3 boyutlu şehir modellerinin üretiminde ise mimari projelerin temini ile işe başlanmaktadır. Mimari projelerde bina ve bağımsız bölümlerin vektörel verilerin üretimi ve 3 boyutlu modellenmesi ile bu modellerin koordinatlanması aşaması gerçekleştikten sonra kaplama işlemi yapılmaktadır.

Bu iki yöntemle 3 boyutlu modeller iyileştirilerek kimliklendirilirler. Kimliklendirilme işlemi MAKS ve TAKBIS entegrasyonu sağlanılarak yapılmaktadır.

4.1.1. 3B Şehir Modellerinin Üretimi ve 3B Kadastro Altlıklarının Oluşturulması İşİ Kapsamında Amasya Projesi İşlem Adımları

- Mevcut Yer Kontrol Noktalarının hava işaretlerinin yapılması ve zeminde mevcut olmayan noktaların yeniden tesis edilerek hava işaretlenmesinin yapılması ve ölçülmesi,
- Havadan sayısal hava kameraları ile görüntü alımı,
- GPS/GNSS-IMU verilerinin işlenmesi,

- Sayısal hava görüntülerin işlenmesi,
- Fotogrametrik nirengi çalışmaları,
- Sayısal yüzey modeli üretimi,
- Sayısal arazi modeli üretimi,
- Nokta bulutu üretimi,
- Gerçek ortofoto üretimi,
- Yapılara ait vektör verilerin fotogrametrik yöntemle üretilmesi,
- Yapılara ait 3B modellerin fotogrametrik verilerle üretimi,
- Yapılara ait vektör verilerin mimari projelerden üretimi,
- Yapılara ait 3B kat ve yapı modellerin mimari projelerden üretimi,
- Mimari model ve fotogrametrik modellerin doğruluğunun karşılıklı üretimlerle kontrol edilmesi ve her iki model tipinin geometrisi ve konumunun diğer modeli kullanarak iyileştirilmesi ve geometrinin zenginleştirilmesi,
- Fotogrametrik ve mimari yöntemlerle hazırlanan 3B yapı modellerinin eğik ve düşey hava görüntülerinden faydalanılarak kaplanması,
- Üretim süreçlerine ilişkin raporlama ve dokümantasyon,
- Bağımsız bölümlerin mimari projelerden 3B modellendirilmesi,
- Üretimi gerçekleştirilen 3B Modellerin TKGM verileri ile ilişkilendirilmesi ve üretilen verilerin sayısal ortamda idareye teslim edilmesi süreçlerine ve bu süreçlere ilişkin kontrol ve teknik esaslar şeklinde belirlenmiştir.

4.1.2. Proje Kapsamındaki Ana İşler

1. Jeodezik Çalışmalar

Fotogrametrik harita üretimi ve üretim sonrası uygulamalar için mevcut YKN'lerine hava işareti yapılması, zeminde mevcut olmayan noktaların ihya edilerek hava işaretinin yapılması, gerekli durumlarda yeni YKN lerin tesisi, işaretlenmesi, ölçü ve hesaplarının yapılması işlemidir.

2. Havadan Görüntü Alımı

Hava görüntülerinin alımı sayısal hava kamerası kullanılarak Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından yapılmıştır. Görüntü ölçeği ve buna bağlı olarak uçuş yüksekliği yer çözümüleme aralığına uygun olarak belirlenmiştir.

3. GPS/GNSS-IMU Verilerinin İşlemesi

Uçuş anında elde edilen resim orta noktası koordinatları ve dönüklükleri Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından hesaplanmıştır.

4. Görüntü İşleme Çalışmaları (PPS)

Sayısal hava kamerası ile alımı yapılan görüntüler, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından işlenerek (post process) yüksek çözünürlüklü renkli görüntüler elde edilmiştir.

5. Fotogrametrik Nirengi

Proje kapsamındaki hava resimlerinin dış yöneltme parametrelerinin belirlenmesi amacıyla, resimler arası ve kolonlar arası manuel, yarı otomatik veya tam otomatik yöntemlerle belirlenen resim noktalarının kontrol noktalarına bağlı olarak dengelenmesi ve denetlenmesi süreçleridir. Bu aşamada GPS/GNSS-IMU verileri de kullanılmıştır.

6. Sayısal Yüzey Modeli Üretimi

Sayısal yüzey modeli nadir hava fotoğrafları ve eğik hava fotoğrafları kullanılarak üretilen gerçek ortofoto görüntünün yer örnekleme aralığında ve düzenli grid aralıklarına sahip olarak manuel, yarı otomatik veya otomatik yöntemlerle üretilmesi sürecidir.

7. Sayısal Arazi Modeli Üretimi

Sayısal arazi modeli üretimi sayısal yüzey modeli esas alınarak yalın topoğrafya ve yolların sayısal arazi modelinde insan yapısı detaylar ve bitki örtüsü ayrıştırılarak belirlenmiştir. Ancak topoğrafya doğal hali ile fotoğraf GSD esas alınarak korunmuştur. Aynı zamanda yollar ve kaldırımlar korunmuştur.

8. Nokta Bulutu Verisinin Üretilmesi

Yoğun görüntü eşleme (Dense Image Matching) ya da "Semi Global Matching" olarak isimlendirilen yöntemler esas alınarak gerekli olan GSD grid aralığında nokta verilerinin toplanması sürecidir.

9. Gerçek Ortofoto Üretimi

Dış yöneltme parametreleri belirlenen hava resimlerinin, sayısal yükseklik bilgileri, geometrik ve radyometrik düzeltmelerle yataylanması, yataylanmış resimlerin birleştirilmesi, ton-kontrast farklılıkları dengelenmesi suretiyle 1/1000 ölçekli gerçek ortofotoların üretilmesidir.

10. Yapıya ait Vektör Verilerin Fotogrametrik Yöntemle Üretimi

Proje sınırına giren yapılara ait vektörel verilerin 2B veya 3B ortamda üretim sürecidir.

11. Yapılara ait 3B Modellerin Fotogrametrik Verilerle Üretimi

Proje sınırına giren tüm binaların, OGC standardı olan CityGML LOD 2.3 tanımına uygun olarak 3B modelinin üretilmesi sürecidir.

12. Yapılara ait Vektör Verilerin Mimari Projelerden Üretimi

İdare tarafından sayısal ortamda ya da servis olarak teslim edilen mimari projelerden binanın karakteristik yapısını yansıtan detaylarının vektörel olarak üretilmesi sürecidir.

13. Yapılara ait 3B Kat ve Yapı Modellerin Mimari Projelerden Üretimi

Mimari projelerden vektör verisi üretilen tüm binaların, OGC standardı olan CityGML standardında ve geometrik detay ve doğruluk olarak referans çalışmada tasvir edilen LoD 2.3 detay seviyesinde 3B modelin ve yapıda bulunan her bir katın OBJ formatında üretilmesi aşamasıdır. Mimari projesi mevcut zemin altında bulunan yapıların da 3B modelinin üretilmesini kapsamaktadır.

14. 3B Yapı Modellerinin Kaplanması

Proje kapsamında üretilen 3B modellerin (mimari ve fotogrametrik yöntemle üretilenlerin tümü) yan yüzeylerin eğik, çatılarının düşey görüntülerden veya üretimi gerçekleştirilen gerçek ortofotolardan kaplanması sürecidir.

15. 3B Yapı Modellerinin Kaplanması

Proje kapsamında üretilen 3B modellerin (mimari ve fotogrametrik yöntemle üretilenlerin tümü) yan yüzeylerin eğik, çatılarının düşey görüntülerden veya üretimi gerçekleştirilen gerçek ortofotolardan kaplanması sürecidir.

16. Üretimi Gerçekleştirilen 3B Modellerin TKGM Verileri İle İlişkilendirilmesi

Proje alanı içerisinde yer alan bina verilerine ilişkin parsel, bina ve mimari proje bilgileri ilişkilendirilmiş olarak İdare tarafından yükleniciye servis olarak ya da sayısal ortamda verecektir. Yüklenici servis verilerini ya da sayısal verileri kullanarak ürettiği 3B modelleri bu verilerle ilişkilendirerek İdareye teslim edecektir.

17. Üretilen Verilerin Sayısal Ortamda İdareye Teslim Edilmesi

İdare tarafından öngörülen biçimde sonuç ürünlerin İdareye teslimidir.



Şekil 4.12. 3B Harita Sunum Uygulaması Amasya Örneği

Şekil 4.12. de <https://amasya3b.tkgm.gov.tr/> üzerinden ulaşılan Amasya 3B Kent Modeli pilot uygulamsı üzerinden çalışma yapılan alan üzerinden örnek görsel sunulmuştur.

4.1.3. Pilot Proje Saha Çalışmaları

Amasya Kadastro Müdürlüğüne şehir merkezinde kadastro güncelleme çalışmaları tamamlanmak üzere sürdürülmüştür. 3 Boyutlu Şehir Modelleri ve Kadastro Altlıkları Projesi kapsamında da ilk üretimler ve büro kontrolleri tamamlanmıştır. Bu kapsamda sahada;

- Fotogrametrik yöntemle üretilen bina verilerinin tamlığının,
- Mimari projelerden üretilen verilerin tamlığının,
- Fotogrametrik ve mimari projelerden üretilen modellerin genel hatları ile uyumluluğunun,
- Kadastro güncellemede toplanan bina verileri ile uyumluluğunun,
- MAKS bina verileri ile uyumluluğunun,

tespit edileceği hedeflenmiştir.

4.1.4. Proje Sonucunda

- Kadastro güncelleme çalışmalarında sahada toplanacak ilave verilerin ve bu verilere ilişkin mevzuat değişiklik önerilerinin belirlenmesi,
- Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü bünyesinde projeye bağlantılı çalışan başkanlıkların birlikte çalışarak oluşturduğu 3B bina üretim ve sunumuna ilişkin GML yapısının güncelleme çalışmalarına entegre edilmesi,
- Taşınmaz değerlendirme çalışmalarında ihtiyaç duyulan verilerin belirlenerek güncelleme ve 3B Şehir Modelleri projelerinde üretim olanaklarının araştırılması,
- Tescilsiz ve mevzuata uygun olmayan binaların İmar Kanunu 32. Madde kapsamında sicil belirtmelerine yönelik çalışmaların yapılması,
- Tescilli binaların bağımsız bölümlerinin mimari projedeki bağımsız bölüm sayısı ile fiili durumun karşılaştırılarak MAKS entegrasyonunu olanaklarının belirlenmesi ve maliyet analizlerinin yapılması,
- Tescilsiz binalara ilişkin Amasya Belediyesi ile görüşmeler yapılması,
- MAKS ile entegre bir şekilde Kat İrtifakı ve Kat Mülkiyeti işlemlerinin 3Boyutlu modelleri oluşturacak şekilde yapılabilmesine yönelik ön çalışmaların pilot bölgede başlatılması,
- Çalışmalar kapsamında mimari projeler tarandıktan sonra vektörize edilerek oda ve alan bilgilerini de içeren üç boyutlu model haline getirilmektedir,

hedeflenmiştir.

4.2. Süreçler

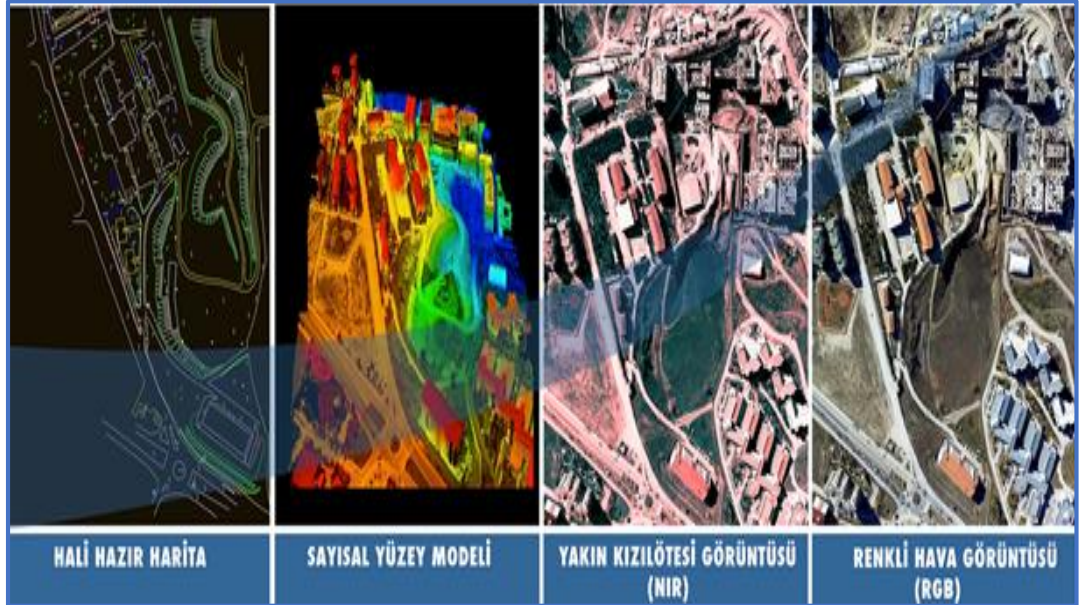
4.2.1. Verilerin Toplanması

Proje kapsamında gerçekleştirilecek üretim faaliyetleri Fotogrametrik Üretimler ve Mimari Model Üretimleri olmak üzere iki ana başlık altında değerlendirilmektedir

4.2.1.1. Fotogrametrik Üretimler; yer kontrol noktaları (YKN) nın işaretlenmesi ve ölçümü sonrasında Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) tarafından UltraCam Osprey Mark 3 Premium kamerasıyla alınan nadir ve oblik hava fotoğraflarının çekimi ve süreçlerin tamamlanarak Level 3 seviyesinde yüklenicilere teslim edilmesi sonrasındaki üretimleri kapsamaktadır. Fotogrametrik Yöntemle Üretilen 3 Boyutlu Bina Modelleri zeminde mevcut tüm yapıları içermektedir.

