

## Yerel Yönetimlerde Kaçak Yapı Tespitinde İHA Kullanımı: Keçiören Belediyesi Örneği

Ahmet Ulukök <sup>1\*</sup>, Ali Ulvi <sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Keçiören Belediyesi, 06310, Ankara, Türkiye; (ahmetulukok@hotmail.com)

<sup>2</sup> Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Bölümü, 33110, Mersin, Türkiye; (aliulvi@mersin.edu.tr)



\*Sorumlu Yazar:  
ahmetulukok@hotmail.com

### Araştırma Makalesi

**Alıntı:** Ulukök, A., & Ulvi, A. (2023). Yerel Yönetimlerde Kaçak Yapı Tespitinde İHA Kullanımı: Keçiören Belediyesi Örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 5(1), 07-19.

Geliş : 27.04.2023  
Revize : 07.06.2023  
Kabul : 15.06.2023  
Yayınlama : 30.06.2023

### Özet

Yasadışı yerleşimler (gecekondu yerleşimleri), çoğu gelişmekte olan ülkede ve hatta bazı gelişmiş ülkelerde devam eden bir sorun olmuştur. Bu, büyük miktarlarda para, kaynak, zaman ve enerji kaybına yol açmıştır. Kentleşmenin yoğun olduğu alanlarda, arazi operasyonlarını doğru coğrafi haritalama ve izleme ile takip etmek oldukça maliyetlidir. Daha fazla zaman ve emek gerektirir. Denetim düzenli olarak yapılamaz. Bazen bir görevi altı ay veya bir yıl içinde tamamlamak imkânsızdır. Bu nedenle, bu işlemleri gerçek zamanlı olarak havadan bir bakış açısıyla otomatikleştirmek daha pratiktir. Uzaktan algılama ve İHA teknolojilerindeki gelişmeler, bu teknolojilerin kullanıldığı tüm sahalara paralel olarak haritacılık sektöründe de kendini göstermiştir. İmar planları ile dizayn edilen ya da edilmesi gereken şehirler için en büyük sorun kaçak yapılarıdır. Kentlerin varlığını tehdit eden kaçak yapıların tespiti daha önceleri çok sayıda personel ve zaman gerektiren bir işlemken, gelişen İHA teknolojileri sayesinde artık daha kolay ve hızlı bir şekilde yapılabilmektedir. Bu sayede kaçak yapılaşmanın getirdiği plansız kentleşme ve sosyo-ekonomik sorunların önüne geçilmektedir. Bu çalışmada bir sabit kanatlı İHA ile havadan görüntüleme yapılmış olup iki farklı zamana ait ortofotolar üretilmiştir. Üretilen Ortofotolar üzerinde alana ait 163 adet kaçak yapı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Uzaktan algılama, İHA fotogrametrisi, SfM, kaçak yapı.

## Use of UAVs in Detection of Illegal Construction in Local Governments: The Case of Keçiören Municipality

\*Corresponding Author:  
ahmetulukok@hotmail.com

### Research Article

**Citation:** Ulukök, A., & Ulvi, A. (2023). Use of UAVs in Detection of Illegal Construction in Local Governments: The Case of Keçiören Municipality. *Turkish Journal of Photogrammetry*, 5(1), 07-19 (in Turkish).

Received : 27.05.2023  
Revised : 07.06.2023  
Accepted : 15.06.2023  
Published : 30.06.2023

### Abstract

Illegal settlements (squatter settlements) have been an ongoing problem in most developing countries and even in some developed countries. This has led to the loss of large amounts of money, resources, time, and energy. In areas of dense urbanization, it is quite costly to track land operations with accurate geographic mapping and monitoring. It requires more time and labor. Inspection cannot be done regularly. Sometimes it is impossible to complete a task within six months or a year. Therefore, it is more practical to automate these processes in real-time from an aerial perspective. Developments in remote sensing and UAV technologies have manifested themselves in the mapping sector in parallel with all fields where these technologies are used. The biggest problem for cities that are or should be designed with zoning plans is illegal structures. While the detection of illegal structures, which threaten the existence of cities, was previously a process that required a large number of personnel and time, it can now be done more easily and quickly thanks to the developing UAV technologies. In this way, unplanned urbanization and socio-economic problems caused by illegal construction are prevented. In this study, aerial imaging was performed with a fixed-wing UAV, and orthophotos of two different times were produced. On the orthophotos produced, 163 illegal structures belonging to the area were detected.

**Keywords:** Remote sensing, UAV photogrammetry, SfM, unlawful building.

## 1. Giriş

Son yıllarda veri toplama yöntemlerinde yaşanan gelişmeler, konumsal verilerin kullanım amacını da değiştirmiştir. Konumsal verilerin değerlendirilmesinde veri toplama kapasitesi arttıkça, verilerin işlenmesinde ihtiyaç duyulan otomasyon gereksinimi de artmaktadır. Bu durum mevcut haritaların güncellenmesi, haritaların yeniden üretilmesi, kaçak yapı tespiti veya şehirlerde meydana gelen diğer değişimlerin tespiti konularında, bu verilerin işlenmesi önem arz etmektedir. Dolayısıyla konumsal verilerin bilgiye dönüşmesi işlemi süreklilik isteyen bir durumdur. Çünkü insanların yaşadığı çevre sürekli değişen ve gelişen bir yapıya sahiptir.

