

Yapılaşmış Alanlarda İnsansız Hava Araçları ile Eğik Resim Fotogrametrisi Uygulaması

Abdullah VARLIK ¹  Mehmet ERDÖNMEZ ² 

¹ Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 42090, Konya, Türkiye (*Sorumlu Yazar/ Corresponding Author*)

² Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 42090, Konya, Türkiye

Makale Bilgileri

ÖZET

Makale Geçmişi

Geliş: 02.11.2020

Kabul: 03.12.2020

Yayın: 31.12.2020

Anahtar Kelimeler:

İHA fotogrametrisi, Eğik resim fotogrametrisi, İnsansız hava aracı (İHA), Ortofoto, Sayısal yüzey modeli (SYM).

Teknolojinin gelişmesine bağlı olarak gelişen görüntüleme aygıtları yeryüzünün haritalanmasına çeşitlilik ve zenginlik katmıştır. Eş zamanlı farklı açılardan çekilen hava görüntüleri sıklıkla kullanılan düşey hava görüntülerine çok kuvvetli bir alternatif oluşturmuştur. Bu yöntemle oluşturulan veriler fotogrametrik haritalamada çok daha yeni ürünler ortaya çıkmasını sağlamıştır. Son zamanlarda, yeni bir taşıyıcı platform olan insansız hava araçları (İHA), özellikle küçük alanları içeren çalışmalarda hızlı, hassas, düşük maliyetli ve tekrarlı ölçü elde etme özelliklerinden dolayı birçok çalışmada tercih edilmeye başlanmıştır. Bu çalışmada insansız hava aracı yardımıyla yapılaşmış alanlarda eğik resim fotogrametrisi üzerine bir uygulama yapılmıştır. Tek kameralı insansız hava aracı ile uçuş yapılarak çalışma alanına ait eğik görüntüler elde edilmiştir. Elde edilen görüntüler fotogrametrik olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucu test alanının nokta bulutu, Ortofoto görüntüsü, SYM (sayısal yüzey modeli) üretilmiş, 3 boyutlu bir kent modeli tasarımı gerçekleştirilmiş, üretilen verilerin nasıl oluşturulacağı, kullanılabilirliği ve uygunluğu analiz edilmiştir. Sonuçlar, İnsansız Hava Aracı ile eğik resim çekimi ile üretilen ürünlerin cm düzeyinde doğruluk sağlayabildiğini göstermektedir. Elde edilen bulgular neticesinde eğik görüntülerin özellikle CBS veri tabanı ile entegrasyon ve CBS verilerininin 3 Boyutlu olarak görüntülenmesi, binaların çevreleri ve cepheleri ile değerlendirilmelerine imkân sağlamaları nedeniyle üç boyutlu şehir modellerinin oluşturulmasında büyük avantajlar sağladığı görülmüştür.

Oblique Photogrammetry Application and Accuracy Analysis with Unmanned Aerial Vehicles in Built Areas

Article Info

ABSTRACT

Article History

Received: 02.11.2020

Accepted: 03.12.2020

Published: 31.12.2020

Keywords:

UAV photogrammetry, Oblique photogrammetry, Unmanned aerial vehicle (UAV), Orthophoto, Digital surface model (DSM).

Imaging devices that have developed in line with the development of technology have added diversity and richness to the mapping of the earth. Aerial images taken simultaneously from different angles have provided a very powerful alternative to commonly used vertical aerial images. The data generated by this method has led to much newer products in photogrammetric mapping. Recently, unmanned aerial vehicles (UAV), which is a new carrier platform, have started to be preferred in many studies due to their fast, accurate, low cost and repetitive measurement properties, especially in studies involving small areas. In this study, an application was made on oblique photogrammetry in built-up areas with the help of unmanned aerial vehicles. Oblique views of the study area were obtained by flying with a single camera unmanned aerial vehicle. The images obtained were evaluated photogrammetrically. As a result of the evaluation, the point cloud of the test area, orthophoto view, DSM (digital surface model) was produced, a 3D city model design was realized, how the produced data would be created, its usability and suitability were analyzed. The results show that the products produced by oblique image shooting with Unmanned Aerial Vehicle can provide cm level accuracy. As a result of the findings, it has been observed that oblique images provide great advantages in the creation of three-dimensional city models, especially since they allow the integration with the GIS database and the 3D display of the GIS data and the evaluation of the buildings with their surroundings and facades.



Atf/Citation: Varlık, A.; Erdönmez, M. (2020). Yapılaşmış Alanlarda İnsansız Hava Araçları ile Eğik Resim Fotogrametrisi Uygulaması, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2(2), 1-11.

