

Araştırma Makalesi

Eğik Fotoğraflar ile 3 Boyutlu Kent Modeli Üretimi ve Kullanım Alanları

Enes HALICI¹, Cevdet Coşkun AYDIN^{*2}

¹Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

²Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

ÖZ

Anahtar Kelimeler:

Eğik Fotoğraf
Detay Seviyesi
3 Boyutlu Kent Modeli
Kent Planlaması
3 Boyutlu Kadastro

Günümüzde teknolojik gelişmelerle birlikte kent ölçeğinde insanların ihtiyaç ve talepleri gün geçtikçe artmaktadır. Buna paralel olarak karar verici merciler de kendilerini konumlandırmakta ve çözüm üretme konusunda çalışmalarını yoğunlaştırmaktadırlar. Bütün dünyada kentlerin bilgisayar ortamında üç boyutlu olarak temsil edilmesi çalışmaları sonucunda 3 boyutlu tasarımlar günden güne gelişmiş ve basit bir kutu şekli ile başlayıp detaylı mimari tasarımlara kadar gelinmiştir. Takip eden çalışmalarda bu üç boyutlu tasarımlar detay seviyesine göre sınıflandırılmış ve numaralandırılmıştır. Bu sınıflandırmalar, detay seviyesi teriminin İngilizce karşılığı olan LoD, yani Level of Details terimiyle bir ana başlıkta toplanmıştır. Modelleme çalışmalarına ek olarak, bu çalışmalarda kullanılacak veri ve veri toplama tekniklerinde de gelişmeler yaşanmış ve geleneksel yöntemlere ek olarak eğik (oblik) fotoğrafların fotogrametrik olarak değerlendirilmesi gibi yeni teknikler de kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada eğik kamera ile çekilen eğik görüntülerle bir üç boyutlu kent modeli tasarımı gerçekleştirilerek, değişik alanlarda kent tasarımlarına nasıl katkılar sunulabileceği konusu araştırılmıştır. Ankara ili Gölbaşı İlçesinde seçilen bir uygulama alanında Vexcel firmasının UltraCam Osprey Mark 3 Premium kamerası kullanılarak elde edilen eğik görüntüler UltraMap yazılımı ile değerlendirilmiş mesh modeller ve nokta bulutu verileri kullanılarak, BuildingReconstruction yazılımı ile 3 boyutlu modeller oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda eğik kamera görüntüleri ile 3 boyutlu modellerin, çok kısa sürede ve yüksek hassasiyette elde edildiği görülmüştür. Ayrıca LoD 2.3 seviyesinde üretilen modellerin, yarı otomatik şekilde 3 boyutlu kent modeli üreten yazılımlara göre daha detaylı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

3D City Models Production with Oblique Photographs and Usage Areas

ABSTRACT

Keywords:
Oblique Photogrammetry
Level of Details
3D City Model
Urban Planning
3D Cadastre

Today, with technological developments, people and their demands are increasing day by day. Parallel to this, decision makers also position themselves and intensify their efforts to produce solutions. As a result of the studies of representing the cities in three dimensions in computer environment, 3D designs started with a simple box shape and developed from day to day to detailed architectural designs. In the following studies, these three dimensional designs were classified and numbered according to the detail level. These classifications are grouped under the headline "Level of Detail", LoD. In addition to modeling studies, data and data collection techniques have been developed in these studies and new techniques such as oblique photogrammetry have been used in addition to traditional methods. In this study, a three dimensional city model is designed with oblique images and the question "How to contribute the 3d city models to urban design in different areas?" has been investigated. In an application area selected in Gölbaşı district of Ankara province, images were obtained by using Vexcel's UltraCam Osprey Mark 3 Premium oblique camera, then they are processed with UltraMap software, and the produced mesh models and point cloud data were used to create 3D models with BuildingReconstruction. In addition, it is concluded that the produced models are more detailed than other semi-automatic produced 3-D models.

*Sorumlu Yazar

^{*}(ceaydin@hacettepe.edu.tr) ORCID ID 0000 - 0003 - 2064 - 6936
(eneshalici06@gmail.com) ORCID ID 0000 - 0003 - 2791 - 6265

1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze, arazi bilgisinin elde edilmesi ve yönetilmesi, insanlar için hep bir merak ve ihtiyaç kaynağı olmuştur. Teknoloji alanındaki gelişmeler, bilginin elde edilmesi ve yönetilmesinde de yeni imkânlar sağlamıştır. İlk başlarda kâğıt üzerine kayıt edilen araziler, teknoloji ile beraber sayısal olarak kaydedilmiş, sahiplerine ve vatandaşlara, daha hızlı bir şekilde sunulmuştur (Yomraloğlu, 2011).

Özellikle teknolojik gelişmeler, 2 boyutlu şekilde sunulan bu arazilerin ve gayrimenkullerin, daha gerçekçi ve 3 boyutlu olarak sunulmasına imkân sağlamaktadır. Buna ek olarak bu gelişmeler, gelecekte 3 boyutlu tasarımlara duyulabilecek ihtiyaçların ortaya konmasında da önemli bir rol oynamaktadır. Günümüzde, kent planlaması ve kent bilgisi ile ilgili birçok problem ve ihtiyaç 3 Boyutlu Kent Modelleri sayesinde çözülebilmektedir (Schubiger-Banz vd., 2014).

Bu konuda üretilen 3 Boyutlu Kent Modelleri sadece kent planlamasında değil, kent tasarımında, şehir mobilyalarının tanziminde, altyapı planlarının uygulamalarında, gayrimenkul değerlemesinde, 3 Boyutlu Kadastroda, güvenlik operasyonlarında, kısacası şehre ait tüm hizmetlerde ve planlamalarda kullanılmaktadır (Özmüş vd., 2013).

Bu modeller, şehirlerin ve şehre ait manzaraların sayısal üç boyutlu modellerini depolamak için açık kaynaklı standart veri modeli ve değişim formatı olan CityGML'in tanımladığı farklı detay seviyelerine (LoD) göre üretilebilen ve çok farklı ihtisas alanlarında ve gayelerinde kullanılabilen modellerdir (CityGML, 2019).

Bu alanlardan bir tanesi gayrimenkul değerlendirilmesidir/değerlemesidir. Oluşturulan 3 boyutlu modeller kullanılarak doğruluğu yüksek ölçümler yapılabilen, mevcut değişiklikler kolaylıkla tespit edilebilmekte, gayrimenkul vergilendirmesinin adil yapılması ve gayrimenkullerin, gerçek değerinin bulunması sağlanabilmektedir (Grenzdörffer vd., 2008). Hayatın çok yoğun olarak yaşandığı şehirlerde insanlar artık işlerini internet üzerinden yapmakta bu da, zaman ve emek kaybı konusunda ciddi tasarruflar sağlamaktadır. Bu rahatlıkla birlikte artık insanlar, gayrimenkullerini, yaşadıkları veya yaşamak istedikleri alanları çok değişik kriterlerle bilgisayar ortamında değerlendirmek istemektedirler. Üç boyutlu modellerle birlikte artık insanların, almak istedikleri gayrimenkulün durumu, konumu, çevresi daha hızlı ve daha kaliteli olarak görülebilecek ve emlak sektörü de bundan doğrudan etkilenecektir (Mahdjoubi vd., 2013).