Ruhsatsız olarak inşa edilen yapılar, kentsel dokunun ve kentsel estetiğin varlığını uzun yıllardır tehdit etmektedir. Ekonomik ve sosyal refahın düşüklüğü, insanların barınma ihtiyacını daha ekonomik ve hızlı şekilde çözmeye itmiş, bu durum da çarpık kentleşme ve kaçak yapılaşmayı beraberinde getirmiştir.

Türkiye’de kaçak yapılaşma ile uzun yıllar mücadele eden yerel yönetimlerin en büyük problemi tespit ve denetim olmuştur. Yapılacak denetim ve tespitlerin, personel eksikliği ve uzun zaman alması sebebiyle; problem, ağır aksak ilerleyen ama bir türlü çözülemeyen ve önlenemeyen, bazen giderek büyüyen bir hal almıştır.

Günümüzde teknolojik gelişmelerin ilerlemesi ile tespit ve denetim işlemleri daha kolay ve hızlı bir şekilde izlenmekte, tespit edilmekte ve raporlanabilmektedir. Özellikle uzaktan algılama ve İHA alanındaki gelişmeler, kaçak yapılaşmanın tespiti aşamasına önemli katkılar sunmaktadır. Artık aynı alana ait sürekli aralıklarla yapılan fotogrametrik verilerin karşılaştırılması ile kaçak yapılar daha hızlı tespit edilebilmektedir.

Bu alandaki ilk çalışmaların [1-5] tarafından yapılmıştır. Bu çalışmalar hava fotoğrafları, uydu görüntüleri üzerine yapılmıştır. 2007’ den sonra fotogrametrik bir yaklaşım olarak eğik hava fotoğrafları da bina tespiti çalışmalarında kullanılmaya başlanmıştır [20].

İHA’lar ile yapılan çalışmalar çoğunlukla bina modellemeye yönelik olsa da bina tespiti ile ilgili [6-10] çeşitli çalışmalar yapmışlardır.

Bu çalışma ise Keçiören ilçesinde bulunan Çalseki Mahallesi’nde İHA vasıtası ile iki farklı zamanda uçuş yapılar, bindirmeli görüntüler toplanmış ve toplanan verilerden, Ortofoto ve DEM üretilmiştir. Elde edilen bu verilerin karşılaştırılması sureti ile kaçak yapılar tespit edilmiştir.

## 2. Yapıların Sınıflandırılması

### 2.1. Yapı Nedir?

Çalışmada 3194 Sayılı İmar Kanunu’nun 5. maddesinde YAPI; “karada ve suda, daimi veya muvakkat, resmi ve hususi yeraltı ve yerüstü inşaatı ile bunların ilave, değişiklik ve tamirlerini içine alan sabit ve müteharrik tesislerdir.” şeklinde tanımlanmıştır. Görüldüğü üzere YAPI kavramının çok geniş bir uygulama alanı mevcuttur. Yapı denilince akla ilk gelen binalardır. Fakat bina niteliğinde olmayan çok farklı nitelikte imalatlar da yapı olarak kabul edilmektedir. Bir imalatın yapı niteliğinde olup olmadığının belirlenmesindeki en belirleyici unsur “inşai” bir faaliyet olup olmadığıdır.

### 2.2. Bina Nedir?

3194 Sayılı İmar Kanunu’nun 5. maddesinde BİNA; “Kendi başına kullanılabilen, üstü örtülü ve insanların içine girebilecekleri ve insanların oturma, çalışma, eğlenme veya dinlenmelerine veya ibadet etmelerine yarayan, hayvanların ve eşyaların korunmasına yarayan yapılardır.” şeklinde tanımlanmıştır. Görüldüğü üzere bina, yapıya göre daha dar bir tanıma sahiptir. Bina niteliğinde olmasa dahi, yapı olarak kabul edilen istinat duvarı, iskele, temel betonu gibi imalatlar için, İmar Kanunu’nun 21. Maddesine göre ruhsat alınması zorunludur. Aksi takdirde, yıkım ve para cezası müeyyideleri uygulanır.

### 2.3. Kaçak Yapı Nedir?

Bina niteliğinde olan imalatlar da Yapı tanımının kapsamına girdiğinden, İmar Kanunu’nun 32. ve 42. maddelerinin uygulaması bakımından, bir imalatın YAPI veya BİNA niteliğinde olması arasında herhangi bir fark bulunmamaktadır. Ruhsatsız olarak yapılan bir imalat hakkında, ister bina niteliğinde olsun, isterse bina niteliğinde olmayan yapılardan olsun, İmar Kanunu’nun 32. ve 42. maddeleri uyarınca yıkım ve para cezası müeyyideleri uygulanabilir. Yapı ve Bina arasındaki fark, Türk Ceza Kanunu’nun 184. maddesinde düzenlenen “İmar Kirliliğine Neden Olma” suçunda karşımıza çıkmaktadır. TCK’nın 184. maddesinin birinci fıkrasındaki suçun oluşabilmesi için failin yapı ruhsatı almada veya ruhsata aykırı olarak bina yapması ya da yaptırmayı gerektirmektedir. TCK’nın 184. maddesinin birinci fıkrasında düzenlenen suçun konusu, belediye sınırları veya özel imar rejimine tabi yerlerde bulunan binadır.