"This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) (CC BY-NC 4.0)"

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yeryüzünün olabildiğince gerçekçi temsil edilebileceği görselleştirme araçlarının geliştirilmesi, tarih boyunca geomatik bilim insanlarına görev olarak yüklenmiştir [1]. Yerleşim yeri merkezlerinin sürekli büyümesi, nüfusun ve trafikteki araç sayısının artması, çarpık kentleşme, toplum güvenliği gibi sorunlara paralel olarak kentlerin yönetimi karmaşıklaşmış ve profesyonel çözümler üreten yerel yönetimlere gereksinim duyulmaya başlanmıştır. Bu ihtiyaçlardan yola çıkarak son zamanlarda pek çok bilim insanı ve şirket 3 Boyutlu kent modeli oluşturma ve sunma konularında çalışmaya başlamıştır [5].

Günümüzde teknoloji alanındaki gelişmeler, fotogrametrik algılayıcılarda, kayıt ünitelerinde ve görüntü işleme donanımlarında da yeni imkânlar sağlamıştır. Fotogrametrik kameralara eğik algılayıcılar eklenerek objelerin farklı açılardan görüntülenmesi sağlanmış, kayıt ünitelerindeki gelişmeler sayesinde anlık görüntü alım kapasitesi arttırılmış ve yazılımlardaki güncellemeler sayesinde fotogrametri alanında üretim yelpazesi genişletilmiştir [6]. Üretimde kullanılan verilerin çeşitlilikleri, kullanıcıların gereksinimlerini karşılamak amacı ile geliştirilen yazılımlar ve donanımlar, sonuç ürünler, eğik resim Fotogrametrisinin kullanım alanlarını her geçen gün daha da genişletmektedir [2].

Çalışmada İHA (İnsansız Hava Araçları) ile çekilen eğik görüntüler kullanılarak seçilen bir test alanının nokta bulutu, Ortofoto görüntüsü, sayısal yüzey modeli üretilmiş, 3 boyutlu bir kent modeli tasarımı gerçekleştirilmiş ve çeşitli analizler yapılmıştır. Elde edilen bulgular neticesinde eğik görüntülerin özellikle CBS veri tabanı ile entegrasyon ve CBS verilerinin 3B olarak görüntülenmesi, binaların çevreleri ve cepheleri ile değerlendirilmelerine imkân sağlamaları nedeniyle üç boyutlu şehir modellerinin oluşturulmasında büyük avantajlar sağladığı görülmüştür.

MATERYAL VE METOD (MATERIAL AND METHODS)

İHA Fotogrametrisi, İHA kullanılarak hava fotoğraflarının elde edildiği bir fotogrametrik veri üretim yöntemidir. İHA'lar genel olarak dijital kamera, GPS/IMU ve mevcut ise lazer tarama verileri kullanılarak bir nesne ya da yüzeyin uzaklığını ölçen aktif algılama sensörü olan LiDAR entegrasyonundan oluşan bir platformdur [8]. İHA platformu ile fotogrametrik veri üretimi, klasik Fotogrametride olduğu gibi temel yöntem olan merkezsel izdüşüme dayanmaktadır. Merkezsel izdüşüm arazi üzerindeki objeden gelen ışınların bir merkez olarak izdüşüm düzleminden geçirilmesi ile izdüşüm düzlemi üzerinde oluşturulan görüntünün matematiksel modelidir. Bu modele göre arazideki bir nokta, izdüşüm merkezi (projeksiyon merkezi) ve noktanın fotoğraftaki karşılığı aynı doğru üzerindedir. Bu koşula dayanılarak arazi ve fotoğraf noktaları arasında matematiksel bağıntılar geliştirilmiştir. Merkezsel izdüşüm denklemi ile iç yöneltme ve dış yöneltme yapılmaktadır. İç yöneltme ile piksel koordinat sisteminden görüntü koordinat sistemine geçilmektedir. Dış yöneltme ile görüntü koordinat sisteminden arazi koordinat sisteminde geçiş yapılmaktadır. Dış yöneltme iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama olan karşılıklı yöneltme, görüntü çiftlerinin birbiri ile eşleşmesiyle gerçekleşmektedir. İkinci aşama olan mutlak yöneltme ile ise eşleşmesi yapılan görüntü çiftlerinin 3B arazi koordinat sistemine aktarılması yapılmaktadır [4,7].

Veri toplama işleminin başarısı büyük ölçüde yapılacak uçuş planına bağlıdır. Uçuş planı hazırlanırken ilk belirlenmesi gereken işlem görüntü alımı işleminin ne kadar yüksekte gerçekleştirileceğinin belirlenmesidir. Burada uçuş yüksekliği belirlenirken kullanılacak kameranın hangi yükseklikten kaç santimetre Yer Örneklem Aralığına (YÖA) sahip görüntü aldığı ve çalışılacak projenin ne kadar konumsal çözünürlüğe sahip veriye ihtiyaç duyduğunun belirlenmesi oldukça önemlidir. Uçuş planlama yazılımı kullanılarak uçuş yüksekliği, bindirme oranları, uçuş hızı ve görüntüleme alanının tanımlandığı uçuş planı hazırlanır.