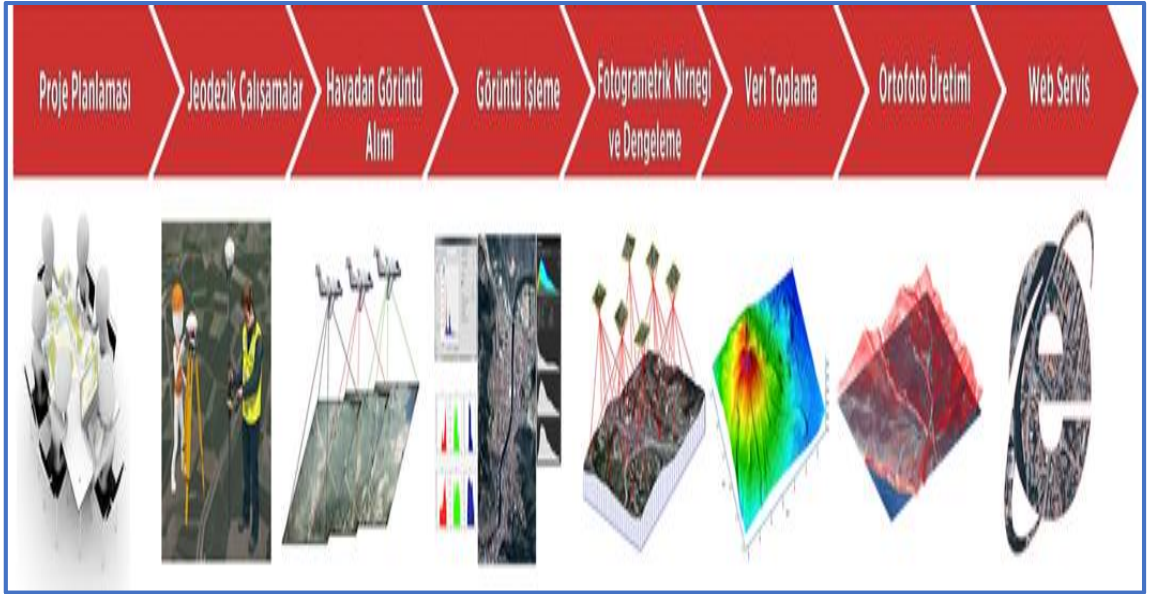
4.2.1.2. Fotogrametrik Üretimler Kapsamında Gerçekleştirilecek Faaliyetler ve Üretilen Ürünler

- Fotogrametrik blokların oluşturulması, fotogrametrik nirengi işlemlerinin ve dengelemelerinin gerçekleştirilmesi,
- Nadir fotoğraflardan oluşturulacak stereo modellerden binaların belirlenen kurallara uygun olarak 3B olarak kıymetlendirilmesi,
- Fotogrametrik blokların nokta bulutlarının ve bu nokta bulutlarından fotoğraf çözünürlüğünde SYM'lerin üretilmesi,
- Fotogrametrik blokların fotoğraf çözünürlüğünde gerçek ortofotolarının oluşturulması,
- SYM'lerden belirlenen kurallara uygun, fotoğraf çözünürlüğünde SAM'ların elde edilmesi,
- Kıymetlendirilen 3B bina vektör verilerinden 3B Bina Modellerinin oluşturulması,
- 3B Bina Modellerinin çatılarının nadir hava fotoğrafları/gerçek ortofotolar ve yan yüzeylerinin ise oblik hava fotoğrafları kullanılarak kaplanması,
- Tüm faaliyetlerin ve üretilen ürünlerin tamamının kalite kontrollerinin yapılması ve TKGM'ye birer rapor halinde teslim edilmesi şeklindedir.



Şekil 4.13. Fotogrametrik Üretim Süreçleri

Şekil 4.13. üzerinden Fotogrametrik üretim süreçlerinde hali hazır haritanın renkli hava görüntüsüne kadar ilerleme durumundaki görüntü farklılıkları paylaşılmıştır.



Şekil 4.14. Fotogrametrik Üretim Süreçleri

Şekil 4.14. üzerinden fotogrametrik üretim süreçlerinin proje planlamasından web servis sunumuna kadar geçen aşamalara görselleştirilerek değinilmiştir.

4.2.2. Mimari Model Üretimleri

TKGM tarafından proje bölgelerine ilişkin mevcut tüm bina ve bağımsız bölümlere ait sayısal ve/veya taranarak sayısallaştırılmış mimari planların yüklenicilere teslim edilmesi sonra gerçekleştirilecek üretim faaliyetlerini ve elde edilecek ürünleri içermektedir. Mimari Proje ile üretilen 3 boyutlu bina modelleri tapu müdürlüklerinin arşivlerinde bulunup e-arşiv kapsamında tarama işlemi tamamlanan mimari projeleri kapsamaktadır.

4.2.2.1. Mimari Model Üretimleri Kapsamında Gerçekleştirilecek Faaliyetler ve Üretilen Ürünler

- Mimari Projelerin Temini
- Mimari Projelerde Bina ve Bağımsız Bölümlerin Vektörel Verilerinin Üretimi ve 3 Boyutlu Modellenmesi
- 3 Boyutlu Modellerin Koordinatlandırılması
- 3 Boyutlu Modellerin Kaplanması
- 3 Boyutlu Modellerin İyileştirilmesi
- Bağımsız Bölüm ve Bina Modellerinin Kimliklendirilmesi (Tapu, Kadastro ve Belediye Veri Entegrasyonu)

4.3. Mimari Projelerin 3 Boyutlu Modellere Dönüştürülmesi

4.3.1. Sayısallaştırılma Yazılımı

Bina üretimi gerçekleştirildikten sonra bina ada ve parsel numarasıyla mimari projede ilgili taşınmaza bağlanır. Bu taşınmazların yeryüzündeki yerini belirlemek amacıyla fotogrametrik ürünlerden elde edilen modellere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle fotogrametrideki tüm binalar LOD 2,3 seviyesinde detaylı bir şekilde üretilir.

Projenin ilerleyen aşamalarında kullanılmak üzere belirlenmiş bir cad dosya yapısı üzerinde üretimi yapılır. Tüm bu verilerle birlikte arazi yükseklik verileri de kullanılarak 3 boyutlu model haline getirilir.

4.3.2. Fotogrametrik Bina Modellerini Kaplama

Mevcut olan oblik fotoğraflardan elde edilen görüntüler aracılığıyla modeller kapanarak gerçeklik ve görsellik kazanır.

4.3.3. Binaların ve Bağımsız Bölümlerin Kimliklendirilmesi

Proje kapsamında kadaströ verileri için entegrasyonun sağlanması adına bağımsız bölüme kadar inebilen ve taşınmaz ıd baz alınarak CityGML formatında kimliklendirme işlemi yapılmalıdır.

4.4. Proje Ürünleri

- Nokta Bulutu
- Sayısal Yüzey Modeli
- Sayısal Arazi Modeli
- Ortofoto
- Fotogrametrik Model
- Mimari Model

4.4.1. Nokta Bulutu ve Sayısal Yüzey Modellerinin Üretilmesi

Nokta Bulutu: Lazer tarama cihazlarından gönderilen lazer ışınının yüzeylere çarpıp yansıması ile elde edilen X,Y,Z değerlerini içeren nokta kümesidir.

Nokta bulutu üretim süreci insan yorumu veya katkısı olmadan yapılan bir süreçtir. Bu coğrafi veriyi üreten yazılımların temel prensibi işlem başlamadan önce

hedef çözünürlük ile ilgili girdiyi kullanmaktır. Tipik bir süreç olarak geometriyi ve çözünürlüğü düşürmek işlem sürecini oldukça hızlandırmaktadır.

Proje alanının nokta bulutları “Yığın Eşleme (Dense Matching)” ve/veya “Yarı Global Eşleme (Semi Global Matching)” algoritmaları kullanılarak renk (KMY - Kırmızı Mavi Yeşil) değerlerine sahip açık format olan las formatında üretilmektedir. LAS Formatı açık tanımlı olmasının yanı sıra oldukça yaygın olup bir endüstri standardı haline gelmiştir. Nokta bulutları 1km x 1km gridler halinde bölütlenmiş (tile yapıda) olmalıdır.

Nokta bulutu yoğunluğu 8 piksel de en az bir adet 3B nokta olacak şekilde belirlenmelidir. Bu noktalar en az 3 farklı fotoğrafın ortak alanında yer almalıdır (3 ışın ile kesişmelidir).

Aşağıda bulunan Şekil 4.15., Şekil 4.16., Şekil 4.17. ve Şekil 4.18. de proje alanına ait nadir fotoğraflarla elde edilen nokta bulutu örnekleri gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Nadir Fotoğraflarla Elde Edilen Nokta Bulutu