Bu anlamda, belediye sınırları veya özel imar rejimine tabi yerler dışında bulunan binalar, anılan düzenlemenin kapsamına girmemektedir. Binanın mutlaka betonarme olması gerekmeyip ahşap binalar da TCK'nın 184. maddesinin birinci fıkrası kapsamındadır. Yine bu suç bakımından binanın ruhsata tabi olması yeterli olup belirli bir genişlikte veya yükseklikte olmasına gerek yoktur. Maddede belirtilen "bina" kavramından ne anlaşılması gerektiğine ilişkin herhangi bir açıklamaya yer verilmemiş olup, bu kavram İmar Kanunu'nun 5. maddesine göre belirlenmektedir. TCK'nın 184. maddesinin birinci fıkrasında yalnızca binadan söz edilmiş olup "yapı" kavramına yer verilmemiştir. Mevcut bir bina üzerinde ve binanın kapsamı dâhilinde olmak koşuluyla, İmar Kanunu'nun 21. maddesinin 3. fıkrası uyarınca "Derz, iç ve dış sıva, boya, badana, oluk, dere, doğrama, döşeme ve tavan kaplamaları, elektrik ve sıhhi tesisat tamirleri ile çatı onarımı ve kiremit aktarılması ve yönetmeliğe uygun olarak mahallin hususiyetine göre belediyelerce hazırlanacak imar yönetmeliklerinde belirtilecek taşıyıcı unsuru etkilemeyen diğer tadilatlar ve tamiratlar" ruhsata tabi olmadığından, yapılan değişikliğin bu kapsamda kalması hâlinde suç oluşmayacaktır.

Ancak, yasal düzenlemede sayılan hususlar dışında yapılan değişikliklerin mutlaka imar kirliliğine neden olma suçunu oluşturacağı sonucuna ulaşılmamalıdır. İmar Kanunu'nun 21. maddesinin üçüncü fıkrasında belirtilen sınırlamalar dışında kalan değişiklikler bakımından imar kirliliğine neden olma suçunun oluşabilmesi için; Söz konusu değişikliklerin ya İmar Kanunu'nun 5. maddesi anlamında bina olarak nitelendirilmesi, Ya da yapılan esaslı tadilatların binanın taşıyıcı unsurunu etkilemesi gerekmektedir. Yapılan değişikliklerin bina olarak değerlendirilip değerlendirilemeyeceğinde başvuru ölçütlerinden birisi, bunların "esaslı tadilat" kapsamında kalıp kalmadığıdır. Esaslı tadilat, Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'nin 4. maddesinin (y) bendinde; "Yapılarda taşıyıcı unsuru etkileyen veya yapı inşaat alanını veya emsale konu alanını veya taban alanını veya bağımsız bölüm sayısını veya ortak alanların veya bağımsız bölümlerin alanını veya kullanım amacını veya ruhsat eki projelerini değiştiren işlemler" şeklinde tanımlanmış ve esaslı tadilatın ruhsata tabi olduğu ifade edilmiştir.

Yargıtay uygulamalarına göre de sonradan ruhsata aykırı olarak yapılan değişikliklerin bina niteliğinde olup olmadığının değerlendirilmesinde binanın taşıyıcı unsurunu etkileyip etkilemediği veya alan kazanma niteliğinde olup olmadığı hususları dikkate alınmaktadır. Yine İmar Kanunu'nun 5. maddesine uygun kapalı alanda kullanılan malzemenin kalıcı olup olmadığı ve değişikliğin sabit şekilde yapıldığı

yapılmadığı da Yargıtay Özel Ceza Dairelerince değişikliklerin bina vasfında olup olmadığının değerlendirilmesinde kullanılan ölçütlerdendir. (Yargıtay Ceza Genel Kurulu, 06.11.2018 tarih, E:2015/176, K:2018/503).

Yapılan değişiklikler bina olarak nitelendirilemiyorsa, İmar Kanunu'nun 21. maddesinin 2. fıkrasına aykırı davranılması nedeniyle aynı Kanun'un 32. ve 42. maddelerinde belirtilen idari yaptırımların uygulanmasıyla yetinilmelidir. Buna karşın, yapılan değişikliklerin İmar Kanunu'nun 5. maddesi anlamında bina vasfını taşıması durumunda TCK'nın 184. maddesinin birinci fıkrasındaki imar kirliliğine neden olma suçu da oluşacaktır [41].

### 3. Uzaktan Algılama ile Bina Tespit Yöntemleri

Uzaktan algılama teknikleri kullanılarak bina tespitinin farklı yöntemleri olmakla birlikte, en bilinen ve en çok kullanılan yöntemleri şöyle sıralayabiliriz.

Uzaktan algılama, yeryüzündeki nesnelere veya olayları uzaktan tespit etmek ve analiz etmek için kullanılan bir teknolojidir. Binaların tespiti konusu da uzaktan algılama teknikleri arasında yer almaktadır. Bazı yaygın kullanılan bina tespit yöntemleri:

İnsansız Hava Araçları (İHA): İHA'lar, havadan yüksek çözünürlüklü kameralar ve sensörler aracılığıyla binaları tespit etmek için kullanılabilir. İHA'lar, geniş alanları kısa sürede tarayabilir ve çekilen görüntüler üzerinde nesne tespiti ve analiz yapabilir.

Uydu Görüntüleri: Uydu görüntüleri, yüksek çözünürlüklü kameralar ve sensörler kullanarak geniş alanları tarayabilir. Bu görüntülerdeki veriler, binaların tespit edilmesi için kullanılabilir. Uydu görüntüleri, yeryüzündeki bina dağılımını haritalandırmak ve yerleşim alanlarını analiz etmek için de kullanılabilir.