Çekilen görüntülerin koordinatlandırma işlemleri için çalışma alanını kaplayacak ve homojen

şekilde dağılmış yer kontrol noktaları (YKN) tesis edilmektedir. YKN' ler GNSS alıcıları ile ölçülmektedir. Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği' ne göre YKN ölçümü standart sapması ± 2 cm'dir [9].

İHA veri toplama aşamasında görüntüler uçuş planı doğrultusunda elde edilmektedir. İHA ile fotoğraf çekimi gerçekleşirken sistemin üzerine monte edilmiş GPS/IMU sensörleri sayesinde görüntülerin çekim anındaki konumları ve dönüklükleri kaydedilir. Verilerin fotogrametrik değerlendirme yazılımına aktarılır ve referans koordinat sistemi tanımlanır. Kamera kalibrasyon parametreleri ve görüntülerin elde edilmiş anındaki kamera koordinat ve dönüklük bilgileri sisteme aktarılır ve görüntülerin yönlendirilmesi yapılır. İlk olarak görüntülerin hizalanması gerçekleştirilir. Hizalama sırasında görüntü üzerinde otomatik olarak seçilen anahtar noktalar kullanarak ve rastgele seçilen obje uzayında eşleşen noktalardan yararlanılır. Bu eşleştirme işlemiyle iç yönlendirme elemanları (kamera kalibrasyon bilgileri, distorsiyon hataları vs.) ve dış kamera yönlendirme parametreleri için yaklaşık değerler oluşturur.

Önce kamera konumu, istenirse her bir poz durumu için ayrı kamera bilinmeyenleri (fiziksel büyüklükle) belirlenmekte ardından da iteratif ve hiyerarşik bir yaklaşımla seyrek nokta bulutları hesaplanmakta, daha sonra da bunların uyuşturulması ve bütünleştirilmesi ışın demeti dengelemesi ile yapılmaktadır. Bu aşama, İHA fotogrametrisinde, en öncelikli aşamadır, burada elde edilen kamera parametreleri kullanılarak sonraki aşamalarda her bir piksel (grid) için yoğun nokta bulutu oluşturulur.

Önceki aşamalarda rastgele tanımlı bir referans sistemi ile gerçekleştirilen hesaplama ve parametre tahminine dayanarak oluşturulan seyrek nokta bulutu, obje uzayında tanımlı bir küme referans nokta (Yer kontrol noktası kümesi) ile seçilen 7 parametrelilik benzerlik transformasyonu kullanılarak doğrusal olarak dönüştürülür (çeviri için 3 parametre, döndürme için 3 ve ölçeklendirme için 1). Tahmin edilen kamera konumlarına dayanarak, her kamera için derinlik bilgisini tek bir yoğun nokta bulutu içinde birleştirilecek şekilde hesaplanır. LIDAR nokta bulutlarından, daha yoğun olmasa da, hemen hemen aynı yoğunluğa sahip ekstra yoğun nokta bulutları üretilebilir. Tahmin edilen kamera konumları, yoğun nokta bulutu kullanılarak hedef referans sisteminde, sayısal yüzey modeli ve Ortofoto oluşturulmaktadır. Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği' ne göre yer örnekleme aralığı 1/1000 ölçekli ortofoto haritalar için 10 cm'nin; SYM için 10 cm'nin altında olması gerekmektedir [9]. Şekil 1'de İHA ile fotogrametrik veri üretim işlemleri iş akış diyagramı olarak verilmiştir.

Eğik Resim Fotogrametrisi, geleneksel düşey hava görüntülerinin, yüksek açılardan elde edilen eğik görüntüler (Şekil 2) ile birleştirildiği ve eğik görüntülerden alınan doku verisinin giydirilerek 3B şehir modellerinin elde edildiği bir yöntemdir [3]. Eğik resim fotogrametrisini klasik fotogrametriden ayıran en büyük fark görüntü alımında kullanılan algılayıcıların sayısı ve konumlanış şeklidir. Eğik resim kameralarını algılayıcı sayılarına göre tekli, ikili, üçlü, dördü, beşli ve altılı olarak sınıflandırmak mümkündür.

UYGULAMA (APPLICATION)

Çalışma Alanı ve Sistem Özellikleri (Working Area and System Properties)

Test alanı olarak Konya'nın Meram ilçesinde yapılaşmış, yapıların bahçe sınırları ve bahçelerdeki ağaçların yoğun olduğu kısmı tercih edilmiştir. Çalışma alanımız 370 86' 84.01" -370 87' 18.31" Kuzey enlemleri ile 320 42' 26.40" -320 42' 51.43" Doğu boylamları arasında kalan kısımdır. Test alanı 7,5 hektar olup, kenar ölçüleri 234 m x 332 m büyüklüğündedir. Çalışma alanına ait genel bir Google Earth görüntüsü şekil 3 de verilmiştir.