Şekil 4.16. Nadir Fotoğraflarla Elde Edilen Nokta Bulutu



Şekil 4.17. Tüm Yönlerdeki Fotoğraflarla Elde Edilen Nokta Bulutu

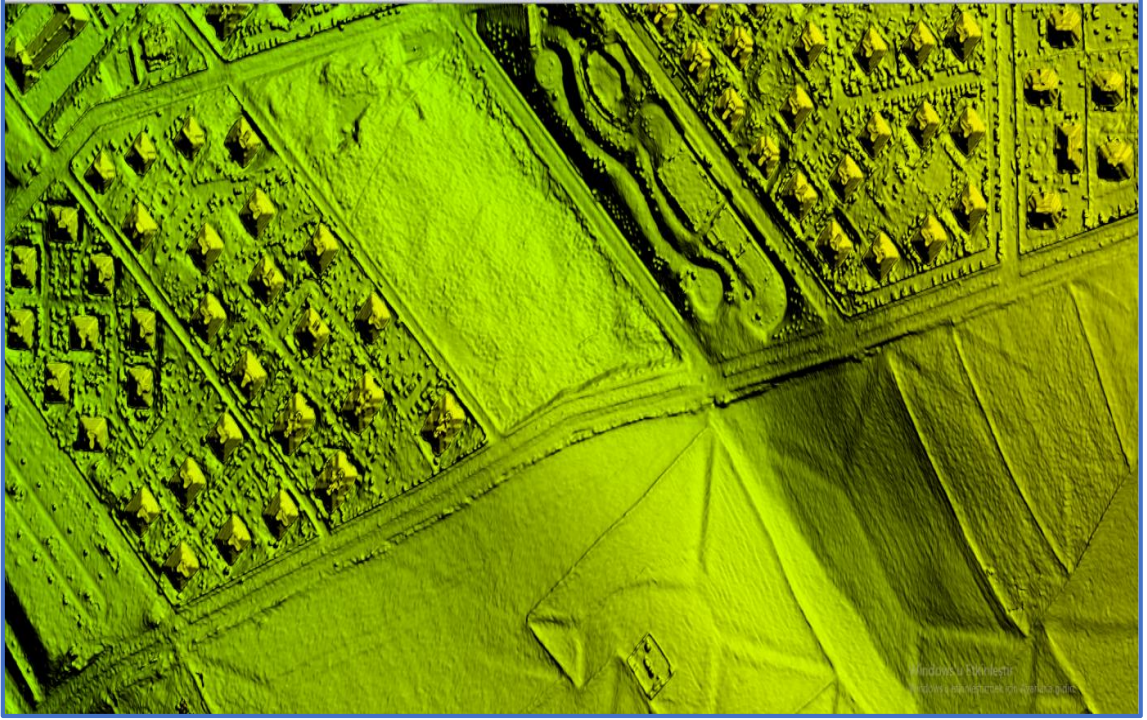


Şekil 4.18. Tüm Yönlerdeki Fotoğraflarla Elde Edilen Nokta Bulutu

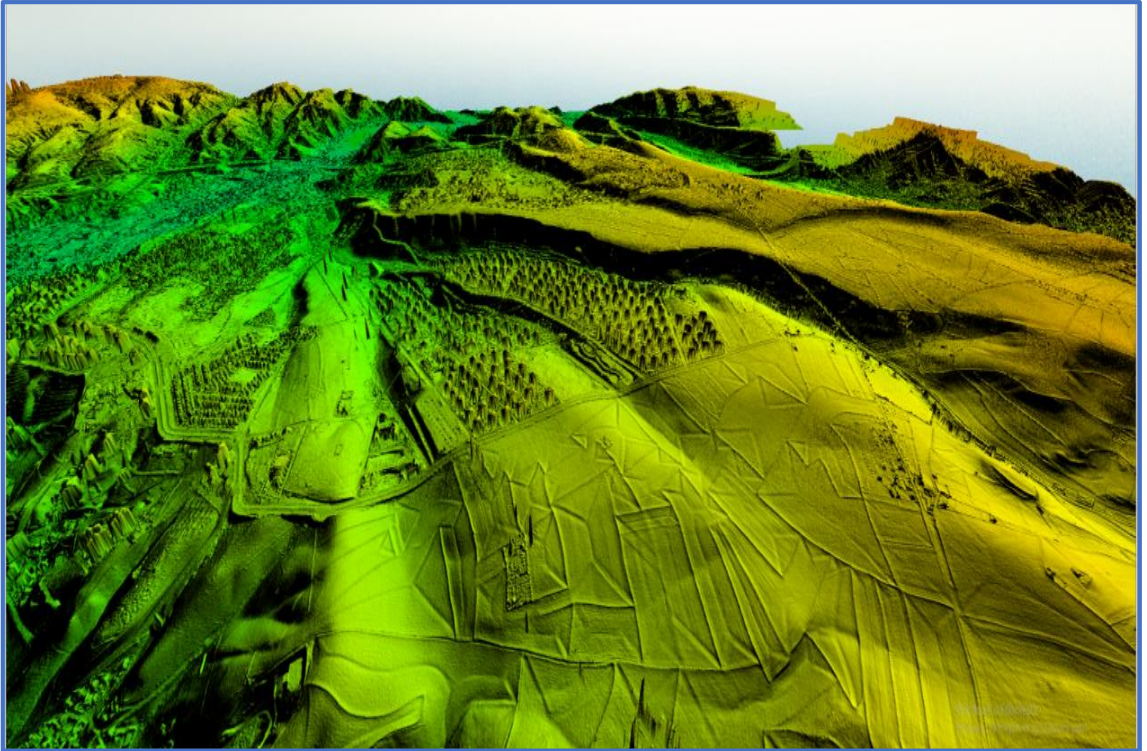
Nokta bulutunda yan yüzeylere ait daha fazla nokta toplanmasına olanak sağlamak adına nokta bulutu üretimlerine oblik fotoğraflar dahil edilebilir. Ancak geometrik doğruluklarının daha düşük olacağı değerlendirildiğinden ve yan yüzeylere ait model verileri vektör verilerden elde edileceğinden bu proje için toplanması kritik olarak değerlendirilmemiştir.

Nokta bulutu verilerinin üretimlerinin tamamlanması sonrasında nadir hava fotoğrafları ve eğik hava fotoğrafları kullanılarak sayısal yüzey modelleri (SAM) verisi üretilmelidir. Bu aşamaya geçmeden önce nokta bulutunda mevcut olan kaba hatalı noktalar (negatif değerli ve pik yapan noktalar) temizlenmelidir. SYM verilerinin yer örnekleme aralığı, hava fotoğrafları ve ortofotolar ile aynı olmalıdır ve bu değer 10 cm dir.

Şekil 4.19. ve 4.20. de 10 cm yer örnekleme aralığına sahip sayısal yüzey modelleri örneklendirilmiştir.



Şekil 4.19. 10 cm Yer Örnekleme Aralığındaki SYM



Şekil 4.20. 10 cm Yer Örnekleme Aralığındaki SYM

Nokta bulutlarından elde edilen SYM verileri görüntü eşleme algoritmalarının iyi çalışmadığı alanlarda (sulu alanlar, gölgeli alanlar, çok parlak ve çok karanlık alanlar

vb.) hatalar içermektedir. Bu hatalar gölgeli alanlarda genelde çukur şeklinde, sulu ve parlak alanlarda ise çok yüksek (pik) yapılar oluşturmaktadır.



Şekil 4.21. SYM'lerde Sulu Alanlarda Düzeltilmesi Gereken Hatalar



Şekil 4.22. SYM'lerde Tel vb. Engellerden Dolayı Meydana Gelen Hatalar

Ayrıca tel vb. nesnelere dolayısıyla SYM’lerde istenmeyen durumlar oluşmaktadır. Bunların da SYM verilerinde düzeltilmesi gerekmektedir. Deniz, göl, baraj gölü, havuz gibi detayların yükseklikleri detay üzerindeki tüm noktalarda aynı değerde olmalıdır. Nehir ve sulu derelerde yükseklikler eğer kenarlar ağaçsız ve açık ise kenarlardan sulu alanlar boyunca alınacaktır. Eğer kenarlar ağaç vb. detaylar dolayısıyla kapalıysa ± 30 cm den daha büyük çukur ve yükseklikler temizlenerek giderilmelidir. Yol üzerindeki köprüler ve viyadükler ile birlikte dere ve su alanları üzerindeki köprüler ve iskeleler de korunmalıdır.



Şekil:4.23. SYM Verisinde Köprü Örneği

Deniz, göl gibi büyük su alanlarının yer aldığı proje alanlarında, kara parçasının veya liman gibi uzantılarının komşu paftalarda devam etmesi durumunda, pafta listesinde olmasa bile, bu paftalar da tamamlanarak projeye dâhil edilmelidir.

4.4.2. Sayısal Yüzey Modellerinden Sayısal Arazi Modellerinin Üretilmesi

Sayısal yüzey modeli: İnsan yapısı detaylar ve bitki örtüsü dâhil arazi yüzeyini temsil eden, çoğunlukla karesel düzenli bir grid yapıda veya düzensiz üçgensel formdaki yükseklik verilerini,

Sayısal arazi modeli: İnsan yapısı detaylar ve bitki örtüsü çıkarılmış çıplak arazi yüzeyini temsil eden, çoğunlukla karesel düzenli bir grid yapıda veya düzensiz üçgensel formdaki yükseklik verilerini, ifade eder.

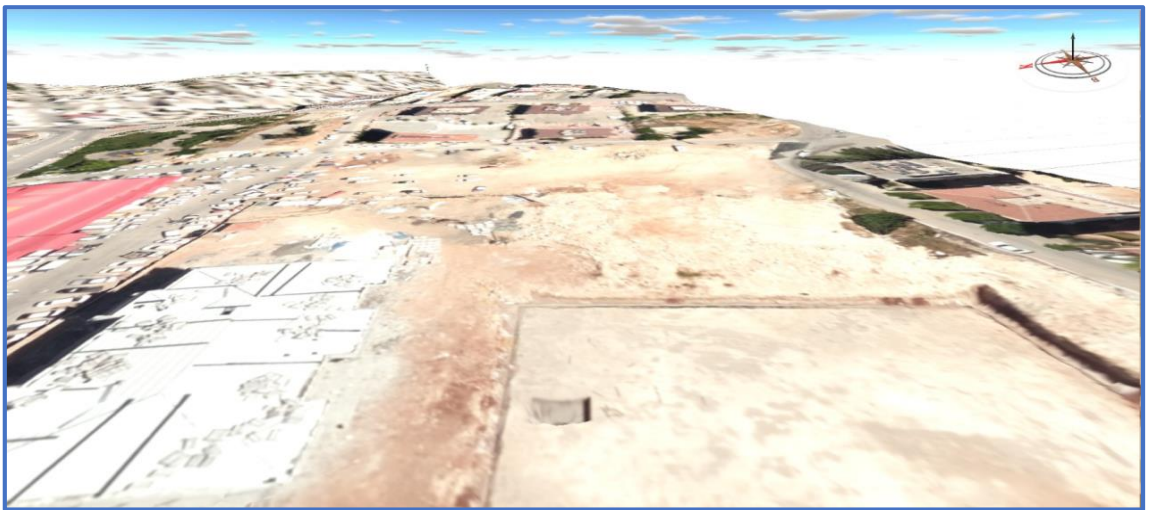
Sayısal arazi modelinin (SAM) elde edilmesi için iki yöntem uygulanabilir.

İlk yöntem sayısal yüzey modellerinden (SYM) ikinci yöntem ise nokta bulutlarından sayısal arazi modeli elde edilmesidir.

Nokta bulutlarından sayısal arazi modeli elde edilmesi yöntemi seçilmesi durumunda fotoğraflardan elde edilen nokta bulutlarının LİDAR'dan elde edilenlere göre daha az bilgi içerdiği ve bunun da sınıflandırmaya olumsuz yönde etki edeceğinin farkında olunmalıdır.



(a)



(b)

Şekil 4.24. (a) SYM'de Topografya (b) SAM'da Hatalı Duruma Gelmiş Topografya

Üretilecek sayısal arazi modeli (SAM) verileri ile sayısal yüzey modellerinde (SYM) mevcut olan binalar, ağaçlar, direkler, duvarlar ve benzeri detayların altından geçen çıplak topoğrafya verisi ortaya çıkarılacaktır. Sayısal yüzey modellerindeki (SYM) mevcut çıplak topoğrafya yapısı (tepeler, kayalar, çökmüş yerler) ve harap kale ve sur gibi kıymetlendirilmesi ve 3B modele dönüştürülmesi zor olan detaylar sayısal yüzey modelinden (SYM) sayısal arazi modeline (SAM) dönüşüm aşamasında korunmalıdır.

Aynı zamanda sayısal yüzey modelinde mevcut köprü, yol ve viyadükler ile yüzeyi düz ve eşit yüksekliğe getirilmiş havuz ve gölet verileri sayısal arazi modelinde korunmalıdır.

Sonuç sayısal arazi yüzeyi (SAM) verisinin mekânsal çözünürlüğü sayısal yüzey modeli ile aynı ve 10 cm olmalıdır.

Ayrıca farklı nedenlerden dolayı arazi modelinde boşluk veya benzeri sorunlar olursa uygun enterpolasyon yaklaşımları ile küçük eksiklikler tamamlanmalıdır. Daha büyük boşluklar olduğu takdirde hata kaynağı araştırılmalı ve çözüm üretilmelidir.

Sayısal yüzey modeli proje için oldukça önemli bir çıktıdır. Basit çözümler ile az nokta ile enterpolasyon yapılarak sayısal arazi modeli üretilmesi engellenmelidir. Amaç veri kaybını en az seviyede tutarak gerçeğe yakın sayısal arazi modeli üretmektir. Dolayısıyla mutlak surette bu arazi modeli yeryüzündeki bütün doğal ve önemli detayları birebir korumalıdır. Yükseklik ile ilgili bilgi kaybına yol açacak herhangi bir sıkıştırma yapılmamalıdır. Sonuç ürünü GeoTiff formatında olmalıdır.