Lazer Tarama: Lazer tarama veya LIDAR (Işıklılandırma ve Uzaklık Algılama) teknolojisi, yüksek yoğunluklu lazer ışınları kullanarak çevredeki nesnelere tespit etmek için kullanılır. Binaların tespiti için, lazer ışınları binaya yansır ve bu yansımaları olarak 3B nokta bulutları oluşturulabilir. Bu nokta bulutları, binaların dijital modellerini oluşturmak ve analiz etmek için kullanılabilir.

Yüksek Çözünürlüklü Görüntü İşleme: Gelişmiş görüntü işleme algoritmaları kullanarak, uydu görüntüleri veya hava fotoğrafları üzerinde binaları tespit etmek mümkündür. Renk, şekil, yapısal özellikler ve gölgeler gibi farklı öznitelikler kullanılarak binalar belirlenebilir.

Termal Görüntüleme: Termal kameralar, nesnelere yaydığı kızılötesi enerjiyi algılar. Binalar, çevrelerinden farklı bir ısı iz bırakabilirler. Bu termal izler, termal görüntüleme teknikleriyle tespit edilebilir.

Bu yöntemlerin kombinasyonu veya farklı veri kaynaklarının birleştirilmesi, daha kesin ve kapsamlı bir bina tespit sonucu sağlayabilir. Bu tür teknikler, kentsel planlama, afet yönetimi, arazi kullanımı analizi ve diğer alanlarda önemli bilgiler sağlayabilir. Ancak her yöntemin kendine has avantajı ve dezavantajı bulunmaktadır.

### 3.1. Uydu Fotoğrafları Kullanılarak Yapılan Tespitler

Ay ve Namlı (2017) [40] yaptıkları bir çalışmada uydu fotoğrafları taranarak orman arazisi, boş arazi, ekili arazi, maden ocağı ve kaçak konutlar görüntü işleme teknikleri ve yapay zekâ algoritmaları ile analiz edilerek sınıflandırılmıştır. Bu sayede kaçak yapıların tespit edilmesi uydu ve insansız hava araçları ile çekilen fotoğraflar ile eş zamanlı olarak takip edilebilecektir. 117 adet veri seti için yapılan çalışma sonucunda; Görüntü filtrelerinin; Edge Histogram Filter, Auto Color Colloerogram Filter, Gabor Filter ve FCTH Filter filtreleri kullanılarak sınıflandırma yapılmıştır. Bu sınıflandırma işlemlerinin yapılmasında Bayes Ağları, Yapay Sinir Ağları, Destek Vektör Makineleri ve J48 Karar Ağacı makine öğrenme teknikleri kullanılarak 16 farklı sonuç elde edilmiştir. Sonuç olarak değerlendirildiğinde "FCTH Filter" filtresinin "Destek Vektör Makineleri (SMO)" sınıflandırma tekniği doğruya en yakın sonucu verdiği ispatlanmıştır. Bu sonuçlar ile veriyi doğru sınıflama oranı yaklaşık olarak %97, bu sınıflandırmanın güvenilirlik katsayısı ise yaklaşık %96 gibi yüksek doğruluklu olarak görülmüştür [11].

### 3.2. Yersel Lazer Tarama Yöntemleri

Yersel lazer tarama (YLT) teknolojisi birçok meslek dalında yaygın olarak kullanılmaktadır. Mühendisler, mimarlar, arkeologlar, biyologlar, tarihçiler, doktorlar vb. birçok meslek lazer tarama teknolojisi kullanarak ölçümler yapmakta ve modeller üretmektedir [13]. Yersel lazer tarama tekniğinin kullanıldığı en önemli alanlardan bir tanesi de kültürel mirasın dokümantasyonu çalışmalarıdır. Geçmişten günümüze, nesilden nesile aktarılmış birçok tarihi eser ve yapı bulunmaktadır ve bu yapıların gelecek nesillere aktarılması büyük önem arz etmektedir. YLT teknolojisi kullanılarak tarihi yapıların belgelenmesi işlemine dair çalışmalara literatürde de sıklıkla rastlanmaktadır. Bir anıt mezarın 3B olarak modellenmesi [14-18] (Erene & Yakar, 2012; Yakar vd., 2005; 2009; Alptekin vd. 2019a; 2019b), tarihi bir kalenin nokta bulutu verisinin elde edilmesi [19] (Ulvi & Yakar 2014) gibi örnekler YLT teknolojisi ile tarihi yapıların ve kültürel mirasın 3B olarak başarıyla belgelenbildiğini göstermektedir [20].

### 3.3. Yersel Fotogrametri Yöntemleri

Yersel fotogrametri tekniği, cisimlerin fotoğrafları yer üzerinde elde edilerek değerlendirildiği bir fotogrametri tekniğidir. Yersel fotogrametri özellikle yanına yaklaşılamayan fakat görüntüsü elde edilebilen objelere ait ölçümlerde, hareket halinde bulunan objelerin ve nesnelerin ölçümünde ve fiziksel boyutları farklı olan objelerin (büyük/küçük) ölçümlerinde kullanılan bir tekniktir [21]. Ölçümü yapılan nesne üzerinde istenilen şekilde ve yoğunlukta nokta seçimi yapılabilir. Elde edilen koordinat bilgilerine ait zaman boyutu ele alınarak nesneye ait bütün ölçü noktaları iz düşürülebilir, böylece nesneye ait o andaki hareket durumu canlandırılarak incelenebilir. Aynı zamanda kayıt altına alınan görüntülerdeki veriler her zaman değerlendirilebilir. Bu da tarihi önem arz eden yapıların ve eserlerin belgelenmesi ve arşivlenmesi adına son derece önem teşkil etmekteydi. Yersel fotogrametri tekniğinin uygulanabilmesi için; Fotoğraf alım merkezinin yer üzerinde olması, Çalışma yapılacak arazi üzerinde fotoğraf alımı için uygun ve araziye hâkim noktaların bulunması, Arazinin yüzeyinin açık olması gerekmektedir [22].