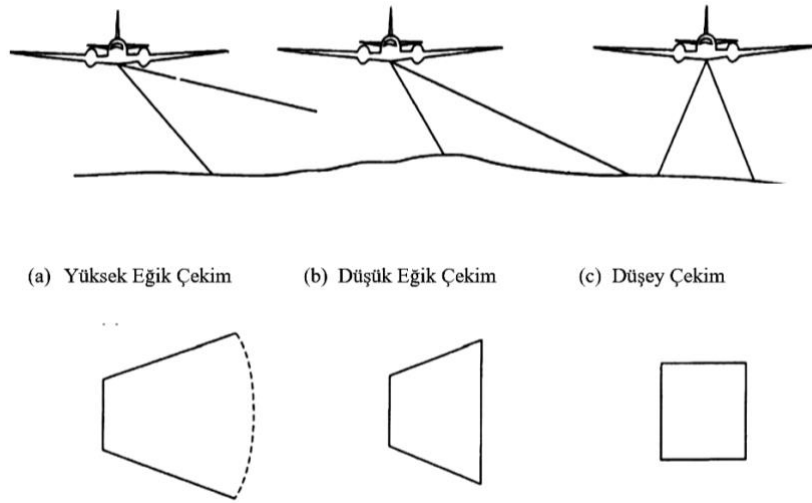
Çalışmada otonom uçuş özelliğine sahip Dji Phantom 3 Pro insansız hava aracı kullanılmıştır. Hazırlanan uçuş planlarına göre uçuş otomatik olarak gerçekleştirilmiş ve çalışma alanına ait fotoğraflar



Şekil 1. İHA ile fotogrametrik veri üretimi iş akışı

çekilmiştir. Araçta bulunan dahili GPS alıcısının konum doğruluk aralığı yatayda $\pm 1,5$ m, düşeyde $\pm 0,5$ m'dir. Fotoğraf çekim işlemi kamera kalibrasyonu yapılmış olan 12.4 MP çözünürlüklü FC 300 X isimli dijital kamera ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon parametrelerini içeren kalibrasyon raporu oluşturulmuş ve iç yönelme elemanlarını gösteren kamera kalibrasyon dosyası hazırlanmıştır (Tablo 1).

Çekilen görüntülerin georeferanslama işlemleri için çalışma alanını tamamen kaplayacak ve eşit şekilde dağılmış 45 adet YKN tesis edilmiştir. Koordinatlandırma işlemi Stonex firması tarafından üretilen GNSS alıcısı ile UTM projeksiyonunda ITRF-96 datumu, GRS80 elipsoid, 2005.0 epok, 3 derece bölge 33 (EPSG:5256), TUSAGA Aktif CORS-TR sisteminde ölçülmüştür.



Şekil 2. Eğik ve Düşey Hava Fotoğrafları



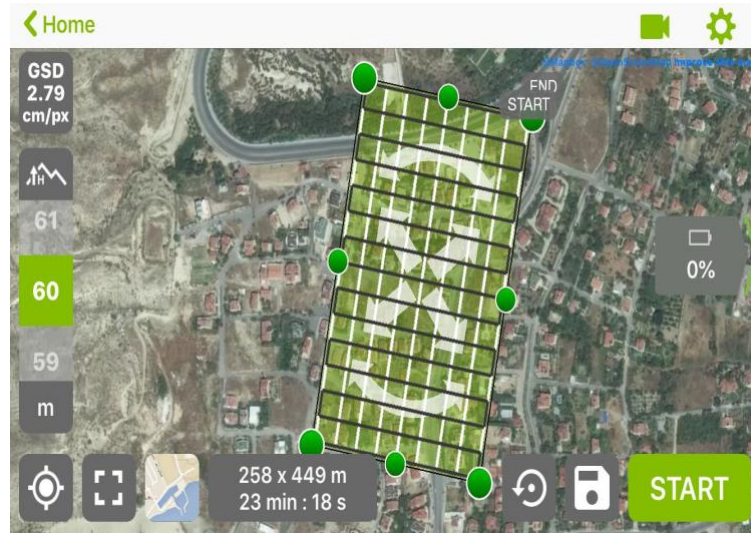
Şekil 3. Çalışma alanının Google Earth Görüntüsü

Tablo 1. FC 300 X dijital kameranın iç yöneltme elemanları

Odak Uzaklığı (mm)	3.61	Piksel Büyüklüğü (μm)	1.56 x1.56
Kamera Tipi	Çerçeve	cx	9.4579
f	2312.135	cy	4.90995
k1	0.0030357	b1	1.86278
k2	-.0581518	b2	-1.8935
k3	0.0947856	b3	0.000207262
k4	-.0426652	b4	0.000639072