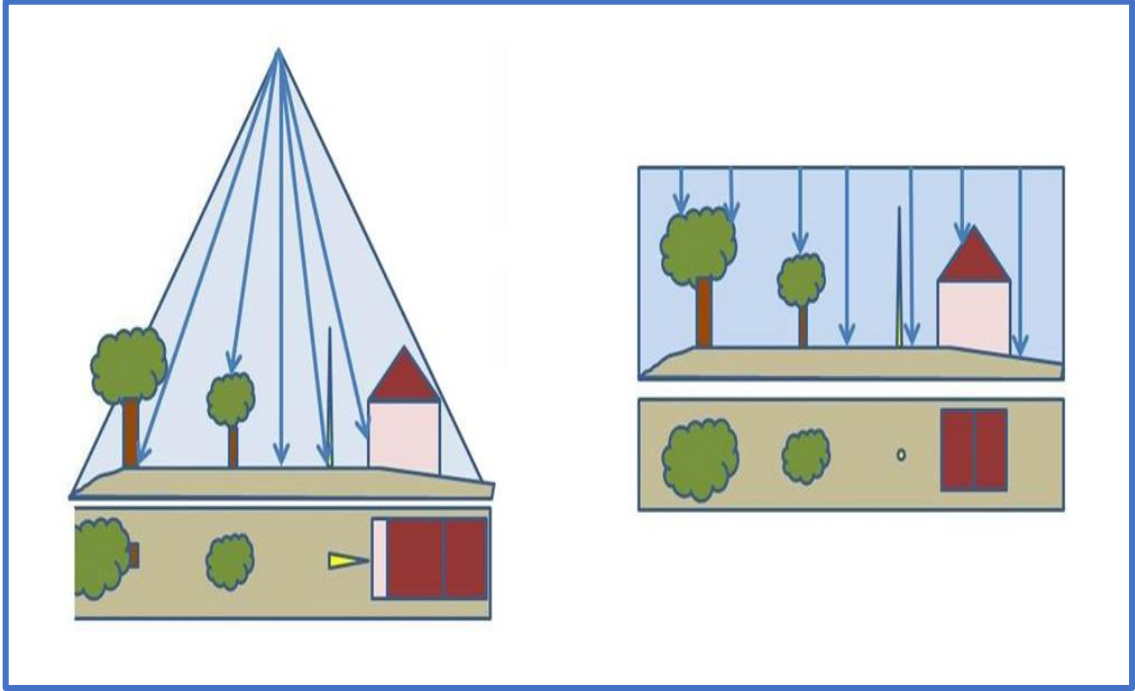
4.4.3. Gerçek Ortofotoların Üretilmesi

Ortofoto: Arazi topoğrafyasındaki yükseklik farklarından kaynaklanan yer değiştirmeler ile algılayıcı yöneltme hatası, mercek bozulmaları ve yeryüzünün küreselliğinden kaynaklanan hataların giderildiği yer referanslı ortogonal görüntülerini,

Gerçek ortofoto: Ortofotodaki hata kaynaklarına ilave olarak topoğrafya üzerindeki nesnelerin (binalar, köprüler ve benzeri) yüksekliklerinden kaynaklanan hataların giderilerek nesnelerin gerçek düzlemsel konumlarında gösterildiği ortofotoları ifade eder.

Ortofoto üretimleri nadir fotoğrafları, eğik hava fotoğrafları ve sayısal yüzey modelleri (SYM) kullanılarak bu görüntülerin doğal çözünürlüğünde BÖHHÜY' de belirtilen kurallar çerçevesinde gerçek ortofoto üretimi şeklinde yapılmalıdır. Gerçek

ortofoto yer örnekleme aralığı ile hava fotoğrafı yer örnekleme aralığı aynı ve 10 cm olmalıdır.



Şekil 4.25. SAM ile Üretilen ortofoto SYM ile Üretilen Gerçek Ortofoto



Şekil 4.26. Ortofoto ve Gerçek Ortofoto

Gerçek ortofotolarda dikkat edilecek bir diğer husus ise bina kenarlarında eğriliklerin ve hataların olmaması gerekliliğidir. Gerçek ortofoto üzerinde renk dengelemi yapılmalıdır.



Şekil 4.27. Ortofotoda Bina Kenarlarında Meydana Gelen Eğrilikler ve Hatalar

Bu tür hataların önüne geçmek için 3B olarak stereo modellerden çizilen bina kenarları sayısal yüzey modele (SYM) kırıklık hattı (Breakline) olarak eklenebilir. Eklendikten sonra belirli bir tampon alan oluşturulup bina kenarı boyunca o tampon içinde kalan yükseklik verisi silinerek gürültülerden arındırılabilir ve gerçek ortofoto bu sayısal yüzey modeline (SYM) göre üretilebilir. Diğer bir yol ise sayısal yüzey modelinde (SYM) gürültü temizleme ve kenarları keskinleştirme filtreleri kullanılabilir.

Sonuç olarak; gerçek ortofotolardaki bina kenarları, çizilen 3B bina vektörlerindeki kenarlar gibi düz olmalıdır. Ayrıca stereo modellerden çizilen 3B vektör veriler gerçek ortofoto ile üst üste açılınca arada bir pikselden daha büyük farklar olmamalıdır. Görüntü işlemede asla düşük çözünürlükle işlem yapılmamalı ve kesinlikle gerçek piksel boyutu kullanılmalıdır.



Şekil 4.28. Bina Kenarları Düzeltilmiş Gerçek Ortofoto

4.5. 3B Yapı Modelleri ve Kent Modellerinin Üretilmesi

Bu aşamada ortofoto görüntüsü alınan ve proje sahası içerisinde kalan binaların 3 boyutlu modellerinin hazırlanması gerçekleştirilmektedir.

Yapılan bu projenin başarılı olması ve pek çok ülkeye bir ilk oluşturabilmesi adına anahtar yaklaşım iyi bir kent modeli oluşturmasıdır. 3 boyutlu kadastrо sistemindeki verilerin hazırlanması, iyileştirilmesi ve bütünleştirilmesi gibi aşamalar ve bu aşamalarında sürekliliği sağlanmalıdır.

Bu süreç kapsamında çıktı olarak bir şehir içerisindeki bağımsız binaların sadece geometri bilgisinin oluşturulması beklenmektedir. Bu kapsamda binaların bir OGC standardı olan CityGML formatına uygun olarak hazırlanması gerekliliği söz konusudur. Bina modelleri en az LOD2,3 seviyesinde olmalıdır. Veri kaynağı esas alındığında modellerin çatı izi esas alınarak hazırlanması sağlanmalıdır. Bu aşamada bir kalite standardı olarak 50 cm üzerindeki çizgisel veya muadil olan detayların kaybolmasına müsaade edilmemelidir. Bina çatıları ve yan yüzeyleri eğik ve düşey hava fotoğraflarından faydalanarak kaplanmış olmalıdır. Bir standart yaklaşım olarak zorunlu yapılar dışında hiçbir yapının toplam yüzey alanının %5 inden daha fazlasının farklı bina dokuları ile örtülmemesi gerekir. Doku kaplamaları ile ilgili olabilecek deformasyonlar ve yamuk kaplamalardan kaçınılmalıdır. Dolayısıyla balkon gibi yatay

ve düşey dik çizgilerden faydalanılarak binanın şakül eksenini esas alınarak 10 dereceden daha büyük olan yamuk kaplamalara izin verilmemelidir.

4.6. Mimari Modellerin Akıllandırılması ve 3 Boyutlu Kent Modeli ile Bütünleştirilmesi

Yapılara ait mimari modellerin sağlanmasının ardından yapı içerisindeki bağımsız bölüm ve yapının tamamının bu aşamada 3 boyutlu modelinin oluşturulması sağlanmalıdır. Taranmış planlar kullanılarak yapı ve yapının içerisindeki tüm bağımsız bölümler dıştan dışa modellenmelidir. Plan ile sağlanan lokal veya global koordinatlar kullanılarak yapının dünya üzerinde doğru bir şekilde konumlandırılması sağlanmalıdır.

Olası gerçek ve plan arasındaki konum ve büyüklük olarak ciddi farkların bulunması durumunda bu durum sorunlu bir yapı olarak değerlendirilmeli ve bu yapı için ayrı bir çalışma yapılmalıdır. Hazırlanan bu bina modeli artık 3 boyutlu kent modelindeki yapıların yan detayların iyileştirilmesinde kullanılabilir.

4.7. 3 Boyutlu Kadastro Çalışması ve Entegrasyon

Bu aşama topografik veriler, 2 boyutlu kadastro verileri, 3 boyutlu bina modelleri, mimari modeller, hukuki hususlar gibi pek çok parametreyi içermektedir. Tüm girdilerin bütünleştirildiği bu sürecin sonunda projenin en önemli çıktısı olan 3 boyutlu kadastro çözümü ve 3 boyutlu kent modeli çıkmış olacaktır. Bu çıktılar pek çok paydaşın kullanımına sunulmakla birlikte ülke ekonomisine ciddi anlamda katkı sağlayacaktır.



Şekil 4.29. 3B Şehir Modelleri Kadastro Entegrasyonu

İdare bu aşamada internet tarayıcısı üzerinden Şekil 4.30. da görünen TKGM 3B Veri Yönetim ve Süreç Takip Uygulaması adres linki girilerek uygulamaya erişim sağlar ve birleştirilmiş olan 3 boyutlu bina modelleri ve mimari modellerinin kontrolü sağlanır.



Şekil 4.30. 3B Veri Yönetim ve Süreç Takip Uygulaması Erişim Linki

4.8. 3B Veri Yönetim Ve Süreç Takip Uygulaması

3B Şehir Modelleri Yönetim Bilgi Sistemi kapsamında Veri Yönetim ve Süreç Takip Uygulaması genel çerçevede Bina Modeli Üretim Aşaması ile Üretilen Modellerin Kontrol ve Doğrulama Aşaması olmak üzere iki ana süreçten meydana gelmektedir.

Uygulama kapsamındaki Bina Modeli Üretim Aşaması süreci aşağıdaki alt süreçlerden oluşmaktadır:

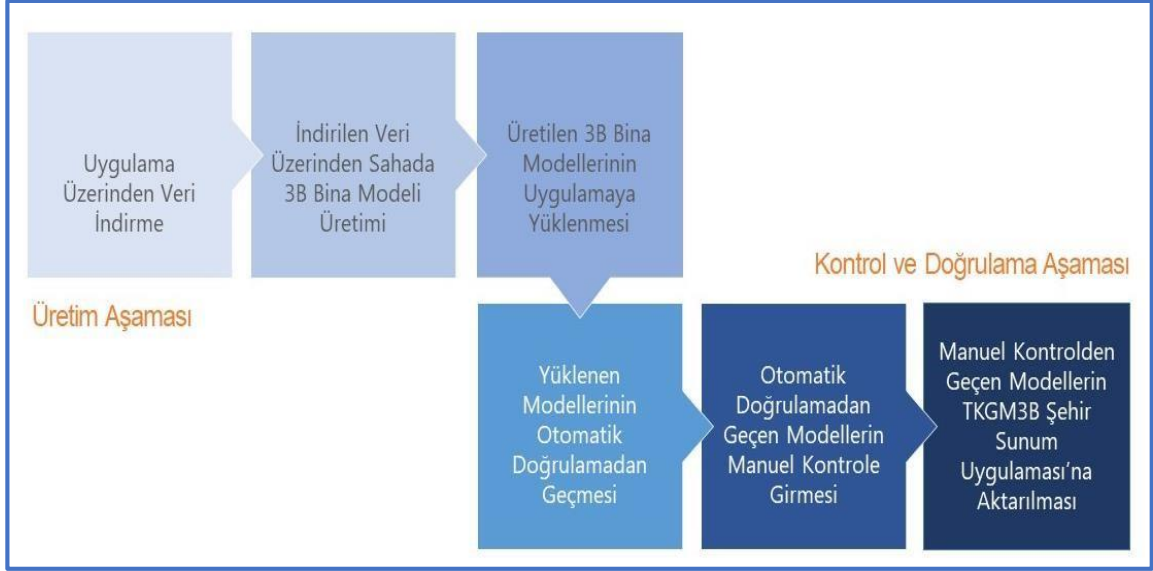
- Uygulama Üzerinden Veri İndirme
- İndirilen Veri Üzerinden Sahada 3B Bina Modeli Üretimi ve Üretilen 3B Bina Modellerinin Uygulamaya Yüklenmesi

Üretilen modellerin kontrol ve doğrulama aşaması ise uygulama kapsamında aşağıda aktarılan alt süreçlerden oluşmaktadır:

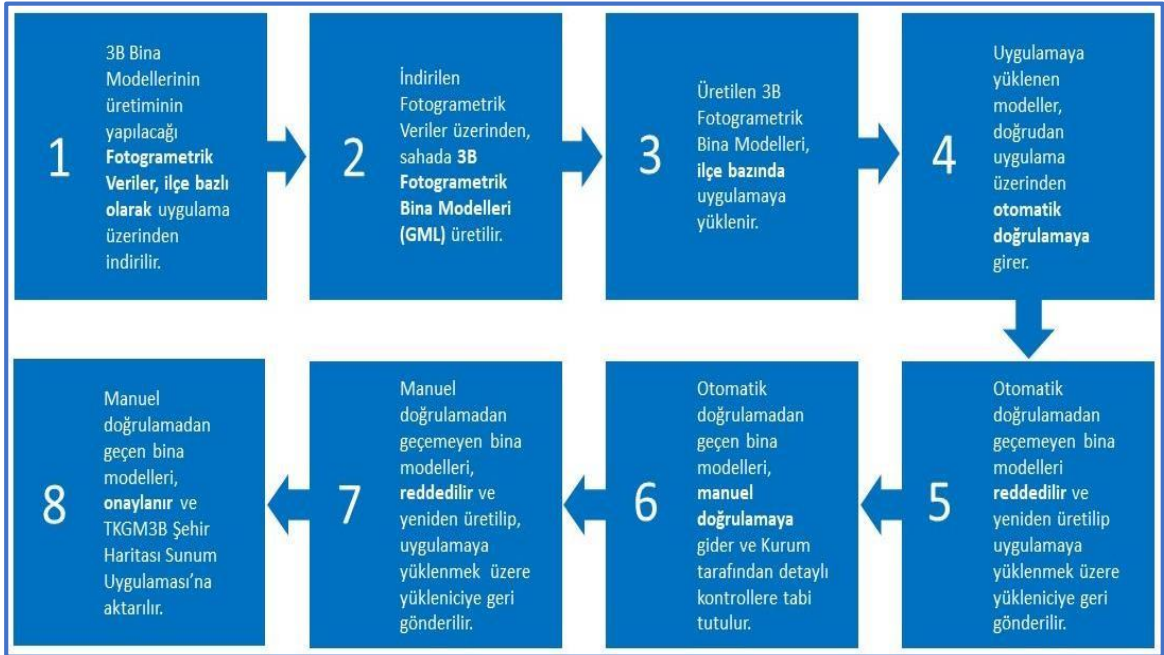
- Yüklenen Modellerinin Otomatik Doğrulamadan Geçmesi
- Otomatik Doğrulamadan Geçen Modellerin Manuel Kontrole Girmesi
- Manuel Kontrolde Geçen Modellerin TKGM 3B Şehir Sunum

Uygulaması'na Aktarılması

Şekil 4.31. üzerinde 3B Şehir Modelleri Yönetim Bilgi Sistemi kapsamında Veri Yönetim ve Süreç Takip Uygulaması üzerindeki üretim aşaması ve kontrol ve doğrulama aşamaları gösterilmiştir.