Bir nesnenin yersel fotogrametrik araştırması, yerden bir kamera istasyonundan alınan görüntülere dayanır. Geleneksel fotogrametride en sık stereoskopik yöntem kullanılır. Normal durumda, her iki optik kamera eksenini de tabana normaldir (taban, iki perspektif merkezi arasındaki düz çizgidir) ve birbirine paraleldir [23]. Bir cismin her noktasının en az iki fotoğrafta görünmesi stereofotogrametrinin bir gereğidir. Pratikte iki görüntü arasında %60-70 örtüşme kullanılırken teorik minimum %50 dir. Stereo görüntüler nesnenin etrafında alınmalıdır.

Fotogrametri, her şeyden önce, görüntülerden üç boyutlu nesnelerin yeniden yapılandırılması için kullanılır. Fotoğraf çekerken hava koşulları önemlidir, ideal durumda tüm nesnenin aydınlatması eşit olmalı, gölgeli ve aydınlatılmış kısımlar arasında çok büyük farklardan kaçınılmalıdır [24].

### 3.4. Hava Lazer (LİDAR) Tarama Yöntemleri

LiDAR (Light/Laser Detection and Ranging) günümüzde farklı amaçlar için çok sık kullanılan bir teknolojidir. Hızlı bir şekilde yüksek doğruluğa sahip referanslandırılmış 3B veri elde etmede kullanılan popüler bir sistemdir. Çünkü yüksekliğe ilişkin bilgiler birçok uygulama için hayati önem taşımaktadır. Yükseklik bilgisini içeren modeller jeolojiden hidrolojiye, haritacılıktan şehirciliğe, risk yönetiminden askeri uygulamalara kadar birçok alanda kullanılmaktadır. Laser Ranging, Laser Altrimetry, Laser Scanning ve Laser Detection and Ranging olarak da bilinen sistem, Radar benzeri bir

mantıkla çalışmaktadır fakat radar sistemlerinden farklı olarak radyo dalgaları yerine lazer ışınları kullanarak gerekli yükseklik bilgisini elde eder [25]. 1960'ların sonlarında geliştirilen sistemin ilk ticari LiDAR haritalama sistemi 1993'te geliştirilerek topografik harita üretiminde kullanıldı [26]. Lazer tarayıcı sistemleri kullanılarak SYM üretimi metodu üzerine tartışmalar ilk kez 1994 yılında Almanya'da Ölçme ve Haritalama Birimi (Surveying and Mapping Agency-SMA) tarafından başlatıldı[27]. Bu konuda tartışmalar sürerken 1996 yılından sonra birçok şirket tarafından çeşitli amaçlarda kullanılmak üzere üretilerek haritalar için LiDAR sistemleri oluşturulmaya başlandı [25]. Son yıllarda LiDAR teknolojisinin hızla gelişmesini sağlayan birçok yatırım ve araştırma da yapılmıştır.

LiDAR sistemleri, kuruldukları platformlar temel alınarak iki grupta toplanabilir: Hava LiDAR sistemleri – Airborne LiDAR Systems (ALS) ve Yersel LiDAR Sistemleri – Terrestrial LiDAR System (TLS).

Günümüzde ALS ile elde edilen ölçümlerin yatay ve düşey doğruluğu fotogrametrik yöntemleri yakalamış durumdadır. Bir ALS sistemi platform olarak uçak, helikopter veya İnsansız Hava Aracı (İHA)'na monte edilebilir. Sistem, bir lazer tarayıcı, GPS ve IMU'dan oluşmaktadır. Lazer tarayıcı uçağın altına monte edilir. Bunların dışında bilgisayar ve kayıt cihazı da sistem de mevcuttur. İstenirse fotoğraf çekme makinası da sisteme dâhil edilebilir.

Hava fotoğrafları ve Lidar beraber kullanılarak topografik ya da tematik haritalar üretilmektedir. Lidar yükseklik modeli kullanılarak yol, yerleşim yeri ya da demir yollarının planlamasında kolaylık sağlar. [28]