İnsansız hava aracı ile arazi ölçümüne geçmeden önce uçuş alanı, hava şartları ve uçuş güvenliği dikkate alınmıştır. Uçuş planları için Pix4D Capture yazılımı kullanılmıştır. Eğik resim fotogrametrisi gerçekleştirilebilmesi için double grid uçuş planı kullanılmış ve kamera çekim açısı 60 derece olarak ayarlanmıştır (Şekil 4). Çekilen görüntülerde fotoğraf yürümelerinden kaçınmak adına uçuş hızı 5m/sn olarak tercih edilmiştir. Daha sonra diğer parametreler olan uçuş yüksekliği 60 m ve bindirme oranları enine %90,

boyuna %70 olarak ayarlanmıştır. Test alanının tamamını kapsayan uçuş işlemi yaklaşık olarak 25 dakikada tamamlanmış ve toplam 274 adet eğik görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4. Eğik resim alımı için uçuş planı örneği

Fotogrametrik ürünler SFM algoritmasına sahip ticari yazılım Agisoft Photoscan ile üretilmiştir. İlk olarak arazide tesis edilen 45 adet kontrol noktası görüntülerde işaretlenmiş, 30 adeti yer kontrol noktası (YKN), 15 adeti de denetim noktası olarak seçilmiş ve dengelemede kullanılmıştır Şekil (5).



Şekil 5. Kullanılan kontrol noktalarının araziye dağılımları

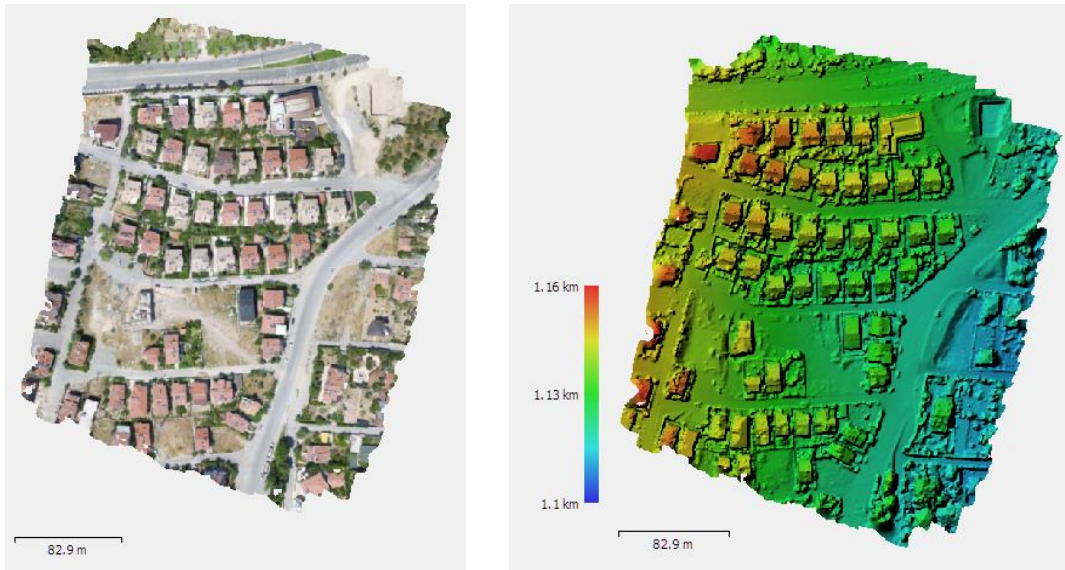
Fotogrametrik nirengi sonuçlarının değerlendirilmesinde elde edilen Yer Kontrol Noktalarının ve Denetim noktalarının karesel ortalama hata (RMSE) değerleri ve yönetmelikteki sınır değerler Tablo 2'de verilmiştir.

Yazılım ile görüntülerin işlenmesi sonucunda Nokta bulutu (Şekil 6), sayısal yüzey modeli ve Ortofoto-mozaik (Şekil 7) üretilmiştir.

Vektörel veriler Nectad yazılımında Ortofoto görüntülerin 2 boyutlu sayısallaştırılması ile elde edilmiştir. Çizim işlemleri yapılırken bölgede bulunan tüm görülebilen ayrıntıların (Binalar ve sündürmeler, bahçe duvarları, yol-kaldırım kenarları, üstü kapalı otoparklar vb.) sayısallaştırılmasına dikkat edilmiştir (Şekil 8).