Üç boyutlu modellerin etkin olarak kullanıldığı alanlardan bir diğeri de kadastrodur. Günümüzde nüfusun hızla artması neticesinde arazinin düşey boyutunun yoğun olarak kullanıldığı kent alanlarında farklı mülkiyet birimlerinin üst üste binmesinden dolayı mevcut iki boyutlu kadastro sistemleri bazı durumlarda yetersiz kalmaktadır (Döner vd., 2011; Aydın, 2008). Buna rağmen, 2 boyutlu kadastroda gösterimi zor olan kat mülkiyeti gibi hakların, 3 boyutlu kent modelleri ile beraber, 3 boyutlu kadastroda kullanılması ve insanların kullanımına sunulması kolaylaşmıştır (Stoter vd., 2013). Bu gelişmeyle beraber, yerüstü ve yeraltındaki yapılar, kayıt altına alınabilmekte, sanal tasarımlar üzerinde gösterilmekte ve yapı bilgisi sunulabilmektedir (Oosterom, 2013).

Bugün dünyanın değişik ülkelerinde Hollanda ve Singapur örneklerinde olduğu gibi kat mülkiyetlerinin, bina ve kat yerleşimlerinin ve alt yapı durumlarının gösterimi, 3 boyutlu modeller kullanılarak kolaylıkla sağlanabilmektedir (Khou, 2011).

Kentsel planlama konusunda da üç boyutlu kent modelleri etkin olarak kullanılmaktadır. Bu modellerin sağladığı görsellik, analiz imkânı, bina gölgelerinin görselleştirilebilmesi ve güçlü ölçüm özelliği, bu modeller üzerinden daha yararlı ve verimli planların yapılabilmesine olanak sağlamaktadır (Xia ve Zhu Qing, 2004). Haydarpaşa Tren Garı ve etrafının modellenerek değişik planlama senaryolarının değerlendirildiği çalışma incelendiğinde, 3 boyutlu modellerin etkisi daha iyi görülmektedir (Buhur vd., 2009). Aynı şekilde 3 boyutlu modeller, afet yönetimi, navigasyon, trafik planlaması ve çevresel etkenlerin yaşam alanları üzerindeki etkilerinin incelenmesi gibi hizmetlerin, sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilmesinde kullanılabilmektedirler (Biljecki vd., 2015; Chen, 2011). Ayrıca enerji verimi sağlayan akıllı kentlerin tasarlanmasında, 3 boyutlu kent modellerinin avantajları göz ardı edilmemelidir (Amado vd., 2016).

Günümüzde bu konuda gelinen noktada, üç boyutlu kent modelleri sayısal fotogrametri, yersel mobil tarama, mobil lidar gibi tekniklerle yapılabilmektedir (Balsa-Barreiro ve Fritsch, 2018; Heo, Jeong, Park, Jung, Han, Hong ve Sohn, 2013). Bu modeller üretilirken karşılaşılan sorunlardan bir tanesi binaların yan yüzeylerinin, cephelerinin ve çatılarının birlikte değerlendirilebilmesidir. Bu sorunun çözümünde de en doğru ve etkin metotlardan biri yapıların yan yüzeylerinin görüntülenmesini ve ölçülmesini, binaların LoD 2.3 seviyesine yakın modellenmesini sağlayan eğik kamera görüntüleri kullanılarak üretilen 3 boyutlu kent modelleridir (Bakıcı vd., 2017).

Günümüzde, eğik kameranın sağladığı görüntüler, 3 boyutlu kent modellerinin oluşturulmasında aktif olarak kullanılmaktadır (Liang vd., 2016). Eğik kamera teknolojisi, düşey fotoğraf çeken kameraya ek olarak eş zamanlı farklı açılardan eğik fotoğraf çeken kameralar ile oluşturulmuştur (Ayyıldız, 2016). Görüntülerin bu şekilde açılı elde edilmesi, yapıların, sadece çatısının değil, yan yüzeylerinin de görüntülenmesini sağlamaktadır (Xiao vd., 2012). Böylelikle, 3 boyutlu modeller, daha detaylı elde edilebilmekte ve yapıların, yan yüzeyleri hakkında yorum yapılabilir.

Bu çalışmada Ankara Gölbaşı'na ait çalışma alanında 3 boyutlu bir kent modeli tasarımı gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan kent modelinin kente ait değişik uygulama alanlarına olabilecek katkıları ile birlikte özellikle gayrimenkul ve 3 boyutlu kadastr çalışmaları olabilecek katkıları üzerinde durulmuştur. Çalışma sırasında karşılaşılan problemler, veri elde etmedeki güçlükler, muhtemel çok daha geniş kapsamlı çalışmalarda karşılaşılabilecek sorunlar ve bu sorunların çözümünde takip edilen süreçler değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular neticesinde eğik görüntülerin özellikle binaların çevreleri ve cepheleri ile değerlendirilmelerine imkân sağlamaları nedeniyle üç boyutlu şehir modellerinin oluşturulmasında büyük avantajlar sağladığı görülmüştür.

2. KENT PLANLAMASI VE ÜÇÜNCÜ BOYUT

Kentsel tasarım, insanlarla onların beraber yaşadığı mekânların bağlantılarını kuran ve kolaylaştıran bir sanattır. İyi bir kent tasarımı tasarımcıların hayal gücü ve duyarlılığı göz önünde bulundurularak göze hitap eden, huzurlu güvenli, erişilebilir sokaklar ve birlikte yaşanılacak mekânların oluşturulmasına yardımcı olabilir. Bugün, gelişen ve değişen hayat standartları ile birlikte, kentsel tasarımın da standartları sürekli değişkenlik göstermektedir. Çevre hassasiyeti, sosyal doku, ekonomik şartlar, kültür, hayat tarzları gibi faktörler kent planlamasını doğrudan etkileyen faktörlerdir. Bunun yanında mimari tasarım, ekonomik gelişme, manzara, gayrimenkul değerlendirme, planlama politikaları için hayati önem taşıyan değerlerdir. Ayrıca günümüz kent planlaması mantığında, planlama yapılacak bölgede yaşayan ve o bölgede yaşamayı düşünen insanların fikirleri, bilgilendirilmeleri, önerileri de büyük önem taşımaktadır. Özellikle planlama alanlarına ait sosyal dokular, eğlence ve rahatlatma yerleri ve kent tasarımının olmazsa olmazı olan bina tasarımları, insanların dikkatini çeken en önemli maddelerin başında gelmektedir (Aydın, 2014).

Teknolojik gelişmelerle birlikte günümüz insanının da kent tasarımına bakışı değişmiş ve kent tasarımında üçüncü boyut her alanda tercih edilir hale gelmiştir. Kente ait konuma dayalı verilerin 3 boyutlu

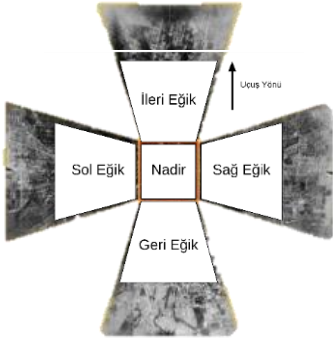
olarak görselleştirilmesi ile oluşturulan üç boyutlu modeller kentlere ait karar-destek mekanizmalarında, gayrimenkul değerlendirmesinde, iki ve üç boyutlu kadastr çalışmaları, kente ait her türlü yer üstü ve yar altı planlama ve tasarım çalışmalarında kullanılmaktadır (Qin vd., 2015).

3. EĞİK FOTOĞRAFLAR İLE FOTOGRAMETRİ

Eğik fotoğrafların fotogrametrik olarak değerlendirilmesi, 3B şehirlerin yeniden oluşturulması için son zamanlarda geliştirilmiş hızlı, yüksek doğrulukta ve kabul edilebilir hassas sonuçlar veren bir çözümdür. Veri toplama ve işleme teknolojilerindeki hızlı ilerleme ile 3B şehirlerin modellemesinde giderek yaygın olarak kullanımı artan bir araç haline gelmiştir (Yan vd., 2018).