### 3.5. İHA Fotogrametrisi

#### 3.5.1. İHA'nın Tanımı ve Çeşitleri

İHA'nın birçok kurum ve kuruluş tarafından farklı tanımları mevcuttur. Bunlara ek olarak akademik araştırmacılar tarafından yapılan tanımlar da bulunmaktadır. Örneğin Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü (North Atlantic Treaty Organization-NATO)'ne göre; İHA'nın tanımı, insan dışı uzaktan kumanda ile otonom bir şekilde hareket edebilen, ana gövdeden yüklenip çıkartılabilen ve indirilebilen yararlı bir veri toplama ve iletme aracıdır. Küresel Hava Trafik Yönetimi Operasyonel Konsepti (The Global Air Traffic Management Operational Concept) uyarınca insansız hava aracı; içerisinde pilotu bulunmayan araçlar olarak tanımlanmaktadır. Kahveci ve Can (2017) [29] yaptıkları bir çalışmada İHA'yı: İçinde pilotu ve yolcusu olmayan, sadece amaca uygun ekipman (video kamera, fotoğraf makinesi, GNSS, lazer tarama cihazı, vb.) taşıyan, uzaktan kumandalı ve/veya otomatik olarak görevini icra edebilen bir çeşit

uçak olarak tanımlamışlardır. Torun (2017) [30] İHA tanımı olarak: Pilotsuz hava aracı sistemi, uzaktan pilotaj kontrol sistemi ve bu ikisi arasında komuta-kontrol iletişim ortamı olmak üzere oluşan üç bileşenden oluşan entegre sistemler bütünü, demiştir. Ayrıca Drone terimi İHA terimi ile eşanlamlıdır. Hobi amaçlı kullanımlar için Drone, askeri amaçlı kullanımlar için İHA terimi kullanılmaktadır. Son zamanlarda Türk Dil kurumunun yabancı sözcükleri Türkçeleştirme çalışmalarında Drone teriminin karşılığını uçangöz olarak verilmiştir.

İHA'lar genel olarak Tablo 1'de gösterildiği gibi beş başlık altında sınıflandırılabilir [31].

**Tablo 1.** İHA ların ağırlıklarına göre sınıflandırılması [31].

Ağırlıklarına Göre	Uçuş Yöntemine Göre	Kalkış Yöntemine Göre	İniş Yöntemi	Kullanım Amacına Göre
İHAO (0.5-4kg)	Sabit kanatlı	Rampadan fırlatılan	Gövde üzerine	Hobi
İHA1 (4-25kg)	Döner kanatlı	El ile fırlatılan	Dikey iniş	Ticari
İHA2 (25-15kg)			Paraşütle iniş	
İH (≥150kg)	A3			

#### 3.5.2. İHA'ların Kullanım Alanları

İHA farklı amaçlar doğrultusunda birçok disiplin tarafından kullanılmaktadır. İHA kullanım alanları genel olarak aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir.

- Haritacılık (Haritalama, 3B modelleme, ortofoto vb. fotogrametrik ürünler, stok ve hacim ölçümler vs. [32].
- İstihbarat ve güvenlik amaçlı
- Tarım uygulamaları
- Sınır güvenliği
- Kentsel dönüşüm
- Fotoğrafçılık
- Madencilik
- Sağlık
- Afet yönetimi
- Arama kurtarma çalışmaları
- Nakliye (Kargo taşıma, yemek siparişi)
- Askeri amaçlı

#### 3.5.3. İHA ile Yapılan Fotogrametri Çalışmaları

İHA fotogrametrisinin temel taşı olan hareket tabanlı yapısal tespit (SFM), Computer Vision Association (Bilgisayar Vizyon Birliği) tarafından geliştirilen farklı açılardan alınan görüntü kesitlerinde nokta takibi ile ortaya çıkmıştır[33]. Harekete dayalı yapı algılama teknolojisi, insanın (ve diğer gözleri olan canlıların) gözün iç retina tabakasında oluşan 2 boyutlu hareketli görüntülerden çevredeki 3 boyutlu

ortamı algıladığı biyolojik görüntü algısı gibidir[34].Yer paylaşımı fotoğraflar, milyonlarca 3B yüzeyde nokta bulutlarını görüntülemek için otomatik ve hızlı bir şekilde işlenir [35].

Geleneksel hava fotogrametrisinde kullanılan uçaklardan farklı olarak İHA'lar, alçak irtifalarda nesnelere yakın uçuşa imkânı sunuyor. Ulaşımın mümkün olmadığı ve insanlı hava araçlarının bulunmadığı bazı durumlarda tercih edilen tek alternatif İHA'lar olmaktadır. Buna ek olarak küçük konvansiyonel hava fotogrametri uygulamalarında, veri hacmi gereksiz ve maliyetli olmasına rağmen dronların kullanımı önemli ölçüde maliyet tasarrufu sağlayabilir [36].

Elde edilen ürünlerden, klasik fotogrametri ve İHA fotogrametrisinin matematiksel ve istatistiksel yöntemlerinde bazı farklılıklar bulunmaktadır [30, 32]. Geleneksel fotogrametri, küresel tutarlılığa, model geçerliliğine, ölçüm doğruluğuna ve uyumluluğuna sahip çözümler sunarken, İHA fotogrametrisi, 3B nesne yeniden yapılandırması ve verimliliği ve yerel optimizasyon için tüm verilere dayalı yerel çözümlerle klasik fotogrametrinin dengeli modelini kullanır. Bu fark, İHA fotogrametrisi kullanılarak havadan ölçme, 3 boyutlu dijital modelleme ve ortofoto üretiminin önünü açmaktadır [42, 44].

İHA'lar ve entegre dijital kameralar yardımıyla fotogrametri verileri manuel, yarı otomatik veya tam otomatik olarak elde edilebilir. Bu veriler kullanılarak kontur çizgileri, dijital yükseklik modelleri, vektör verileri, ortofotolar ve 3B modeller üretilebilir. Özellikle son yıllarda bu araçlar harita yapımı alanında giderek daha fazla kullanılmaya başlanmıştır [37].