Tablo 2. Yer Kontrol Noktalarının (YKN) ve Denetim noktalarının (DN) karesel ortalama hata (KOH) değerleri ve yönetmelikteki değerleri

İşlem Bilgisi	Kullanılan Nokta	KOH X (cm)	KOH Y (cm)	KOH Z (cm)	YÖA (cm/piksel)
Dengeleme Sonucu	YKN	1.9	2.01	2.51	2.8
	DN	2.85	3.04	3.15	2.8
Yönetmelik Değerleri	YKN	2.1	2.1	2.8	2.8
	DN	4.2	4.2	5.6	2.8

**Şekil 6.** Yoğun Nokta Bulutu görüntüsü**Şekil 7.** Sayısal Yüzey Modeli Ortofoto Görüntü

Üretilen vektörel verilerin doğruluğunun araştırılması için 2006 yılında üretimi gerçekleştirilmiş halihazır harita verisi karşılaştırılmıştır. Referans vektör veri olarak kabul etmiş olduğumuz halihazır harita ile ortofoto görüntülerimiz arasında karşılaştırılma yapılabilmesi için ortak obje olarak bina kenar uzunlukları, tretuvar genişlikleri, kullanılmıştır (Şekil 9). Ölçüler ile ortofoto haritalar üzerinde objelerin uzunlukları ölçülerek kıyaslama işlemleri yapılmıştır. Karşılaştırma sonucunda hem vektör harita hem de raster veri üzerinde aynı objelerin uzunlukları ölçülmüştür. Yatay mesafe ölçüsü çizgi uzunluğu olarak Tablo 3 de gösterilmiştir.



Şekil 8. Üretilen Ortofoto Harita ve 2006 yılında üretilen Halihazır Harita görüntüsü



Şekil 9. Raster veri ve Vektör verinin üst üste çakıştırılmış gösterimi

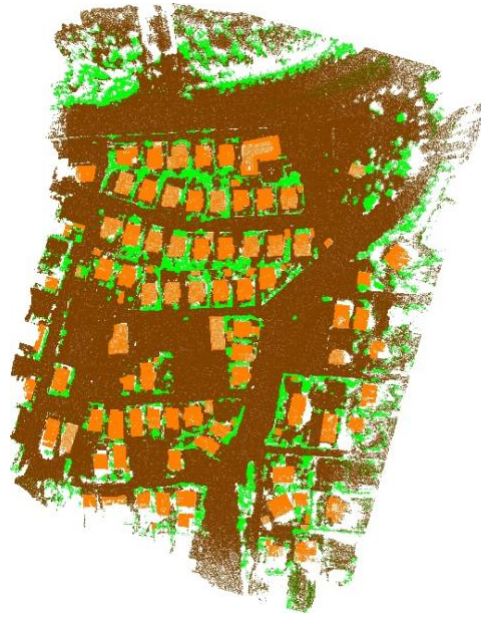
Ortofoto üzerindeki kenarlar ile Halihazır harita üzerinden elde edilen uzunluklar karşılaştırıldığında en büyük fark 8 cm çıkmıştır. Tablo 3 üzerindeki karşılaştırmadan da anlaşılacağı raster veri üzerinden elde edilen uzunluklar ile ortofoto üzerinden elde edilen uzunluk değerlerinin ise 2-8 cm farklılıkta olduğu tespit edilmiştir. Harita Yapım yönetmeliğine göre detay ölçmelerinde cephe kontrolü $d=0.05+0.001.S$ eşitliği ile bulunan değerden fazla olamaz.

Nokta bulutu verileri Global Mapper yazılımı kullanılarak, yapılar, ağaçlık alanlar ve yer yüzeyi için farklı nokta sınıfları oluşturulmuştur. Bu sınıflandırılmış verilerin içerisinden gürültülü noktalar ayıklanmıştır. Oluşturulan bu sınıflandırma üzerinden orijinal renkler dikkate alınarak küçük düzeltmeler yapılarak çalışma bölgesine ait genel bir sınıflandırma verisi elde edilmiştir (Şekil 10).

Nokta bulutu verileri Autodesk ReCap yazılımı kullanılarak test alanı içinde seçilen bir binanın röleve çizimi gerçekleştirilmiştir (Şekil 11). Oluşturulan cephe röleve çizimleri ölçekli ve koordinatlı olduğundan üzerinden istenilen şekilde ölçümlendirme yapılabilmektedir.

Tablo 3. Ortofoto ve Harita üzerinden okunan kenar uzunlukların karşılaştırılması ve yönetmelik değerleri

Çizgi No	Harita Üzerindeki Uzunluk (m)	Ortofoto Üzerindeki uzunluk (m)	Δl (m)	Yönetmelik Değeri (d=0.05+0.001.S)
1	6,00	6,05	-0,05	0.056
2	8,28	8,26	0,02	0.058
3	22,20	22,27	-0,07	0.072
4	7,04	6,99	0,05	0.057
5	2,16	2,11	0,05	0.052
6	2,08	2,05	0,03	0.052