Yüksek çözünürlüklü fotoğraflarla kaplanmış üç boyutlu modeller, bir şehrin mekâna dayalı veri altyapısı ve planlaması için en temel unsurlardan biridir. Bu modeller kentsel planlama, kentsel yönetim, kentsel izleme ve kentsel çevre çalışmaları gibi alanlarda çok sayıda potansiyel uygulamaya sahiptir. Üretilen modeller, gerçek dünyayı daha doğru yansıttığından, farklı durumlar ve olaylarda daha doğru yorumlar yapılabilir, simülasyonlar geliştirilip bu referanslara göre daha yararlı yönetim planları oluşturulabilmektedir. Son yıllarda çeşitli araçların ve eğik fotoğrafların, fotogrametride kullanılması gibi gelişmeler 3B modelleme çalışmaları için son derece faydalı sonuçlar doğurmuştur. Yoğun kent alanlarında karmaşık yüksek binalara sahip alanlarda hava fotogrametrisi ile üretilen görüntülerden elde edilen modeller özellikle bina cephelerinde geometrik kusurlar ve bulanık dokuların oluşmasına sebebiyet verebilmektedir. Mobil lidar sistemleri yakın mesafeli nesnelerin küçük alanlarda yüksek çözünürlüklü nokta bulutları ile elde edilmesinde çok yetenekli olmasına rağmen çok geniş alanlarda özellikle eğik bina cephelerinin elde edilmesinde etkili sonuçlar verememektedir. Ancak eğik kamera ile elde edilen görüntülerle oluşturulan çözümler 3B modellerin geometrisini ve dokusunu uygun hale getirmek için çok anlamlı sonuçlar sunmaktadır (Sun Y. vd., 2018; Yalçın ve Selçuk, 2015).

Geleneksel düşey hava görüntülerinin, yüksek eğik açılardan elde edilen eğik görüntüler ile birleştirildiği ve eğik görüntülerden alınan doku verisinin giydirilerek 3B kent modellerinin elde edildiği yöntem, fotogrametride kullanılan yeni bir yöntemdir. Şekil 1'de görüldüğü gibi düşey hava kamerasının yanına 4 kamera daha dâhil edilerek görüntüler elde edilir. Diğer kameralar, uçağın uçuş yönüne göre uçağın önüne, arkasına, soluna ve sağına bakmaktadır (Yalçın ve Selçuk, 2015).

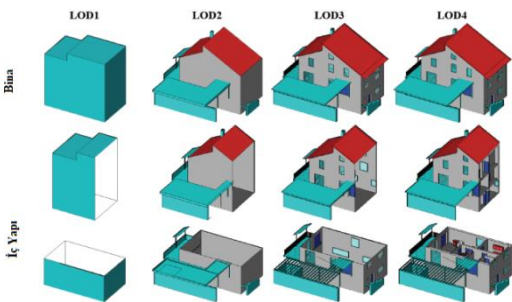


Şekil 1. Eğik fotoğraf alımı

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

- Kör noktaların görülebilir hale gelmesi,
- Ayırt edilmesi güç olan nesnelerin belirlenmesi,
- Yapıların sadece üstten değil, tüm cephelerden görüntülenebilmesi,
- Arazi üzerinde mesafe, yükseklik ve eğim ölçülerinin gerçekleştirilebilmesi, şeklinde sıralanabilir (Ayyıldız, 2016).

Eğik fotoğrafların, avantajlarının yanında, elde edilen verilerin detay seviyesi LoD 2.3 seviyesini yakalamakta, bu durum da oluşturulan kent modellerinin yorumlanmasında avantaj sağlamaktadır. Düşey hava görüntüleri ile LoD 2.0 seviyesi elde edilebilmektedir. Eğik fotoğraflar kullanılarak elde edilen nokta bulutu ve üçgen model verilerinde, bu detay seviyesinin, LoD 2.3 seviyesini bulduğu görülmektedir (Yalçın ve Selçuk, 2015) (Şekil. 2).



Şekil 2. Üç boyutlu modellemede detay seviyeleri (CityGML, 2019)

Bir binanın en basit geometrik temsili, basit bir dikdörtgen bloktan oluşur. Bu blok modeli, CityGML 'nin Detay 1 (LoD1) Seviyesine eşdeğerdir. Detay 2 'nin Seviyesi (LoD2), çatı formunu bina seviyesine ekler, detay penceresinin 3 (LoD3) seviyesi, cephe pencerelerinin konumlandırılmasına eklenir ve Detay 4 (LoD4), iç mekânın modellenmesini içerir. Çalışmaya konu olan detay 2.3 seviyesi ise, detay 2 seviyesindeki modelin, çatı

saçaklarının oluşturulması ve çatı üzerindeki büyük detayların eklenmesi ile elde edilir.

4. ÜÇ BOYUTLU KENT MODELLERİ

4.1. Kullanım Alanları

Elde edilen 3 boyutlu kent modelleri, genel olarak 5 ana uygulama alanına sahiptir. Bu alanlar;

- Vergi değerlemesi,
- Gayrimenkul değerlemesi,
- Askeri ve güvenlik operasyonları,
- Kent ve altyapı planlaması,
- 3 boyutlu kadastru yapımı ve yönetimi, şeklinde gruplanabilir (Yastıklı vd., 2017).

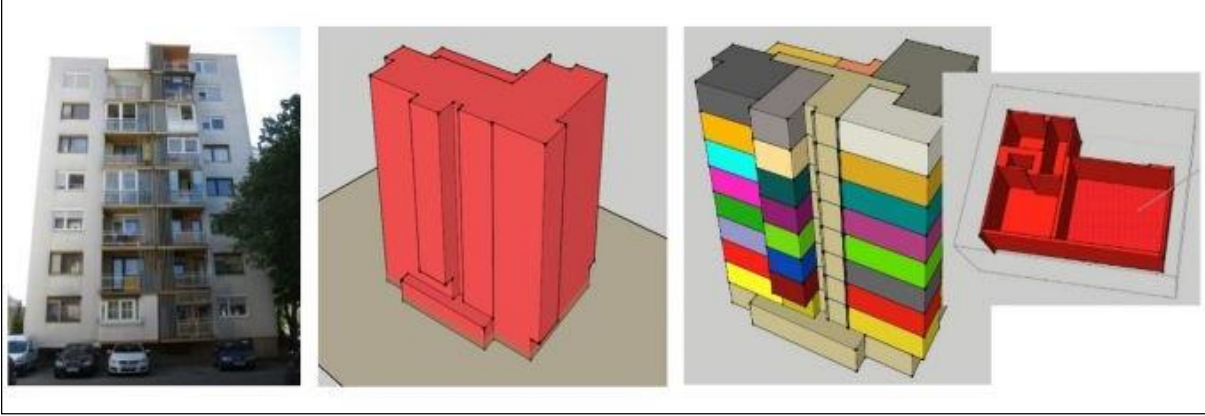
Eğik fotoğrafların avantajları arasında yer alan hassas mesafe, yükseklik ve alan ölçümleri, vergi değerlemesi için efektif bir şekilde kullanılabilir. Bu şekilde vergi oranları, daha adaletli dağıtmakta ve vergi gelirlerinde artış elde edilmesi sağlanmaktadır. Eğik fotoğraflar kullanılarak elde edilen 3 boyutlu modeller, dairelerin kendisinin ve çevresinin, daha doğru ve daha gerçekçi analiz edilebilmesini sağlamaktadır. Oluşturulan kent modelleri üzerinde güneş ve gölge analizleri yapılabilmektedir. Bu incelemelerin yapılabilmesi, gayrimenkullerin değerini, daha doğru ve ederine en yakın şekilde bulmasını sağlamaktadır. Bu durum gayrimenkul satışını da hızlandırmaktadır. Eğik fotoğraflar ile kör noktaların görülebilir hale gelmesi, askeri ve güvenlik operasyonlarının başarısını da arttıracaktır. Bir operasyon sürecinde kör nokta kalmaksızın, operasyon alanının bilinmesi, verilecek olan zayıfın en aza inmesini, operasyonun hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesini ve en önemlisi olabilecek can kayıplarının önlenmesine yardımcı olacaktır. Ayrıca, olası bir afet durumunda hassas ve hızlı bilgi sağlanması, giriş-çıkış ve tahliye güzergâhlarının planlanmasında harika bir araçtır. Kriz öncesinde, afet planlamasında ise yapıların çok yönlü incelenebilir olması büyük bir avantajdır (Xi vd., 2017; Zheng, 2018).