İHA ile elde edilen veriler fotogrametri ile değerlendirilebilmekte ve değerlendirme verilerinden elde edilen SYM, nokta bulutu veya raster şeklinde oluşturularak çalışmanın özel ihtiyaçlarına göre kullanılabilir. Ayrıca hava fotoğraflarının düzeltilmesi ve topoğrafik farklılıklardan oluşan hataların giderilmesi ile elde edilen ortofotolar, çalışma alanının görüntülerini de içerdiğinden, yer etütlerinden elde edilen doğrusal haritalara göre daha fazla bilgi içermektedir. Ortofoto haritaların yanı sıra, fotogrametri yöntemleri kullanılarak sayısal arazi modellerinin üretilmesi, yüksek çözünürlüklü kontur haritaları, insan yapımı (tarlalar, yollar, binalar vb.) ve doğal özellikler (orman-orman yapıları, göller, nehirler vb.) üretilebilir. Belirli istifleme oranları ile üç boyutlu olarak alınan bu görüntülerin bilgisayar ortamında

değerlendirilmesi için yazılımsal fotogrametri veya dijital fotogrametri sistemi gerekmektedir [38].

Geleneksel fotogrametri teknikleri, geometrik modeller oluşturmak için kameraların ve yer kontrol noktalarının yüksek hassasiyetli 3B konum ve yönlendirme bilgilerini gerektirir. Hareket tabanlı yapı algılama yöntemlerinde model geometrisi, kamera konumu ve yönlendirme bilgileri eş zamanlı olarak otomatik olarak çözülür [39]. İHA fotogrametri yöntemi, hava fotogrametrisine benzeyen bir yöntemdir. İHA fotogrametri işlem adımları;

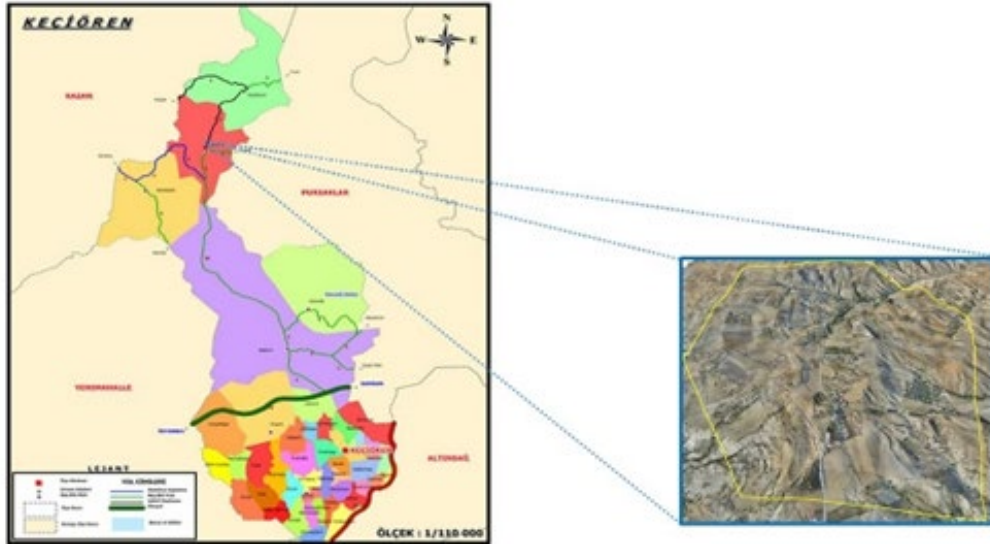
- Hava görüntülerinin alınması,
- Fotoğraf niteliklerini meydana getirme,
- Demet dengelemesi,
- Nokta bulutu,
- Rektifikasyon,
- Yüzey modeli,
- Görselleştirme olarak sıralanabilir

Fotogrametri saha etüdü tablosunda açıklandığı gibi hava fotogrametrisinde belirli işlem basamaklarının sırayla uygulanması gerekir. Hava fotogrametrisi disiplini en iyi şekilde bu işleme adımları aracılığıyla açıklanır. Öncelikle, üretilecek haritanın ölçeğine göre fotoğrafı çekilecek alan için bir uçuş planı hazırlanır. Bu uçuş planı, uçuş yollarının sayısı, uçuş yönü, görüntü kapsama alanı, maruz kalma süresi ve aralığı, uçuş doğrultusu ve konumu, rüzgâr yönü ve etkisi gözlemlenerek uçağın rotasını, hızını, kamerasını ve tipini belirler. Fotogrametri çalışmasının yüksek doğruluğunu sağlamak için, ölçümü yapılacak yer kontrol noktaları gökten görülebilecek şekilde modellenir ve işaretlenir. Belirlenen YKN'ler, yüksek hassasiyetli klasik jeodezik yöntemlerle ölçülmüştür. Havadan nirengi için kullanılan yer kontrol noktalarının saha dağılımı ve sıklığı havadan nirengiye göre seçilmelidir. Tüm bu işlemlerden geçen hava fotoğrafları işlenerek yeni uzamsal bilgiler üretilir ve istenen alanların son derece hassas ölçümleri sağlanır [40, 43].

#### 4. Materyal ve Metot

##### 4.1. Çalışma Alanı

Çalışma bölgesi olarak Ankara İli, Keçiören İlçesine bağlı Çalseki Mahallesi Merkez yerleşkesine ait olan yaklaşık 470 ha'lık bir alan seçilmiştir. Alanın Koordinatları Şekil 1 de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanının genel gösterimi (40 08' 28'' K, 32 47' 48'' D).