**Şekil 10.** Binalar, Ağaçlar ve Yeryüzü ayrımının yapıldığı sınıflandırma verisi

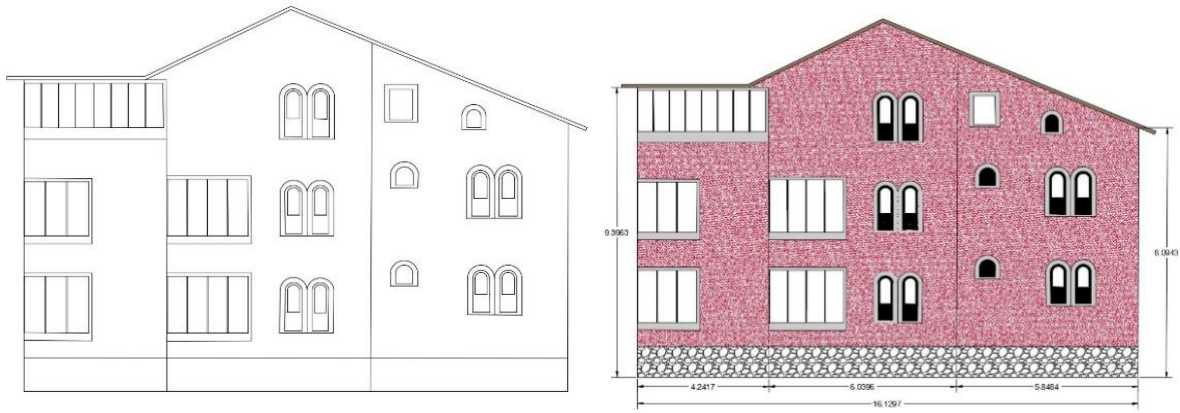
Röleve çizimlerinin yanında nokta bulutlarımız yardımıyla bina ve/veya sokak silüetleri de çıkarılabilmektedir (Şekil 12). Çalışmada belli bir doğrultuda bulunan 5-6 adet binanın silüetlerini çıkartma işlemlerini gerçekleştirilmiştir. Sokak silüetlerinin çıkartılmasında Global Mapper programından faydalanılmıştır.

TARTIŞMA VE SONUÇ (DISCUSSION AND CONCLUSION)

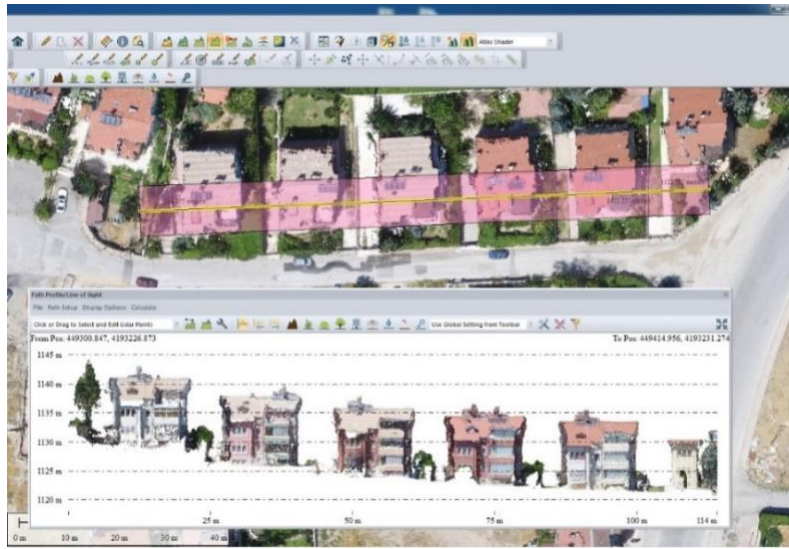
Hızlı nüfus artışının tetiklediği yoğun arazi kullanımı ve karmaşık şehir yapılarının inşası, araziye ait hak, kısıtlama ve sorumlulukların yönetiminin sağlanması ve gerçekleştirilebilmesi için 3B veriye ihtiyaç vardır. Bu ihtiyacın karşılanmasında, eğik resim fotogrametrisi güçlü bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çok geniş uygulama alanları bulunan eğik resim fotogrametrisi, sadece kadastral harita üretimi ve yönetiminde değil, vergi değerlendirmesi, kent ve altyapı planlaması, askeri ve güvenlik operasyonlarının yönetimi ve kritik altyapı tesislerinin korunması gibi uygulamalarda da verimli bir şekilde kullanılmaktadır. Çalışmamız neticesinde Eğik resim fotogrametrisi ile ilgili aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Detayların iyi bir şekilde görüldüğü Büyük ölçekli haritalarda ihtiyaç duyulan küçük alanları içeren uygulamalar için uygundur. Bu alanlara yönelik büyük ölçekli sayısal haritalar insansız hava araçlarından elde edilen görüntülerin işlenmesi ile elde edilen Ortofoto görüntüler üzerinde yapılan sayısallaştırmalar sonucu elde edilebilmektedir. Test alanımızdaki bina yüzeylerinin net bir şekilde görülebildiği ve istenilen çizim işlemlerinin yapılabildiği anlaşılmıştır.