Bir kentin ya da yeni bir yerleşim yerinin planlanmasında 3B kent modellemesi, düşey hava görüntülerinden belirlenemeyen nesnelerin eğik görüntülerden tespit edilmesi, ulaşım yollarının, alt yapıların tesislerinin değerlendirilmesi gibi birçok alanda faydalar sağlamaktadır. Sokak aydınlatmaları, elektrik direkleri gibi düşeyde tespit edilmesi zor olan nesnelerin tespiti kolaylaşmaktadır. Ayrıca yapılması düşünülen yapılarda, görüş hattı analizleri yapılabilmesi olanağı, kent planlamalarında önemli bir yere sahiptir.

Oluşturulan 3 boyutlu kent modelleri, 3 boyutlu kadastru projeleri için mükemmel bir altlık

oluşturmaktadır. Öncesinde de belirtildiği gibi, arazi faaliyetlerinin gerçekleştirilmesini mümkün kılar. Eğik fotoğraflar ile elde edilen 3 boyutlu kent modellerinin, gerçeğine çok yakın olması ve yapıların, gerçekteki mimarisine benzer şekilde sanal ortamda elde edilmesi, mülkiyet haklarının daha iyi ifade edilebilmesine

üzerinde hassas ölçüler alınabilmesi, kadastro olarak sağlamaktadır. Mevcut 2 boyutlu kadastrada, açık şekilde ifade edilemeyen kat mülkiyeti, bu yöntem ile elde edilen 3 boyutlu modellerde, rahatlıkla gösterilebilmektedir (Şekil 3; Lisec vd., 2017).



Şekil 3. Üç boyutlu bina modellerinde kat mülkiyeti(; Lisec vd., 2017)

Şekil 3'de de gördüğünüz üzere, yapılar, sanal ortamda bağımsız bölümlere ayrılabilmekte ve kat planları modellenip gösterilebilmektedir. Oluşturulan kent modelleri, mimari projelerden elde edilen kat modelleri ile birleştirilerek 3 boyutlu kadastro için bir altlık oluşturulabilmektedir.

4.2. Üretim Metotları

Kent modellerinin üretimi aşamasında 3 metot vardır. Bunlar; manuel, yarı otomatik ve otomatik yöntemlerdir. Manuel yöntem; operatörün, binayı, nokta bulutu üzerinden 3 boyutlu çizmesi metodudur. Bu yöntem çok fazla zaman almaktadır ve tamamı ile operatörün yorumuna dayalıdır. Otomatik yöntem, bir yazılımın sayısal yüzey modeli üzerinde, içerisinde bulunan 3 boyutlu model kütüphanesi ile eşleşmeleri bularak kent modelini üretmesi metodudur. Belirli bir mimari dokusu olan şehirler için hızlı, doğru ve mantıklı bir yöntemdir (Doğru ve Şeker, 2009; Büyükdemircioğlu vd., 2018). Fakat Ankara ya da İstanbul gibi hem kalabalık hem de çeşitli çatı şekillerine sahip şehirlerde bu yöntem sağlıklı işlememektedir. Bu çalışmada kullanılan yarı otomatik yöntemde binaların çatıları, Ortofoto veya bindirmeli görüntüler üzerinden 2 veya 3 boyutlu çizilir ve yazılıma sayısal yüzey modeli ile beraber girdi verisi olarak verilir. Çatı geometrilerine daha yakın, binaların görüntüsüne daha benzer modeller elde edilir.

5. UYGULAMA

Bu bölümde; yapılan çalışmanın alanı, kullanılan yazılımlar ve uygulama içeriğinden bahsedilmiştir. Uygulama alanı ve metotlar tanıtılmıştır.

5.1. Uygulama Alanı

Bu çalışmada; Tapu ve Kadaströ Genel Müdürlüğü tarafından, Ankara ili Gölbaşı ilçesi üzerinde (Şekil 4), Şubat 2018 tarihinde, Vexcel Imaging firmasının UltraCam Osprey Mark 3 Premium kamerası ile yapılan uçuş sonrası elde edilen veriler kullanılmıştır. Bu kamera sisteminde düşey pozisyonda, renkli ve kızılötesi özellikli bir kamera ve 45° derece açılarla kenarlara doğru yerleştirilmiş 4 kamera bulunmaktadır. Veriler ortalama 1500 m uçuş yüksekliğine, düşey görüntülerde yaklaşık 10 cm, eğik görüntülerde ise yaklaşık 12 cm çözünürlüğe sahiptir. Bu çözünürlük değerleri, yer örnekleme aralığı (YSA ya da GSD) dediğimiz, yer yüzeyinde tanımlanabilecek en küçük obje boyutunu göstermektedir.

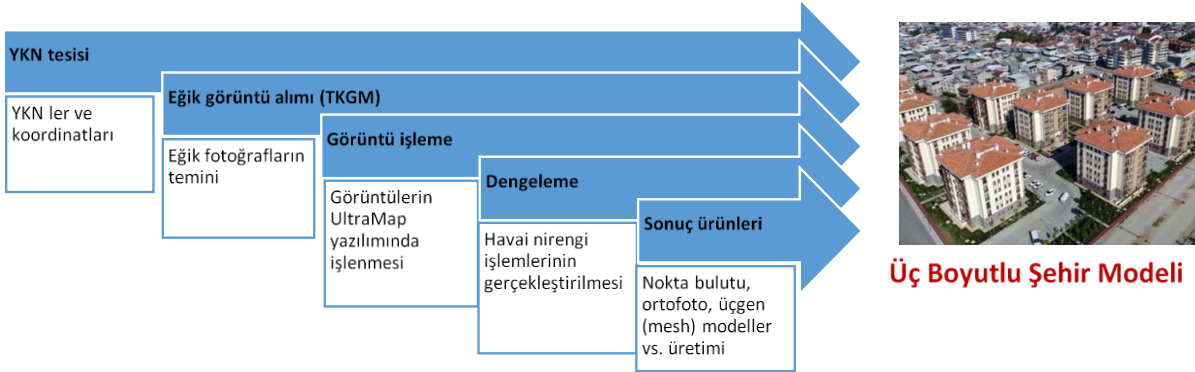
Uygulama alanı yaklaşık 69km² lik bir alanda Seğmenler Mahallesi'ndeki 12 bina kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında daha önceden zemin tesisleri yapılmış 15 yer kontrol noktaları (YKN) mevcut olup bu noktalarla dengeleme işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4. Uygulama alanı

Şekil 5'te de görüldüğü gibi genel iş akış şeması yer kontrol noktalarının tesisinden görüntü teminine, fotogrametrik veri üretiminden sonuç ürünlerinin elde edilmesine kadar bir dizi işlemi ifade etmektedir. Sayısal yüzey modeli (SYM) üretimi LASTools, binaların CAD ortamında temsil edilmesi Feature Manipulation Engine (FME), çatıların çizilmesi QGIS, binaların üç

boyutlu olarak oluşturulması BuildingReconstruction, bina cephelerine fotoğraf bilgilerinin giydirilmesi CityGRID programları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Makalenin takip eden bölümlerinde iş akış şeması hakkında detaylı bilgi verilecektir.