Şekil 4.31. 3B Veri Yönetim ve Süreç Takip Uygulaması

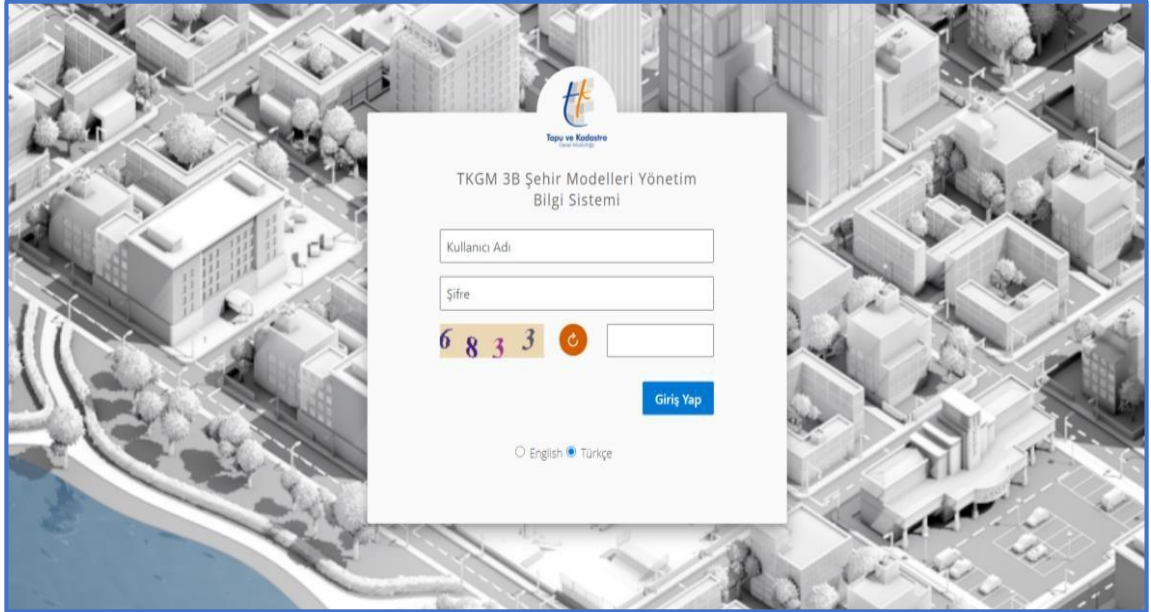


Şekil 4.32. 3B Veri Yönetim ve Süreç Takip Uygulaması

Şekil 4.32. ve Şekil 4.33. üzerinde 3B Veri Yönetim ve Süreç Takip Uygulaması işlem adımları gösterilmiştir.



Şekil 4.33. 3B Veri Yönetim ve Süreç Takip Uygulaması

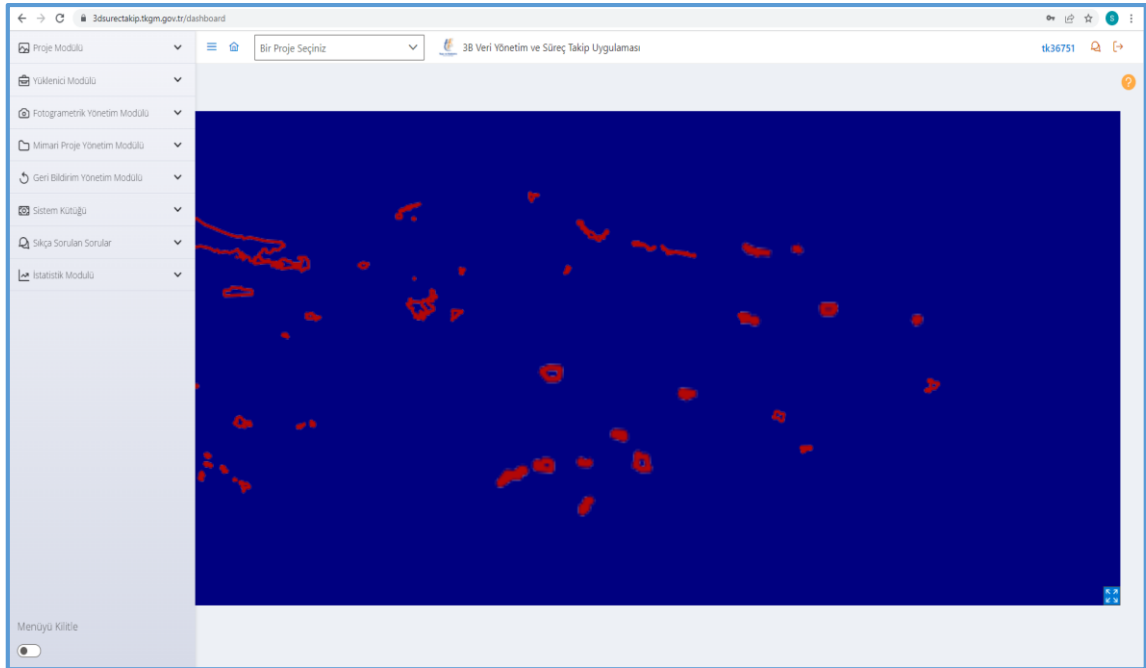


Şekil 4.34. TKGM 3B Şehir Modelleri Yönetim Bilgi Sistemi Giriş Ekranı

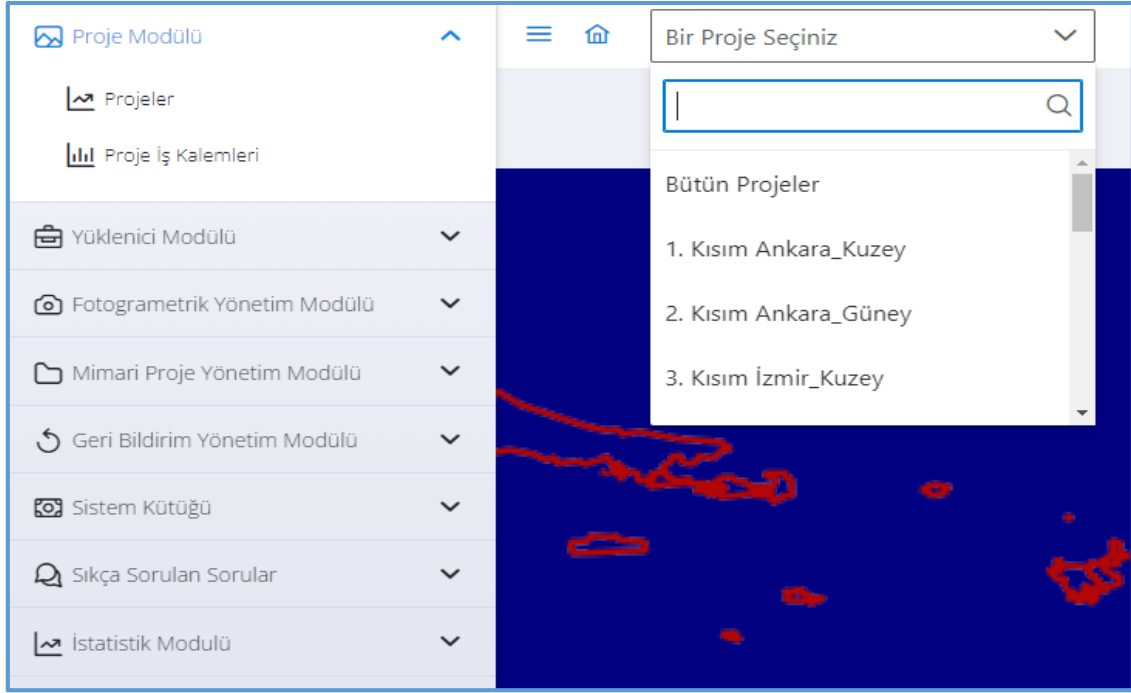
Şekil 4.34. de görüldüğü üzere TKGM 3B Şehir Modelleri Yönetim Bilgi Sistemine giriş ekranı kullanıcı adının ve kullanıcı şifresinin girilmesinin ardından kullanıma açılmaktadır.

Proje kapsamında üretilen verilerin yönetimi ve yapılacak uygulamanın takibi açısından kurulan 3B Yönetim ve Süreç Takip Uygulaması 6 modül üzerinden çalışmaları gerçekleştirmektedir. Bu modüller;

1. Proje Modülü
2. Yüklenici Modülü
3. Fotogrametrik Yönetim Modülü
4. Mimari Proje Yönetim Modülü
5. Geri Bildirim Yönetim Modülü
6. Sistem Kütüğü
7. Sıkça Sorulan Sorular
8. İstatistik Modülü



Şekil 4.35. 3B Veri Yönetim ve Süreç Takip Uygulaması Ana Ekranı



Şekil 4.36. 3BVeri Yönetim ve Süreç Takip Uygulaması Modülleri

4.8.1. Proje Modülü

Sistem üzerinden projelerin oluşturulması kapsamında proje alanının yüklenmesi, proje bilgileri, proje alanı, idari alan ve yüklenici bilgilerinin görüntülenmesi, düzenlenmesi ve projelerin sistemden silinmesi işlemlerini kapsar. Bununla birlikte sistem üzerinden yönetilecek projelerin iş kalemleri ve hakediş yönetimini de bu alanda yapılmaktadır.

İşlem	Proje Adı	Sözleşme Tarihi	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi	İhale No	Yüklenici	Durum
>	Istanbul	22-02-2021	01-04-2022	25-07-2023	2022191180	-	Oluşturuldu
>	9. Kısım Bursa	09-12-2020	17-12-2020	12-12-2021	2020371907	A.Z.M. Harita Jeoloji İnşaat Turizm Medikal Gıda San. Ve Tic. Anonim Şti.	Oluşturuldu
>	10. Kısım Muğla	09-12-2020	17-12-2020	12-12-2021	2020371909	A.Z.M. Harita Jeoloji İnşaat Turizm Medikal Gıda San. Ve Tic. Anonim Şti.	Oluşturuldu
>	14. Kısım Samsun	09-12-2020	17-12-2020	12-12-2021	2020373558	Geogis Mühendislik Müşavirlik İnşaat Ve Ticaret A.Ş.	Oluşturuldu
>	15. Kısım Malatya	09-12-2020	17-12-2020	12-12-2021	2020373561	Geogis Mühendislik Müşavirlik İnşaat Ve Ticaret A.Ş.	Oluşturuldu
>	8. Kısım Kocaeli	09-12-2020	15-12-2020	10-12-2021	2020371905	Özerler Mühendislik İnş. San. Ve Tur. Tic. A.Ş.	Oluşturuldu

Şekil 4.37. Proje Modülü

4.8.1.1. Proje İş Kalemleri

- Fotogrametrik Veri Üretimi İçin Nadir Hava Fotoğraflarının Dengelenmesi

- Fotogrametrik Yöntemle Üretilen Sayısal Yükseklik Bilgilerinin Üretimi (Sayısal Yüzey Modeli Üretimi, Sayısal Arazi Modeli Üretimi, Nokta Bulutu Üretimi)
- Fotogrametrik Yöntemle Üretilen Gerçek Ortofoto Üretimi
- Yapıya Ait Vektör Verilerin Fotogrametrik Yöntemle Üretimi
- Mimari Projelerden Vektörel Verilerin Üretimi
- 3B Modellerin Mimari Projelerden Üretimi
- Üretimi Gerçekleştirilen 3 Boyutlu Modellerin Karşılıklı Kontrolü, Raporlanması ve Konumlandırılması
- Üretimi Gerçekleştirilen 3 Boyutlu Modellerin TKGM Verileri ile İlişkilendirilmesi
- Üretimi Gerçekleştirilen 3 Boyutlu Modellerin Sayısal Ortamda İdareye Teslim Edilmesi
- Jeodezik ve Fotogrametrik Tüm Sonuç Ürünlerin, Raporların ve Dökümanların Teslim Edilmesi
- Fotogrametrik Veri Üretimi İçin Eğik Hava Fotoğraflarının Dengelenmesi
- Yapılara Ait 3 Boyutlu Modellerin Fotogrametrik Verilerle Üretim Kaplanması

4.8.2. Yüklenici Modülü

Sistem üzerinden bir projeye yüklenici ekleme, yüklenici silme, yüklenici bilgilerini güncelleme ve yüklenicinin personel bilgilerini düzenleme işlemlerini bu modül üzerinden gerçekleştirmektedir.