Şekil 11. Bina cephesinin röleve çizimi ve renklendirilmiş röleve görüntüsü



Şekil 12. Nokta bulutundan sokak siluet görüntüsü oluşturulması

- Bir bölgeye ait daha geniş görüş açısı gerekli olan işlerde eğik sistem tercih edilmelidir. Eğik fotogrametri de genel olarak 450 ve 600 derecelik açılar tercih edilmektedir. Bu açıların seçimi çalışılacak test alanına göre belirlenmelidir. Test alanı yüksek binaların bulunduğu bir bölge ise 600 ufku daha fazla gören açılar tercih edilmelidir.
- Yapıların tüm cephelerinin görüntülenmesi ve hassas ölçümleri gerçekleştirilmiştir.
- Bina cephelerinin görülmesine gerek olmayan veya geniş görüş özelliklerine ihtiyaç olmayan işlerde eğik resim fotogrametrisi tercih edilmemelidir. Neticede büroda meydana gelebilecek üretim sorunları ve fazla sistem gereksiniminin önüne geçilmelidir.
- Bina yan yüzeylerinin de görülerek modelleme yapılması neticesinde True Ortofoto (Doğru Ortofoto) üretimi için eğik resim Fotogrametrisi kullanılması doğru bir tercih olduğu sonucuna varılmıştır.
- Yersel fotogrametri ile yapılabilen bazı (Binaların 3 boyutlu modellenmesi, cephe rölevellerinin çıkartılması, bina ve sokak silüetlerinin çıkartılması, bakış açısına göre kentsel silüet alımı vb.) işlerin artık eğik resim fotogrametrisi ile yapılabilirliği anlaşılmıştır.
- Eğik görüntüler ile üretilmiş nokta bulutlarından düşey ölçümler (Bina saçak yüksekliği, ağaç

yüksekliği, direk yüksekliği vb.) kolaylıkla yapılabilir.

- İstenilen bölgeden ve yükseklikten mevcut kentsel durumun görülmesi kolaylıkla yapılabilir.

Yapılan analizlerin sonucunda İHA'lar ile eğik resim alımının fotogrametrik veri üretimi için yüksek doğruluk sunma, kısa sürede veri elde edebilme, tekrarlı ölçü imkânı ile yüksek zamansal çözünürlüğe sahip olma, düşük maliyet ile uygulama gerçekleştirme gibi avantajlara sahip olduğu, çalışma alanlarına ait 3B model kent ve arazi yönetimi için gerekli olan analizlerin yapılabildiği görülmüştür. Tüm bu avantajlar İHA ile eğik resim fotogrametrisini, diğer uzaktan algılama ve fotogrametri verisi elde etme platformlarından üstün kılmaktadır.

KAYNAKÇA (REFERENCES)

- [1] R.Çömert, U. Avdan, E. Şenkal , İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları Ve Gelecekteki Beklentiler, *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, UZAL-CBS 2012*, Zonguldak.
- [2] E. Ayyıldız, Eğik Resim Fotogrametri İle Veri Üretimi, *6. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu, UZAL-CBS, 2016*, Adana.
- [3] B. Erkek, H. Ateş, E. Özer, S. Bakıcı, Oblik Fotogrametri Ve Arazi Yönetiminde Kullanım Alanları, *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu*, TUFUAB 2013, Trabzon.
- [4] I. Özemir, M. Uzar, İha İle Fotogrametrik Veri Üretimi, *6. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu, UZAL-CBS 2016*, Adana.
- [5] M. Önder, T. Özerbil, E. Gökten, O. Selçuk, N. Çiftçi, A. Tekgül, E. Yılmaz, A. Tütüneken, Konya Büyükşehir Belediyesi Eğik (Oblique) Görüntü Alımı, 3 Boyutlu Kent Modeli Ve 3 Boyutlu Kent Rehberi Projesi, *5. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu, UZAL-CBS, 2014*, İstanbul.
- [6] M. Gerke ,F. Remondino , Oblique Aerial Imagery – A Review, *Photogrammetric Week 2015*, Offenbach, Stuttgart.
- [7] M. Uzar , I. Özemir, İHA ile Fotogrametrik Veri Üretiminde Maliyet Analizi, *Harita Dergisi*, vol.85, no.161, 2019, ss.35 - 45.
- [8] H. Eisenbeiss, Positions und Orientierungsbestimmung eines autonomen Helikopters - Vergleich zwischen direkter Georeferenzierung und Aerotriangulation mit Videobilddaten. Diploma Thesis, *Institute for Photogrammetry and Remote Sensing, University of Technology, Dresden, Germany. (2003)*.
- [9] Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (2005). http://www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/42_a58f0b7c9e0ab_ek.pdf (Erişim 23 Mart 2018).