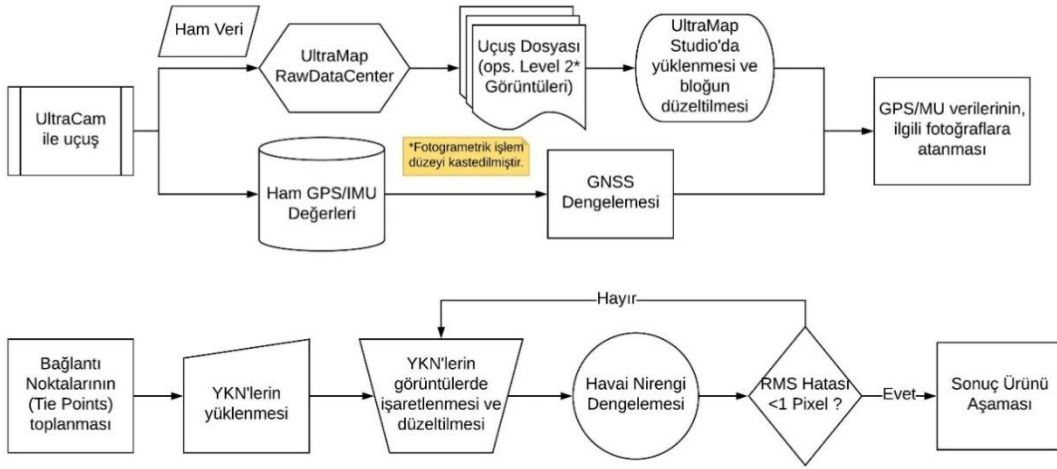


Şekil 5. 3B şehir modeli uygulamasının genel iş akış şeması

5.2. Dengeleme, Ortofoto ve Nokta Bulutu Üretimi

UltraCam ile elde edilen ham görüntülerin dengelenmesi, sadece aynı firmanın UltraMap yazılımı ile yapılabilmektedir (Şekil 6).Aşağıdaki şekilde, yazılım içerisindeki işlem akışı gösterilmiştir. Öncelikle işlemler, RawDataCenter modülünden başlamaktadır.

RawDataCenter 'da, kalibrasyon dosyası kullanılarak, kamera tanıtılır ve ham veriler girdi olarak verilir. Yaklaşık 2 saat süren bu işlemin sonunda RawDataCenter, uçuş dosyası ile beraber görüntüleri oluşturur. Oluşturulan uçuş dosyası, Studio modülünde açılır ve blok üzerinde gerekli ise düzeltme yapılır.



Şekil 6. UltraMap programı fotogrametrik iş akış şeması

İşlemin devamında dengelenmiş olan GPS/IMU verileri, programa aktarılır. Yazılım aracılığı ile bindirmeli görüntüler arasında otomatik olarak bağlantı noktaları toplanır. Daha sonra uçuştan önce işaretlenmiş ve ölçülmüş yer kontrol noktaları yazılıma aktarılır. Burada yer kontrol noktalarının (YKN) kullanılmasının amacı üretilen verilerin yatay ve dikey mesafede doğruluğunu arttırmaktır.

Yazılım, YKN'leri otomatik olarak görüntüler ile eşleştirir. YKN'ler, manuel olarak, eşleşen görüntüler üzerinde kontrol edilir ve gerekli ise yerleri düzeltilir. İlk işlem olarak havai nirengi dengelemesi yapılır. Hesaplanan ortalama karekök hatalarının (RMSE) 1 pikselin altında olması gereklidir. Eğer değil ise YKN işaretleri tekrar kontrol edilir ve görüntü üzerinde

daha hassas işaretlenmesi hedeflenir. Her işaret yeri değişikliğinden sonra, tekrar havai nirengi dengelemesi yapılması zorunludur. Bu işlem tekrarlanarak hatalar 1 pikselin altına düşürülür.

Şekilde, dengeleme sonuç değerleri görülmektedir (Şekil 7). 216 adet görüntüden 13697 tane bağlama noktası (tie point) otomatik olarak toplatılmış ve 15 adet YKN ile WGS84/ UTM Dilim 36 koordinat sisteminde ortalama 9 santimetre yer örnekleme aralığı (GSD) ile dengelenmiştir. Ortalama karekök hatası hesabına göre; x koordinatında 3,8 cm, y koordinatında 2,8 cm ve z değerinde 6,9 cm hata payları ile dengeleme ve koordinatlandırma sonuçlanmıştır.

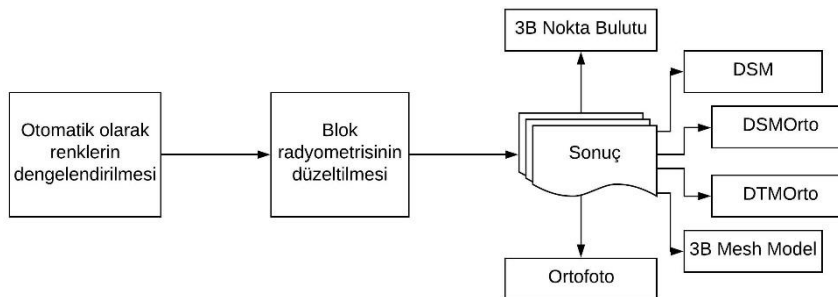
Tablo 1. Dengeleme Raporu

Genel Bakış			
Proje / Blok	GLB / GOLBASI		
Çekilme Zamanı	1 gün: (9.02.2018 08:58 - 9.02.2018 09:31)		
Kameralar / Kalibrasyon	UltraCam Osprey Mark 3 Premium f120 / 423S81174X015184-f120 [2]		
Oturumlar / Hatlar	1 / 4		
Çekimler / Fotoğraflar	36 / 216		
Bağlama Noktaları / Manüel Bağlama Noktaları	13697 / 0		
Yer Kontrol Noktaları / Denetleme Noktaları	15 / 0		
Ortalama YÖA [1/px]	0.093		
Ortalama Fotoğraf Ölçeği	18.864		
Koordinat Sistemi [EPSG Kodu]	32636		
Sigma Değeri	0.57		
Görüntü Ölçüm Hataları [px]	Ortalama	Maksimum	Sayı
Nadir (Bağlama Noktaları)	0.09	0.99	72285
Nadir (Kontrol Noktaları)	0.22	0.50	89
Nadir (Denetleme Noktaları)	0.00	0.00	0
Nadir (Manüel Bağlama Noktaları)	0.00	0.00	0
Oblique (Bağlama Noktaları)	2.23	9.97	19978
Değerler	RMS	Maksimum	Sayı
Yer Kontrol Noktaları (X/Y/Z) [1/1000]	18/25/30	32/51/59	14
Düşey Kontrol Noktaları (Z) [1/1000]	0	0	0
Yatay Kontrol Noktaları (X/Y) [1/1000]	0/0	0/0	0
Yer Denetleme Noktaları (X/Y/Z) [1/1000]	0/0/0	0/0/0	0
GPS (X/Y/Z) [1/1000]	38/28/69	96/48/141	36
IMU (Omega/Phi/Kappa) [mgon]	10.2/13.6/3.8	16.1/25.1/7.0	36
Hata İstatistikleri	Test Değeri = Sigma Değeri (Sonraki) / Sigma Değeri (Önceki)		
Görüntü Konumu	1.11		
Görüntü Konumu (X/Y/Z)	0.99/0.66/1.44		
Görüntü Dönüklüğü	0.92		
Görüntü Dönüklüğü (Omega/Phi/Kappa)	0.94/1.25/0.35		
Görüntü Ölçüleri	0.22		
Yer Kontrol Noktalarının Koordinatları	0.54		
Yer Kontrol Noktalarının Koordinatları (X/Y/Z)	0.40/0.56/0.70		