+ Yüklenici Ekle		Yüklenici Listesi		
İşlem	Ad ↑↓	MERSİS No ↑↓	Vergi Kimlik No ↑↓	Oluşturulma Zamanı
>	İndis Proje Muh. Hiz. A.Ş.	0099053334100001	0990533341	17-03-2021 / 17:44
>	Kutlubey Harita İnşaat Mühendislik San. Tic. A.Ş.	0600021333100001	6000213331	17-03-2021 / 23:46
>	Mescioğlu Mühendislik Ve Müşavirlik A.Ş.	0619052551600011	6190525516	18-03-2021 / 21:44
>	Geogis Mühendislik Müşavirlik İnşaat Ve Ticaret A.Ş.	0394048688200024	3940486882	18-03-2021 / 21:50
>	Özerler Mühendislik İnş. San. Ve Tic. A.Ş.	0690005076800012	6900050768	18-03-2021 / 23:36

Şekil 4.38. Yüklenici Modülü

4.8.3. Fotogrametrik Yönetim Modülü

Bu modül 7 aşamadan oluşmaktadır.

1. Kadastro Veri Yönetim
2. Bina Yükleme
3. Otomatik Doğrulama Sonuçları
4. Manuel Kontrol
5. Manuel Kontrolden Reddedilenler
6. Sunuma Gönder
7. Bina/DTM/Ortofoto Kontrol Sonuçları



Şekil 4.39. Fotogrametrik Yönetim Modülü

4.8.3.1. Kadastro Veri Yönetim

Yüklenicinin 3B fotogrametrik üretimde kullanacağı Fotogrametrik Proje Verileri'nin sistem üzerinden indirilmesi ve bu işlemin sistemde kayıt altına alınması işlemini kapsar.

4.8.3.2. Bina Yükleme

Fotogrametrik Bina Yükleme Modülü yüklenici tarafından üretilen 3B fotogrametrik modellerin sisteme yüklenmesi işlemini gerçekleştirir. Kadastro veri yönetim aşamasında bulunan fotogrametrik verisinin kimliklendirilmiş olması gereklidir. 3B fotogrametrik modeller sisteme "İlçe" bazında yüklenir.

4.8.3.3. Otomatik Doğrulama Sonuçları

Sisteme yüklenen 3B bina verilerinin otomatik doğrulama durumlarının listelenmesi ve otomatik doğrulamadan çıktıktan sonraki raporların görüntülenmesi işlemlerini kapsar.

4.8.3.4. Manuel Kontrol

Fotogrametrik proje verilerinin sistem üzerinden kontrollerinin manuel olarak sağlanması işlemlerini kapsar.

4.8.3.5. Manuel Kontrolden Reddedilenler

Fotogrametrik manuel kontrol işlemlerinde reddedilen yapılar ve kontrol detayları bu ekranda görüntülenir.

4.8.3.6. Sunuma Gönder

Fotogrametrik proje verilerinin kontrol işlemleri tamamlandıktan sonra sunum uygulamasına gönderilmesi işlemlerini kapsar.

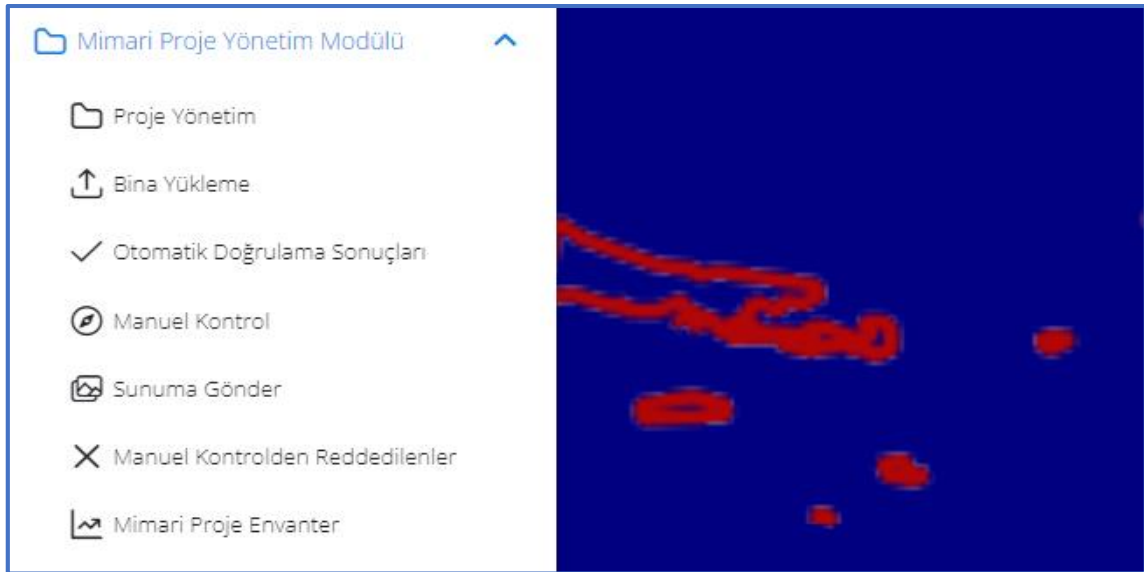
4.8.3.7. Bina/DTM/Ortofoto Kontrol Sonuçları

Fotogrametrik manuel kontrol aşamasında girilen DTM/Ortofoto hatalarının listelendiği modüldür.

4.8.4. Mimari Proje Yönetim Modülü

Bu modül 7 aşamadan oluşmaktadır.

1. Proje Modülü
2. Bina Yükleme
3. Otomatik Doğrulama Sonuçları
4. Manuel Kontrol
5. Sunuma Gönder
6. Manuel Kontrolden Reddedilenler
7. Mimari Proje Envanter



Şekil 4.40. Mimari Proje Yönetimi

4.8.4.1. Proje Yönetim

Proje oluşturma aşamasında kullanılacak mimari verilerin sistem üzerinden indirilmesi ve parsellerin üretim süreçlerinin başlatılması işlemlerini kapsar.

4.8.4.2. Bina Yükleme

Yüklenicinin mimari projeden üretimini yaptığı 3B bina modellerini uygulama içerisine aktarma işlemini kapsar.

4.8.4.3. Otomatik Doğrulama Sonuçları

Sisteme yüklenen 3B mimari bina verilerinin otomatik doğrulama durumlarının listelenmesi ve otomatik doğrulamadan çıktıktan sonraki raporlarının görüntülenmesi işlemini kapsar.

4.8.4.4. Manuel Kontrol

Mimari proje manuel kontrol işlemleri yapılırken reddedilen yapılar ve kontrol detayları bu ekranda görüntülenir.

4.8.4.5. Sunuma Gönder

Sisteme yüklenen mimari bina verilerinin kontrol işlemleri tamamlandıktan sonra sunum uygulamasına gönderilme işlemini kapsar.

4.8.4.6. Manuel Kontrolden Reddedilenler

Mimari proje manuel kontrol işleri yapılırken reddedilen yapılar ve kontrol detayları bu ekranda görüntülenir.

4.8.4.7. Mimari Proje Envanter

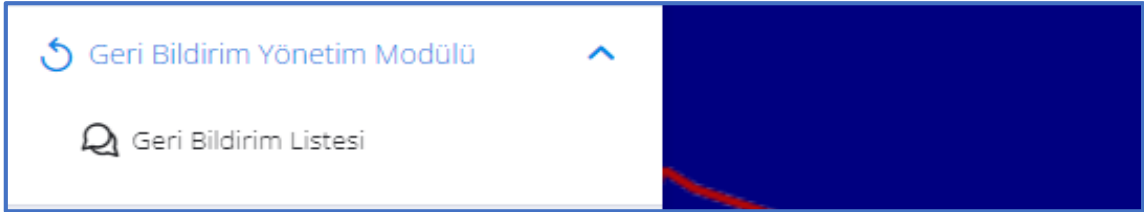
Bu alanda il, ilçe, başlangıç tarihi ve bitiş tarihi seçilerek verilerin

- Ada Numarası
- Mimari Proje Sayısı
- Tadilat Proje Sayısı
- Vaziyet Planı Sayısı
- Mimari Proje Olan Bina Sayısı
- Bina Sayısı
- Kat Mülkiyeti Kurulu Parsel Sayısı
- Kat İrtifakı Kurulu Parsel Sayısı

bilgilerinin görüntülenme işlemi gerçekleşir.

4.8.5. Geri Bildirim Yönetim Modülü

Bu modül geri bildirim listesinden oluşmaktadır.



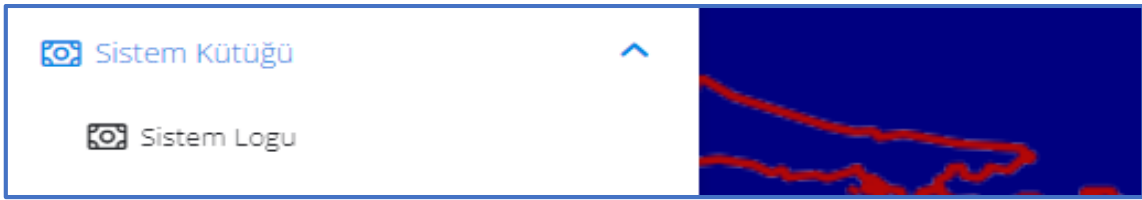
Şekil 4.41. Geri Bildirim Yönetim Modülü

4.8.5.1. Geri Bildirim Listesi

Uygulama kullanılırken yaşanan sorunlarla ilgili geri bildirimlerin oluşturulduğu, görüntülediği ve cevaplandırıldığı modüldür.

4.8.6. Sistem Kütüğü

Bu modülde yapılan işlemler kaydedilir. Bu kayıtların listelendiği ve işlem detayının görüntülediği modüldür.



Şekil 4.42. Sistem Kütüğü Modülü

4.8.7. Sıkça Sorulan Sorular Modülü

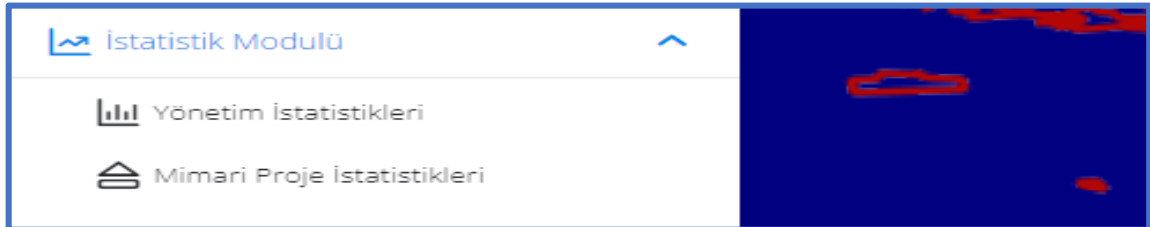
Uygulama kullanıcıların uygulama ile ilgili sorularının yanıtlandığı modüldür.



Şekil 4.43. Sıkça Sorulan Sorular Modülü

4.8.8. İstatistik Modülü

Bu modül Yönetim İstatistikleri ve Mimari Proje İstatistikleri olmak üzere iki ayrı bölümden oluşmaktadır.



Şekil 4.44. İstatistik Modülü

4.8.8.1. Yönetim İstatistikleri

Projelerde ilçe bazında verilerin kontrol durumlarının görüntülediği modüldür.

4.8.8.2. Mimari Proje İstatistikleri

Projelerde seçilen il veya ilçeye göre mahalle bazında mimari proje bilgilerinin ve parsel üretimi başlama durumlarının görüntülediği modüldür.

3B Şehir Modelleri ve 3B Kadastro Altıklarının Oluşturulması Projesi kapsamında ortak talepler belirlenerek birlikte yapılabilecek çalışmaların tespit edilmesi amacıyla pilot uygulama ilk olarak Amasya İlimizde gerçekleştirilmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Ülkelerin alt yapılarının kuvvetlendirilmesi doğru yönetilebilen arazi sistemleriyle mümkündür. Bunun için de arazi ile ilgili politikaların planlaması ve planlanan bu politikaların uygulanabilirliğinin desteklenmesi ve sürdürülebilirliğinin sağlanması gereklidir. Değişen ihtiyaçlara cevap vermek adına gelişen teknoloji, arazi ve insan arasında bulunan mevcut canlı ilişkiyi de etkilemektedir. Bu doğrultuda arazi kavramı, yalnızca zenginlik aracı olarak görülmemekle birlikte varlığını kıt bir kaynak olarak sürdürür hale de gelmiştir. Ayrıca küreselleşmeyle de birlikte sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda arazi kavramının çok amaçlı kadastronun isteklerini karşılaması gereken bir noktaya taşınması gerekliliği de ortaya çıkmıştır.

Arazi yönetim sistemi bir yandan mekânsal referanslı arazi verilerini içeren veri tabanını diğer yandan verilerin sistematik olarak toplanması, güncellenmesi, işlenmesi ve son kullanıcılara verimli bir şekilde dağıtılmasına yönelik usul ve teknikleri içermektedir. Arazi yönetim sistemi ve bu sistemin en önemli parçası olan kadastro her zaman ülkelerin var olan koşulları baz alınmak suretiyle ülke gereksinimleri doğrultusunda belirlenir ve sürekli bir değişim içerisinde. Bu değişim ekonomik ve politik reform, kentleşme, tarımsal yoğunlaşma ve ormansızlaşma gibi süreçleri de beraberinde getirmektedir.

Ülkemizde mevcut 2 boyutlu kadastro sistemi hem hukuki hem de teknik açıdan taşınmazların tescil ve temsilinde günümüz şartlarında yetersiz kalmaktadır. Taşınmazın değeri hakkında tekdüze ve güvenilir bilgi bulunmama ile birlikte kullanıcılar tasarruflarında bulunan taşınmaz mal mülkiyetine ait tüm bilgilere yeterli ölçüde erişememektedir. Hali hazırda kullanılan kadastro sistemi, taşınmaza ait tüm hukuki durumu güncel olarak yansıtmamasının yanı sıra kadastral haritalama ve kâğıt kalem kadastrosundan kadastral modelleme yapma ve temel veri modeline geçişin henüz sağlanamaması durumu ülkemiz kadastrosunun eksikleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum güvensiz arazi mülkiyetine sebep olmakla birlikte kullanıcıların da oluşması muhtemel huzursuz ortam nedeniyle yaşam kalitesini düşürmektedir. Taşınmaz mal mülkiyeti tescilinin ve kadastral haritalamasının tek bir çatı altında birleşmesi taşınmaz mal mülkiyetine ait sermayenin ülke ekonomisine kazandırılması ve aralarında parsel bazlı olmak üzere aralıksız bir bağ bulunması gerekliliği söz konusudur.

Ülkemiz kadastro sisteminde, taşınmaz tescilinden sonraki geçen zaman içerisinde arazinin kullanım şekillerinde meydana gelen bazı değişikliklerden kaynaklı arazinin sahadaki durumu ile tescilli durumu arasında tutarsızlıkların mevcut olduğu pozisyonlarla karşılaşılabilmektedir. Amasya proje kapsamında bunu örneklendirmek gerekirse yapılan incelemeler sonucunda özel mülkiyete konu olan taşınmazların %30 luk kısmı ile kamusal kullanım alanına tabi taşınmazların %12 lik kısmının tapu kütüklerinde tescilli olduğu ve aynı zamanda haritasında yer aldığı gözlemlenmiştir. Bu durum göstermektedir ki tescilli taşınmazların fiili durumla uyumsuzluğu söz konusudur. Ancak kullanım durumlarındaki bu değişikliklere rağmen taşınmaz sahipleri özellikle vergilendirmeden kaçınmak adına ya da başkaca farklı sebeplerden ötürü tescilli durumda güncelleme yapmadıkları için taşınmazın tescilli durumu gerçeği yansıtmamaktadır. Özel mülkiyete tabi taşınmazların dışında mülkiyet hakkının kamuya ait olduğu taşınmazlarda da birçok kamu kurum ve kuruluşu kendilerine verilen taşınmaz üzerindeki tasarruf yetkisine istinaden mülkiyet hakkına müdahalelerde bulunmakta ve kamu yararı adına bir takım kısıtlamalar getirmektedir. Ancak tüm bu işlemlerin ardından kısıtlama yapan kurumların yapılan değişikliklerin tescilini güncel olarak tapu kayıtlarına ve kadastral haritalara yansıtmaması da fiili durum ve tescilli durum arasındaki tutarsızlığa örnek teşkil etmektedir. Tüm bunların sonucu olarak taşınmaz doğru değerlendirilememekte ve yapılacak yatırımlar da güvenilirliğini kaybetmektedir. Böylece bireysel ve kitlesel huzursuzluk ortamı oluşması da kaçınılmaz hale gelmektedir.

Zamanla birlikte dinamik bir yapıya sahip olan teknolojiyi hayatlarına en etkin şekilde entegre eden ve özellikle kentsel alanlarda yaşamlarını sürdüren insanlar ihtiyaçlarını eksiksiz şekilde karşılayabilmek adına arazi yüzeyini her boyutuyla kullanmaktadırlar. Arazi yüzeyinin altının ve üstünün aktif bir şekilde kullanıldığı 3 boyutlu karmaşık yapılar 2 boyutlu kadastro haritalarında tam olarak ifade edilemezler. Özel ve kamusal mülkiyete sahip yapılı veya yapısız taşınmaz malların hem fiziki hem de hukuki karmaşıklıktan kaynaklanan sorunların çözümü ve çıkarların dengelenmesi adına 3 boyutlu kadastro sistemine ihtiyaç vardır.

Kadaastro sistemleri için bilgi güvenliğinin de baz alındığı yeni fonksiyonel çözümlerin geliştirilmesine ve kapsamlı mekânsal bilgiye artan bir ihtiyaç söz konusudur. Bilginin ana stratejik kaynak olduğu bu çağda kilit küresel trend olan kadastro sistemi modern coğrafi teknolojilerinin uygulanmasıyla birlikte etkin bir şekilde varlığını sürdürebildiğinde finansal fırsat eşitliği sağlanır. Arazi piyasasında

güven ortamı oluşur ve tarımsal verimlilik artar. Tüm bunların getirisi olarak da ulusal kalkınma ve yoksulluğun azalması öngörülebilir.

Kullanımda olan kadastro sistemimizin gelişen teknolojik şartlarla da bağlantılı olarak, uluslararası deneyimler doğrultusunda ve ülkemizin sahip olduğu imkânlar dâhilinde sürdürülebilirliği de sağlamak adına içeriğinin ve kullanım yönteminin değişmesi gerekliliği açıktır. 3 boyutlu bilgi sistemine geçişle birlikte, geleneksel yöntemlere ek olarak teknolojik gelişmelerle bağlantılı yeni veri toplama teknikleriyle elde edilen verilerle taşınmaza ait bilgilerin çok yönlü olarak kullanıcıya en hızlı biçimde sunulması sağlanacaktır. Bu sayede konuma bağlı sorgulamalar ve arazi istatistikleri tutarlı şekilde kullanım alanında olacaktır ve değişik pek çok amaca da hizmet edebilmek adına yeni bilgilerinde üretilmesine daha az maliyetle imkân sağlanacaktır. Aynı zamanda iyileşme süreci içerisinde olan ülkemize gerekli ve sağlıklı alt yapısını oluşturmak adına arazi ekonomisi, vergilendirme, arazi yönetimi ve planlaması şeklinde altlık oluşturacaktır. Bununla birlikte taşınmaz mal mülkiyetinin vergilendirme işlemi arsa payı üzerinden yapılmadığı için legal bir vergilendirme yapabilmek adına bağımsız bölümlerin m² lerinin net bir şekilde bilinmesi gerekliliğiyle mevcuttur. Dolayısıyla taşınmaz verisine ait standart ve takip edilebilir bir sistemde sunumunun da önemi açıktır.

Mevcut kadastro verilerinin güncellenmesi ve kadastro haritalarının üretimindeki verimi artırabilmek, zaman ve maliyet tasarrufu sağlayabilmek adına gelişmiş fotogrametrik yöntemlerin kullanılması gereklidir. Günümüzde fotogrametri bilminde meydana gelen gelişmeler fotogrametrik çıktı ürünlerinin çeşitliliğini de beraberinde getirmiştir. Ekseriyetle kullanılan nadir kamera sistemleri yerini değişik açılardan eş zamanlı veri üretebilen eğik kameraların kullanımına bırakmıştır. Bu durumla birlikte elde edilen veri setleri aynı zaman dilimi içerisinde maliyet olarak çok daha karlı olmakla birlikte çok çeşitli çıktı verilerini emek yoğun bir işlem süreci gerektirmeden değişik açılardan elde edilmesini ve görüntülenen objeye ait konum, alan, yükseklik ve eğim bilgisine ulaşmamızı sağlamaktadır. Amasya projesine ait fotogrametrik çalışmalar analiz edildiğinde ise veri toplama tekniği olarak eğik (oblik) fotoğraflardan elde edilen veriler kullanıldığı ve elde edilen bu görüntüler üzerinden fotogrametrik dengelemeler yapılarak 3 boyutlu modeller oluşturulduğu gözlemlenmiştir. Türkiye genelinde yapılacak çalışmaya örnek teşkil etmek üzere Amasya çıkışlı bu fotogrametrik yöntem 3 boyutlu şehir modelleri oluşturmak amacıyla şu anki şartlar doğrultusunda kullanılabilirliği yeterli olarak görünen bir yöntem olarak belirlenmiştir.

Bu yöntemin kullanılabilirliği bu proje ile birlikte test edilmiş olmakla birlikte bu sayede yapılması planlanan Türkiye geneli akıllı şehir modellerine konum, alan, yükseklik ve eğim sorgulama imkanı sağlayan çok daha geniş kapasiteli altlık oluşturmaktadır.

Proje adına gerçekleştirilen analiz çalışmalarında, ilgili işin ilk defa yapıldığı göz önüne alındığında esnek süreçlerin varlığı kabul edilmelidir. Proje geliştirilmesinde kullanılan yazılım Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından önceden geliştirilmiş ve kullanılmakta olan farklı veri servisleri ile bütünleşmiş şekilde belirlenmiştir. Yazılım geliştirme süreci içerisinde erken dönemlerde hataları tespit edebilmek ve tespit edilen bu hataların giderilmesi adına pek çok test senaryosu ile çalışmalar sürdürülmüştür. Mevcut durumda Süreç Takip Yazılımı temelde 3 boyutlu fotogrametrik ve mimari binaların üretimlerinin gerçekleştirilmesi aşamasından oluşmaktadır. Bu yazılım ihale hazırlıkları, üretimin takibi, şekil itibari ile kontrolleri, içerik itibari ile kontrolleri ve doğruluklarının tespiti gibi önemli adımları içeren bir yazılım şeklindedir. An itibariyle çalışmalar ülke genelinde sorunsuz bir şekilde kulanılan yöntem ve yazılımla ilerlemektedir. Gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde, TKGM-3B kapsamında yer alacak 3 boyutlu veri yapısının ve uygulama sistem mimarisinin TKGM tarafından proje kapsamında sağlanacak olan sunuculara kurulan Postgre SQL Veri Tabanı üzerinden sürdürüldüğü gözlemlenmiştir.

TKGM tarafından üretmek ve ürettirmek ile yükümlü bulunan mimari ve fotogrametrik 3B bina veri modellerinin saklanması, bu verilerin diğer birimler ve dış kurumlar ile paylaşımı ve sunumu hususu ile birlikte, söz konusu veri setlerinin üretimi aşamasında izlenen süreçlerin daha etkili ve bir şekilde işletilmesi, üretim aşamalarının izlenebilirliğinin sağlanması, üretilen verilerin otonom kontrol ve validasyon işlemlerinin belirlenen tasarlanan iş adımları ve standartlar çerçevesinde sürdürülebilmesi ve uzun vadede söz konusu veri altyapısının güncel bir şekilde sürdürülebilirliğinin sağlanması için Amasya Projesi bandında geliştirilen bu süreç uygulamasının Türkiye geneli yapılacak çalışmaya esas teşkil ettiği ve uygulanabilirliğinin gözlemlendiği açıktır.