Kaynak: UltraMap Aerial V4.4.2 AT Raporu

İş akışının devamında blok radyometrisi ve isteğe bağlı olarak tek tek görüntülerin radyometrisi düzenlenir. Akabinde, yine isteğe bağlı olarak, 3 boyutlu nokta bulutları ve 3 boyutlu mesh modellerin üretimi yapılabilir ya da OrthoProduction modülüne

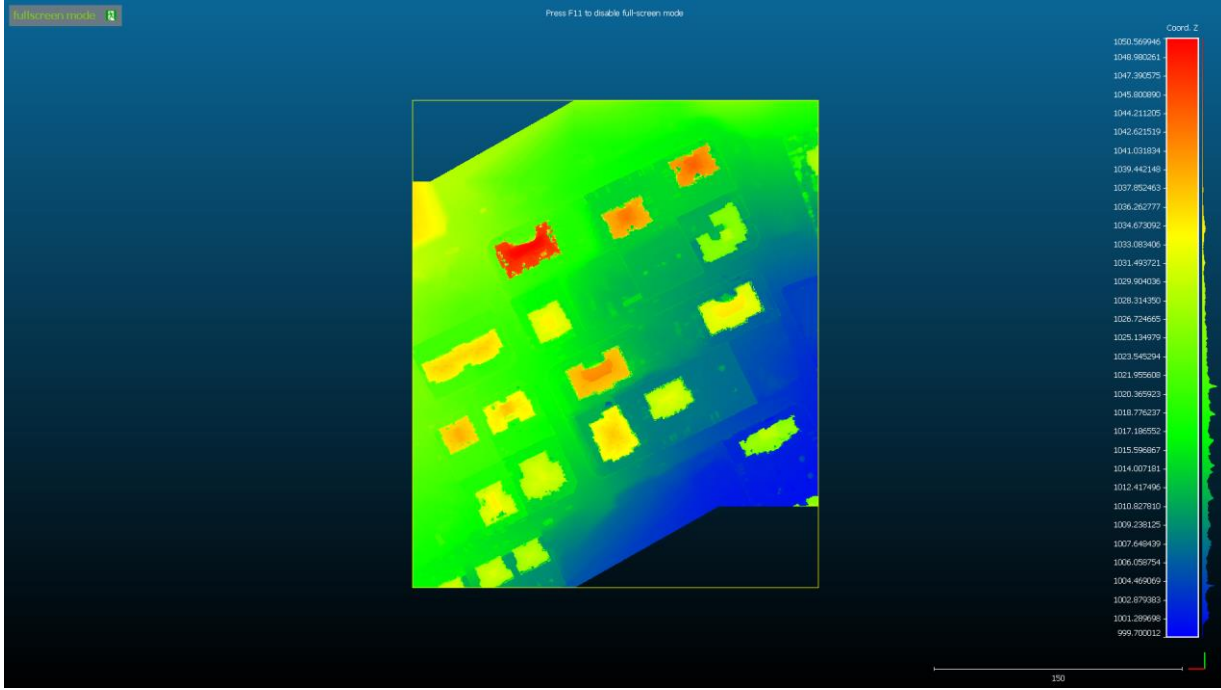
geçilerek SYM, Ortofoto, SYMOrtho ürünlerinin düzenlenmesi ve üretilmesi işlemleri uygulanır. Yapılan çalışmada UltraMap yazılımı kullanılarak 3 boyutlu nokta bulutları, 3 boyutlu mesh modeller ve ortofotolar 1 hafta süre içerisinde üretilmiştir (Şekil 8).

**Şekil 7.** Üretilen sonuç ürünleri

5.3. Kent Modeli için Gerekli Verilerin Hazırlanması

3 boyutlu kent modelinin yarı otomatik yöntem ile üretildiği bu çalışmada SYM ve binaların poligon çizimleri girdi verisi olarak kullanılmıştır (Şekil 9). UltraMap üzerinden üretilen nokta bulutu kullanılarak,

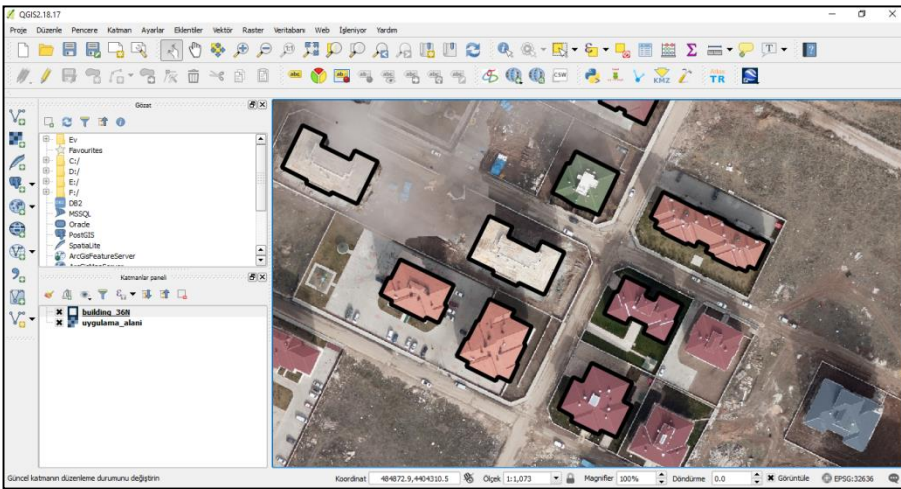
LAStools programında, sayısal yükseklik modeli elde edilmiştir. Üretilen nokta bulutunda 16.483.560 nokta bulunmaktadır ve 240 pts/m² nokta yoğunluğuna sahiptir. Sayısal yükseklik modeli üretiminde ise ızgara aralığı olarak 25 cm belirlenmiş ve 4 saatlik işlem süresi sonucunda elde edilmiştir.



Şekil 8. LAStools yazılımı ile üretilen sayısal yükseklik modeli

Takip eden aşamada UltraMap yazılımından parça parça alınan uygulama alanının ortofotosu, FME yazılımı aracılığı ile birkaç dakika içerisinde birleştirilmiş ve mozaiklenmiştir. Oluşturulan yükseklik modeline ek olarak QGIS yazılımında birleştirilmiş ortofoto üzerinden, oluşturulmak istenen

binaların çatıları 2 boyutlu ve koordinatlı şekilde 2 saatlik bir çalışma sonucunda çizilmiştir. Çizim yapılırken, oluşturulan poligonlara çizimi yapılan binanın istenilen öznelikleri girilmiştir (Şekil 10).

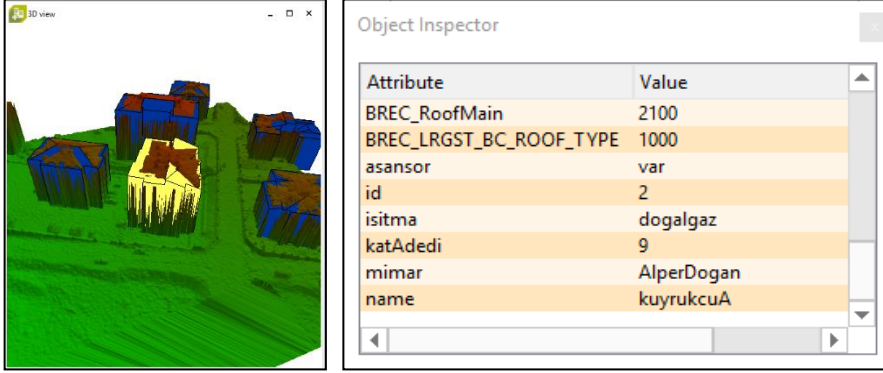


Şekil 9. QGIS ortamında bina çatılarının sayısallaştırılması

5.4. Kent Modeli Üretimi

Kent modeli üretimi için öncelikle elde edilen sayısal yükseklik modeli ve binaların vektör poligon verileri, BuildingReconstruction programına

aktarılmıştır. Yazılım, aktarılan verilerden, çizilen binaların, katı modellerini 12 bina için yaklaşık 10 dakikalık bir sürede oluşturmuştur (Şekil 11). Daha sonra, oluşturulan katı modeller, vektör ve CityGML dosya formatında kaydedilmiştir.

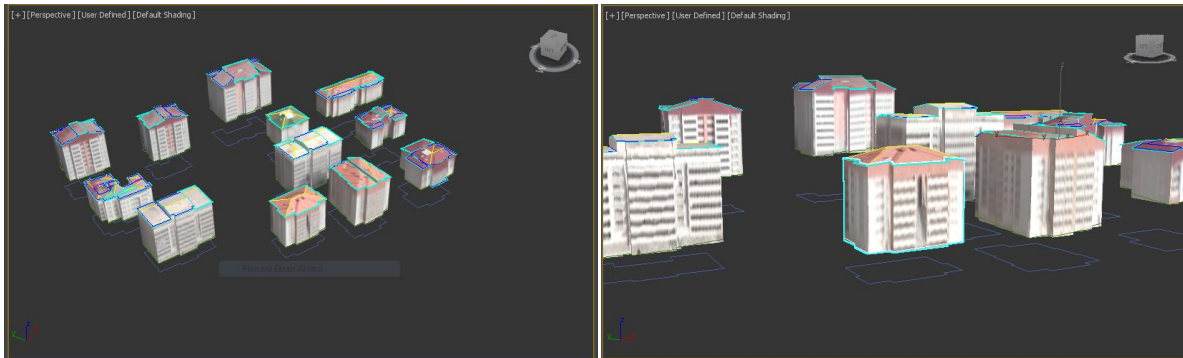


Şekil 10. Oluşturulan katı modeller ve öznelik bilgileri

Üretilen katı modeller, FME yazılımında dönüşümler gerçekleştirilerek otomatik kaplama yazılımına hazır hale getirilmiştir. FME yazılımında bina saçaklarını göstermek amaçlı, çatı kenarlarından 50 santimetre daha içeride olacak şekilde taban izi poligonları oluşturulmuştur. İşlemlerin devamında modeller, otomatik kaplamada kullanılacak CityGRID yazılımının işlem formatına dönüştürülmüştür. CityGRID yazılımı kendi XML formatına sahiptir ve binaların yüzey oluşumları yerine çizgi oluşumlarını

kullanmaktadır. CityGML formatındaki bina modelleri otomatik kaplama için CityGRID yazılımında kullanılmak üzere CityGRIDXML formatına çevrilmiştir.

Bu aşamada son olarak CityGRID yazılımında, oluşturulan 3 boyutlu bina modelleri, eğik görüntüler, Sayısal Arazi Modeli ve binaların CBS verileri, girdi olarak kullanılmış ve görüntülerden modellerin otomatik kaplaması sağlanmış (Şekil 12), bu süreç 12 bina için yaklaşık 1 saatlik bir çalışma sonucunda tamamlanmıştır.



Şekil 11. 3dsMax ortamında uygulama alanına ait eğik görüntülerle kaplanmış binalar

Ürünlerin doğruluğunu kontrol etmek amacıyla 12 binadan 1'inin resmi mimari projesi elde edilmiş, mimari proje ve 3 boyutlu modeller üzerinde, binanın

yan yüzeylerinden ve çatısından toplam 5 adet uzunluk ölçülmüştür. Yapılan yatay ve düşey uzunluk ölçümleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 2. Ölçülen yatay ve düşey uzunluklar

	Model üzerinden Ölçülen Uzunluk (cm)	Mimari Proje üzerinden Ölçülen Uzunluk (cm)	Farklar (cm)
Yatay Uzunluklar			
A Blok Ön Yüzey üzerindeki Uzunluk (Düşey)	2131 cm	2130 cm	1 cm
A Blok 1. Yan Yüzey üzerindeki Uzunluk (Yatay)	646 cm	710 cm	64 cm
A Blok 2. Yan Yüzey üzerindeki Uzunluk (Yatay)	599 cm	645 cm	46 cm
A Blok Çatı üzerindeki 1. Uzunluk (Yatay)	812 cm	810 cm	2 cm
A Blok Çatı üzerindeki 2. Uzunluk (Yatay)	2587 cm	2580 cm	7 cm

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada bütün dünyada kent yönetimi ve planlaması için aktif olarak kullanılan ve gelişime açık olan 3B kent modelleri, son yıllarda çok sık kullanılmaya başlanan eğik görüntülerle beraber değerlendirilmiş ve seçilen alanında uygulama aşaması gerçekleştirilmiştir. Uygulama ile eğik görüntüler, iki ve üç boyutlu sayısal fotogrametrik haritalar ve mevcut veriler kullanılarak LoD2.3 detay seviyesinde, binalara gerekli öznetelik bilgileri eklenmiş, otomatik olarak doku giydirilmesi yapılarak 3B model oluşturulmuştur. İşlem aşamaları ve üretilen değerler hakkında ayrıntılı bilgiler verilmiştir.

Bu kapsamda, eğik görüntülerle üretilen 3B modellerin detay yakalama kapasitesinin yüksek olduğu görülmüştür. Eğik görüntülerin bina cephelerini çok daha iyi temsil ettiği düşünüldüğünde kısa zamanda binalar hakkında toplanılacak envanter bilgileri noktasında diğer yöntemlerle üretilen modellere nazaran daha avantajlı olduğu müşahade edilmiştir. Ayrıca günümüzde 2B kadastro çalışmalarına ek olarak sürdürülen 3B kadastro çalışmalarına çok olumlu katkılar sağlayacağı ayrı bir araştırma konusudur.

Günümüz insanının gelişen teknoloji ile birlikte artan ihtiyaçlarının karşılanması konusunda eğik fotoğraflarla üretilen bu 3B kent modellerinin, kat mülkiyetinin 3B olarak sunulması, gayrimenkullerin bilgisayar ortamında değerlendirilmesi, görüş, güvenlik ve değerlendirme analizlerinin yapılması gibi kriterlerle ele alınmasında sağlayacağı katkıların ciddi boyutlara ulaşacağı kanaatine varılmıştır.

Bu gibi çalışmalarda bir çok veri, yazılım, kısıtlı kullanım ve veri formatı kullanıldığı için çalışma sırasında bazı işlemlerin defaatle yapılması, veri uyumsuzluğu gibi yaşanan aksaklıklarda zaman kaybı yaşanabilmektedir. Bu çalışmada aynı sorunlarla karşılaşmıştır. Özellikle eğik verinin elde edilmesi başlı başına bir sorun olmakla birlikte, ilave bir problem de verinin aynı misyonun ürettiği yazılımla işlenebilmesi zorunluluğudur. Bu aşama yapılan çalışmanın sıkıntılı aşamalarında birini teşkil etmiştir.

Bu çalışma ile, üç boyutlu modellerin üretimi ve geliştirilmesinin öne çok açık bir konu olduğu sonucuna varılmıştır. Yeni formatlar, yazılım kabiliyetleri ve kullanıcı istekleri de göz önünde bulundurulduğunda 3B kent modellerinin ve özelde bu çalışmanın konusu olan eğik görüntülerle üretilen modellerin geliştirilmesi, modellerin iyileştirme alanlarının incelenmesi, 3 boyutlu mimari projeler kullanılarak detay seviyesinin arttırılması, bina bağımsız bölümlerinin modellere eklenmesi bir konularda akademik camiada teşvik edici çalışmalar yapılması ve yaptırılmasının faydalı olacağı görüşüne ulaşılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma için eğik fotoğrafları temin ettiğimiz Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü 'ne ve Bilgi Teknolojileri Daire Başkanı Sedat Bakıcı 'ya , kamera yazılım lisansını sağlayan Atay Mühendislik Firması 'na ve üç boyutlu modelleme ve kaplama kapsamında destek aldığımız UVM Systems ve Alpaslan Tütüneken 'e teşekkürlerimizi bir borç biliriz.