Veri değişimi ya da transferi sırasında yaşanabilecek en önemli problemlerden biri de birbiriyle uyuşmayan veri tanımlarıdır. Farklı sistemlerde farklı şekillerde, birbiriyle uyumsuz olarak tanımlanan veriler bu sistemler konuşurken birçok veri tanımının ya da aradaki diyalogların tekrarına neden olmaktadır. Bu problemi çözebilmek için verinin, sistemler için ortak bir tanımının olması gerekmektedir. Amasya Projesi kapsamında da

Türkiye çapında yapılacak uygulamaya örnek teşkil edecek şekilde XML tabanlı açık veri modeli olan CityGML formatı kullanıldığı gözlemlenmiştir ki bu format yapılacak çalışmanın ulusal düzeyde olduğu göz önüne alındığında, böylesi büyük çalışma için en etkin şekilde fayda sağlayabilecek bir format türü olduğu kabul edilmiştir.

Ülkemizde 3 boyutlu kent modelleri çalışmaları önceden tayin edilen kentsel alanlarda devam etmektedir. Bu çalışmalar belirlenen standartlar doğrultusunda Amasya, Ankara, Aydın, Balıkesir, Bolu, Burdur, Çanakkale, Çankırı, Denizli, Erzincan, Eskişehir, Gaziantep, Isparta, İzmir, Kahramanmaraş, Kırıkkale, Kütahya, Osmaniye ve Tekirdağ illerinde tamamlanmış ve kabul aşamasındadır. Adana, Ağrı, Bursa, Diyarbakır, Erzurum, Giresun, Hatay, Kayseri, Kocaeli, Malatya, Manisa, Mardin, Mersin, Muğla, Ordu, Rize, Sakarya, Samsun, Sinop, Trabzon ve Van illerinde ise üretimler devam etmektedir. İstanbul, Muş, Bingöl, Adıyaman ve Tunceli illerindeki üretimlere ise 2022 yılı içerisinde başlanacaktır.

TKGM tarafından geliştirilmekte olan 3B Şehir Modelleri Üretimi ve 3B Kadastro Altlıklarının Oluşturulması Projesi tamamlandığında taşınmazlara ait veriler bilgi sistemleri ile yönetilebilir hale gelecek ve bu verilere ait bilgilerin süreç içerisinde sürdürülebilirliği sağlanacaktır.

5.2. Öneriler

Kadastro verileri ve saha araştırmaları arasındaki veri tutarsızlığı her dönem dikkat çeken ve düzeltilmesi mutlak surette ehemmiyet gerektiren bir husus olarak karşımıza çıkmaktadır. Ekonomik ve sosyal rolleri nedeniyle binalar kadastro sisteminde verilerin güncelliği ve güvenilirliği açısından önem arz eden değerli nesnelere arasındadır. Ancak en önemlisi binaya ait verilerin eksiksiz, yüksek konumsal ve tematik doğrulukta yeni oluşacak arazi sisteminde var olmasıdır. Bina kadastro verileri genel olarak saha araştırmalarıyla elde edilse de, son yıllarda saha araştırmalarının yerini uzaktan algılama teknikleri almıştır. Yüksek çözünürlüklü hava görüntülerinin ve yoğun LAS verilerinin kullanılabilirliği bina verilerinin üretiminde maliyet avantajı ve zaman kazancı sağlamaktadır. Bu yüzden ki çalışmaların hem güncelliği koruyabilmek adına hem de zaman ve maliyet kazancı sağlanması adına bu alanda sürdürülmesi gerekliliği söz konusudur.

TKGM 3B Şehir Modelleri Yönetim Bilgi Sistemi projesi düşünüldüğünde, Türkiye geneli kullanıma sunulacak bir bilgi sistemi oluşumu söz konusudur. Bunun yanında, oldukça yüklü bir verinin ve dolayısı ile veri tabanının yönetilmesi durumu da

ortaya çıkmaktadır. Bu durumda veri tutarsızlığının önlenmesi kadar veri paylaşımı konusunda önem taşıyan bir diğer husus olarak karşımıza çıkmaktadır. Paylaşılması gerekli verinin, veri bütünlüğü için gerekli olanakların sağlanması, mekanizmaların kurulması, verilerin kolay, anlaşılır yapılarda sunulması ve güvenlik ve gizliliğin istenilen düzeyde sağlanmasının yan ısıra yedekleme, yeniden başlatma, onarma gibi işletim sorunlarının yaşanmadığı veri paylaşım sisteminin kurulması gerekliliği açıktır.

Ülke kadastrounun güvenilirliğini sağlamak adına kadastro yenileme çalışmalarında hava görüntülerinin, ortofotoların ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin uygulanabilirliği sağlanmalıdır. Kadastro haritalarını oluşturma ve güncelleme potansiyeli yüksek bir yöntem olan İnsansız Hava Aracı (İHA) ve eğik fotogrametrik yöntem yüksek çözünürlüklü verilerin elde edilmesi için esnek, düşük maliyetli, güvenilir ve hızlı bir çözüm sunar. Çalışmaların bu doğrultuda ilerlemesi, fotogrametri bilimindeki gelişmelerin takibiyle olası daha gelişmiş teknolojilerin sisteme yansıtılması sağlanmalıdır.

3 boyutlu dijital veri setlerinin güncelliğini koruyabilmek adına yeni yapılacak binaların kayıt süreçlerinde kullanılacak 3 boyutlu dijital modellerin üretimi için standartların belirlenmesi ve belirlenen bu standartların birlikte çalışabilirlik esası doğrultusunda gerek akademik çevrelerce gerekse kamu kurum ve kuruluşları ile paylaşılması, çalışmaların daha sağlıklı yürütülebilmesi adına gereklidir. Uygulama tasarım çalışmaları kapsamında birlikte çalışabilirlik aşamasında sorunların yaşanmaması adına standartlar çerçevesinde prensip kararların benimsenmesi ve yazılım standartları çerçevesinde, farklı bakış açılarından yaklaşımların tanımlanması gereği bulunmaktadır. Tüm bunların yanı sıra 3 boyutlu verilerin modellenmesi ve görselleştirilmesinde uluslararası veri yapıları ve platformlarında olası güncellemeler takip edilmeli ve gerekli görüldüğü takdirde yeni düzenlemelere açık bir sistem geliştirilmelidir

4 boyutlu kadastro prensip olarak 3 boyutlu kadastro ile aynıdır ancak zaman bileşeni eklenerek oluşturulmuş bir kadastro sistemidir. Bu sistem Avusturya, Hollanda, Türkiye, Macaristan, Çin, Endonezya, Arjantin ve Hırvatistan gibi pek çok ülkede akademik çalışmalara konu olmuştur. Shari ve ark. (2020) arazi anlaşmazlıkları ve deprem gibi doğal afetler için 4 boyutlu kadastro kavramının uygulanmasının önemini yazdıkları bir makalede örneklendirmişlerdir. Zaman faktörünün, ülkenin arazi yönetim sistemindeki ve insan yapımı veya doğal değişiklikleri yönetmek için hayati bir faktör olduğunu açıklamışlardır. Kadastroda, alt bölüm ve arazi kullanım kalıplarını geçmişte

izleyebilmek adına zamanla ilgili bilgilere ihtiyaç olduğu bir gerçektir. İşte bu yüzden ki ülkemiz kadaastro sisteminin üçüncü boyutuna dördüncü boyut olan zaman faktörünün de eklenerek çalışmaların sürdürülmesi gerekliliği mevcuttur.

6. KAYNAKLAR

Agnieszka Cienciała, Katarzyna Sobolewska-Mikulska, Szymon Sobura Credibility of the cadastral data on land use and the methodology for their verification and update

Aien, A. (2013). 3D Cadastral Data Modelling. Doctoral Dissertation. Melbourne, Centre for Spatial Data Infrastructures and Land Administration, Department of Infrastructure Engineering, School of Engineering, The University of Melbourne (350 pp.).

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.

Article in Remote Sensing Review of Automatic Feature Extraction from High-Resolution Optical Sensor Data for UAV-Based Cadastral Mapping September 2016

Aslan M, Cankurt İ, Yıldırım C, Ayyıldız E, Dursun M, Türkiye Arazi Yönetim Dergisi, Türk Arazi Yönetimine Yeni Bir Yaklaşım 2022

Ayazlı İ. E. 2006. Üç Boyutlu Kadastro, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Aydar Umut İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Cephe Değerlendirmelerinde Fotogrametrik ve Görselleştirme Yöntemlerinin Kıyaslanması Yüksek Lisans Tezi

Aydin, C. C. 2008. Usage of Underground Space for 3D Cadastre Purposes and Related Problems in Turkey, Sensors, 8, 6972-6983.

Ayyıldız E, Fotogrametri Yöntemiyle Oluşturulan 3 Boyutlu Şehir Modellerinin Kadastral Modellerinin Kadastral Verilerle İlişkilendirilmesi Selçuk Üniversitesi Harita Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Çete, M. 2008. Türkiye İçin Bir Arazi İdare Sistemi Yaklaşımı, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Demir, O. 2000. Ortogonal Yöntemle Şehir Kadastro Yapılan Yerlerde Kadastro Bilgi Sistemi Temel Altlığının Oluşturulması: Trabzon Örneği, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Döner, F Türk Kadastro Sistemi İçin 3 Boyutlu Yaklaşım KTÜ Doktora Tezi

Döner, F. ve Bıyık, C. 2009b. Üç Boyutlu Nesnelerin Konumsal Veritabanında Yönetimi, Hkm - Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 100, 27-34.

Dörtgöz, Ö. G. 2014. (TKGM Başmüfettiş), Tapu İşlemleri.

Enemark S. 2014. From cadastre to land governance: A cadastre 2014 outlook, Cadastre 2014 and Beyond'un İçinde, (Stuedler D., Ed.), FIG Publication No 61, International Federation of Surveyors, 6066

FIG (2016). 3D Cadastre. FIG joint commission 3 and 7 working group on 3D cadastres.

Jesper M. PAASCH, Denmark/Sweden and Jenny PAULSSON, Sweden New Trends in 3D Cadastre Research - a Literature Survey

Karlı F., Fotogrametri Ders Notları, İstanbul Üniversitesi-İstanbul

Köktürk, E. 1986. Kadastro'nun Mali-Ekonomik Boyutu Olarak Kentsel Toprakların Karşılıkları, Doktora Tezi, Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kuleyin Y. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 3 Boyutlu Kat Mülkiyeti Kurulum Metodjisi Yüksek Lisans Tezi 2015

Kumdağcı, S. (2005), Kadastral Amaçlı Bilgi Sistemlerinde 3 Boyutlu Modelleme ve Görselleştirme Tekniklerinin Kullanılması Konusunda Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Ozdoğan Şüheda Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bina Nesnelerinin CityGML Standartlarına Göre Lod2 ve LoD3 Ayrıntı Düzeylerinde 3 Boyutlu Modellenmesi

Petra Drobež, Mojca Kosmatin Fras, Miran Ferlan, Anka Lisec Transition from 2D to 3D real property cadastre: The case of the Slovenian cadastre

Polish Cadastre Modernization with Remotely Extracted Buildings from High-Resolution Aerial Orthoimagery and Airborne LiDAR

Sarı, N.İ. (2006), Ülkemiz Kadastrounda Yenileme Çalışmaları Ve Öneriler, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Sophie Crommelinck, Rohan Benett, Markus Gerke, Michael Ying Yang and George Vosselman Contour Detection for UAV-Based Cadastral Mapping

Stoter, J. van Oosterom, P., Ploeger, H. ve Aalders, H., 2004. Conceptual 3D Cadastral Model Applied in Several Countries, FIG Working Week 2004, May, Athens, Greece.

TKGM, 2022 yılı Proje Faaliyet Raporu, Bilgi Teknolojileri Dairesi Başkanlığı, <http://www.tkgm.gov.tr>.

Tuncay F, Yakın Resim Fotogrametrisinde Kullanılan Steroskopik Resim Çekme Yöntemlerinin Değerlendirme ve Nokta Duyarlılıklarına Etkisi Yüksek Lisans Tezi, 2006

Türk, T. (2004), Teknik Altyapıya Yönelik Coğrafi Bilgi Sistemi Tasarımı Ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004, İstanbul

Uçar E., Ergün B. (2004). Fotogrametride Üç Boyutlu Şehir Modelleme Teknikleri ve Cbs Kullanımı, Harita Genel Müdürlüğü Harita Dergisi, 132: 48-56.

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.

Yomralıoğlu, T. 2000. Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar, İstanbul, 480 s.

Yomralıoğlu, T. Uzun, B. ve Demir, O. 2003. Kadastro 2014 – Gelecekteki Kadastral Sistem için Bir Vizyon (Çeviri), TMMOB HKMO Yayınları, Ankara.

İNTERNET KAYNAKLARI

- <http://cbs.tkgm.gov.tr/3d/html/giris.html>
- <https://www.ogc.org/standards/3DTiles>
- <http://cbs.tkgm.gov.tr/3d/html/2UretimIsAkislari.html>
- amasya3b.tkgm.gov.tr
- www.fig.net
- www.tkgm.gov.tr
- tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp
- 3dsurectakiptest.tkgm.gov.tr/login
- <https://cbsakademi.ibb.istanbul/>