KAYNAKÇA

- Amado, M., Poggi, F. ve Amado, A. (2016). Energy Efficient City: A Model for Urban Planning. *Sustainable Cities and Society*. 26. 476-485.
- Aydın, C. C. (2014). Designing Building Façades for the Urban Rebuilt Environment with Integration of Digital Close-Range Photogrammetry and Geographical Information Systems. *Automation in Construction*, 43, 38-48.
- Aydın, C. C. (2008). Usage of Underground Space for 3D Cadastre Purposes and Related Problems in Turkey. *Sensors*. 8, 11, 6972-6983.
- Ayyıldız, E. (2016). Eğik Resim Fotogrametri İle Veri Üretimi. *Uzaktan Algılama - CBS Sempozyumu, 5-7 Ekim 2016, Adana*.
- Bakıcı, S., Erkek, B., Ayyıldız, E. ve Özmüş, L. (2017). The Use of 3D City Models Form Oblique Images on Land Administration. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. IV-4/W4. 117-121.
- Balsa-Barreiro, J. ve Fritsch, D. (2018). Generation of Visually Aesthetic and Detailed 3D Models of Historical Cities by Using Laser Scanning and Digital Photogrammetry. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage, Volume 8, Pages 57-64, ISSN 2212-0548*.
- Biljecki, F., Stoter, J., Ledoux, H., Zlatanova, S. ve Çöltekin, A. (2015). Applications of 3D City Models: State of the Art Review. *ISPRS Int. J. Geo-Inf*. 2015, 4, 2842-2889.
- Buhur, S., Ross, L., Büyüksalih, G. ve Baz, I. (2009). Planlama Aktiviteleri için 3-Boyutlu Kent Modeli Örnek Uygulaması: Haydarpaşa Tren İstasyonu, Haydarpaşa Limanı ve Geri Sahası. *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 02-06 Kasım 2009, İzmir*.
- Büyükdemircioğlu, M., Kocaman, S. ve Isikdag, U. (2018). Semi-Automatic 3D City Model Generation from Large-Format Aerial Images. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 7. 339.
- Chen, R. (2011). The Development of 3D City Model and Its Applications in Urban Planning. *Proceedings - 2011 19th International*

Conference on Geoinformatics,
Geoinformatics 2011. 1-5.

- CityGML Anasayfası, <https://www.citygml.org/>. Erişildi 23.11.2018.
- Doğru, A. Ö. ve Şeker, D. Z. (2009). Coğrafi Bilgi Sistemlerinde 3B Kent Modelleme Olanaklarının İrdelenmesi. *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 02-06 Kasım 2009, İzmir*.
- Döner, F., Bıyık, C., ve Demir, O. (2011). Dünyada Üç Boyutlu Kadastro Uygulamaları. *13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 1822, Nisan, Ankara*.
- Grenzdörffer, G. J., Guretzki, M., ve Friedlander, I. (2008). Photogrammetric Image Acquisition and Image Analysis of Oblique Imagery. *The Photogrammetric Record* 23(124):372 – 386.
- Heo, J., Jeong, S., Park, H., Jung, J., Han, S., Hong, S. ve Sohn, H. (2013). Productive High-Complexity 3D City Modeling with Point Clouds Collected From Terrestrial Lidar. *Computers, Environment and Urban Systems*. 41. 26–38.
- Khoo, V. H. S. (2011). 3D Cadastre in Singapore. *2nd International Workshop on 3D Cadastres, 16-18 November 2011, Delft, the Netherlands*.
- Liang, J., Shen, S., Gong, J., Liu, J. ve Zhang, J. (2016). Embedding User-Generated Content into Oblique Airborne Photogrammetry-Based 3D City Model. *International Journal of Geographical Information Science*. 31. 1-16.
- Lisec, A., Ferlan, M. ve Tekavec, J. (2017). Towards a 3D Cadastre in Slovenia, 3D Modelling of a Cadastral Treasure in Slovenia. *GIM International*, 31(4):35-37, April 2017.
- Mahdjoubi, L., Moobela, C., ve Laing, R. (2013). Providing Real-Estate Services through the Integration of 3D Laser Scanning and Building Information Modelling. *Computers in Industry, Volume 64, Issue 9, December, Pages 1272-1281*.
- Oosterom, P. (2013). Research and Development in 3D Cadastres. *Computers, Environment and Urban Systems*. 40. 1–6.
- Özmüş, L., Erkek, B., Ateş, H. B., Özer, E., ve Bakıcı, S. (2013). Eğik Resim Fotogrametrisi ve Arazi Yönetiminde Kullanım Alanları. *TUFUAB2013 VII. Teknik Sempozyumu, Trabzon*.
- Qin, J., Fang, C., Wang, Y., Li, G. ve Wang, S. (2015). Evaluation of Three-Dimensional Urban Expansion: A Case Study of Yangzhou City, Jiangsu Province, China. *Chinese Geographical Science*, 25, 224-236.
- Schubiger-Banz, S., Arisona, S. M. ve Zhong, C. (2014). Enhancing Photogrammetric 3D City Models with Procedural Modeling

Techniques for Urban Planning Support. *Earth and Environmental Science* 18.

- Stoter, J., Ploeger, H. ve Oosterom, P. (2013). 3D Cadastre in the Netherlands: Developments and International Applicability. *Computers, Environment and Urban Systems*. 40. 56–67.
- Sun, Y., Sun, H., Yan, L., Fan, S. ve Chen, R. (2016). RBA: Reduced Bundle Adjustment for Oblique Aerial Photogrammetry. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 121, Pages 128-142, ISSN 0924-2716*.
- Wu, B., Xie, L., Hu, H., Zhu, Q. ve Yau, E. (2018). Integration of Aerial Oblique Imagery and Terrestrial Imagery for Optimized 3D Modeling in Urban Areas. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 139, Pages 119-132, ISSN 0924-2716*.
- Xi, W., Li, G., Li, D., Zhao, Z. ve Song, J. (2017). Application of Oblique Photogrammetry in Real Estate Surveying and Mapping. *2017 International Conference on Electronic, Control, Automation and Mechanical Engineering ISBN: 978-1-60595-523-0*.
- Xia, Z. ve Zhu Qing, B. (2004). Applications of 3D City Models Based Spatial Analysis to Urban Design. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*
- Xiao, J., Gerke, M. ve Vosselman, G. (2012). Building Extraction From Oblique Airborne Imagery Based on Robust Façade Detection. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 68, 2012, Pages 56-68, ISSN 0924-2716*.
- Yalçın, G. ve Selcuk, O. (2015). 3D City Modelling with Oblique Photogrammetry Method. *Procedia Technology*, 19, 424 – 431.
- Yan, J., Jaw, S. W., Son, R. V., Soon, K. H. ve Schrotter, G. (2018). Three-Dimensional Data Modelling for Underground Utility Network Mapping. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-4*.
- Yastıklı, N., Çetin, Z., Üçok, U. ve Koçdemir, K. H. (2017). Fotogrametrik Harita ve LiDAR Verileri ile 3B Kent Modeli Üretimi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara*.
- Yomralıoğlu, T. (2011). Dünya’da Arazi Yönetimi. *Türkiye’de Sürdürülebilir Arazi Yönetimi Çalıştayı, 26-27 Mayıs 2011, Okan Üniversitesi, İstanbul*.
- Zheng, Z. (2018). The Application Research of Oblique Photogrammetry Technology in Road Planning. *Earth and Environmental Science* 192, 01207.