## 4.2. Veri Temini

Ortofoto üretimi için sabit kanata sahip Sense FLY eBee Plus modeli kullanılmıştır. Kullanılan uçak Şekil 2'de gösterilmiştir. Teknik özellikleri Tablo 2 de verilmiştir.



Şekil 2. Sense FLY eBee Plus.

Tablo 2. Sense FLY eBee Plus teknik özellikleri.

Kanat Açıklığı	110 cm
Kamera Sensör Boyutu	1 inch
Kamera Piksel Aralığı	2.33 $\mu$ m

Yer kontrol noktalarının koordinatlarının ölçümü için TOPCON GR5 GNSS alıcısı kullanılmıştır.

## 5. Uygulama

### 5.1. Arazi Çalışması 1. Uçuş

İlk arazi çalışması 2020 Eylül ayında gerçekleştirilmiştir. Çalışma için 21 adet yer kontrol noktası tesis edilmiştir. Bunların 10 tanesi YKN olarak kullanılmış olup, kalan 11 tanesi check point olarak kullanılmıştır. Aynı zamanda uçuşlar, sabit istasyon kurularak RTK'lı olarak gerçekleştirilmiştir. Ortalama 200 metre irtifadan, boyuna bindirme oranı %70, enine bindirme oranı %60 olacak şekilde uçuş yapılmıştır. 750 Adet görüntü kaydedilmiştir ve fotoğrafların toplam boyutu 7.07 GB olmuştur. Yapılan process işlemi sonucunda elde edilen ortalama hata miktarı

1.487 cm olarak kaydedilmiştir. Yer örneklem aralığı 5.87 cm/Pix olarak gerçekleştirilmiştir. Üretilen DEM verisine ilişkin çözünürlük 23.5 cm/pix olarak gerçekleştirilmiştir. Modele ilişkin genel karesel ortalama hatalar Tablo 3 te verilmiştir. Yer kontrol Noktalarının konum hassasiyetlerine ilişkin rapor ise Tablo 4 de verilmiştir. Check point noktalarının hata değerlerine ilişkin rapor ise Tablo 5'te verilmiştir. Kalibrasyon katsayıları ve Korelasyon matrisi ise Tablo 6'daki gibidir.

Tablo 3. Modelin genel karesel ortalama hatası.

X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total error (cm)
0.636846	0.645151	1.66565	0.906528	1.89636

Tablo 4. Yer kontrol Noktalarının konum hassasiyetlerine ilişkin rapor şu şekilde gerçekleştirilmiştir.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
101	-0.056045	0.817509	0.406697	0.914803	1.028 (10)
102	-0.804671	0.620785	-0.0531462	1.01769	0.942 (7)
106	0.573733	-0.283313	-0.412836	0.761491	1.232 (7)
110	0.180673	-0.173105	0.00370077	0.250243	1.145 (3)
111	1.34809	0.484831	0.0289661	1.43291	1.190 (7)
114	0.0228808	0.795652	0.0455207	0.797282	0.906 (7)
119	0.201316	0.555151	0.193275	0.62135	0.909 (8)
121	0.125621	0.607556	-0.185083	0.647427	1.340 (7)
123	0.156453	0.103488	0.0485949	0.193776	0.875 (8)
125	0.0240447	-0.641573	-1.46839	1.60261	4.009 (5)
<b>Total</b>	<b>0.539599</b>	<b>0.559615</b>	<b>0.507122</b>	<b>0.928175</b>	<b>1.487</b>



**Tablo 5.** Check noktalarının hata değerleri.

Label	X error (cm)	Yerror (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
103	-3.3014	3.99133	-1.33575	5.34922	0.651 (6)
104	-5.85916	0.560208	-11.7645	13.1547	0.528 (6)
109	9.21897	0.451015	4.50503	10.2707	0.497 (4)
112	5.67849	2.42045	-4.15545	7.4412	0.685 (8)
113	-0.75297	14.0914	-13.0612	19.2283	0.617 (7)
115	-1.98187	-2.65679	-7.27432	7.99388	0.656 (7)
117	-5.71291	6.66419	2.08386	9.02171	0.704 (8)
118	4.06084	4.89636	2.23927	6.74382	0.811 (11)
120	-10.8379	11.1774	6.72685	16.9601	1.085 (6)
122	2.27202	5.14831	-3.56186	6.65988	0.669 (9)
124	2.81427	-0.810616	7.62717	8.17012	0.700 (6)
<b>Total</b>	<b>5.61353</b>	<b>6.38474</b>	<b>6.91986</b>	<b>10.9618</b>	<b>0.715</b>

**Tablo 6.** Kalibrasyon katsayıları ve korelasyon matrisi.

	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2
F	4391.48	0.02'1	1.00	0.00	-0.35	-0.06	0.04	-0.52	0.46	-0.42	0.39	-0.01	-0.02
Cx	-82.9178	0.018		1.00	-0.01	-0.17	-0.07	-0.01	0.01	-0.02	0.03	0.94	-0.02
Cy	-54.4526	0.013			1.00	0.03	-0.12	0.00	0.01	-0.01	0.02	-0.01	0.75
B1	1.89952	0.0046				1.00	0.02	0.03	-0.05	0.04	-0.04	-0.17	0.06
B2	0.824 719	0.0046					1.00	0.01	-0.01	0.01	-0.01	-0.08	-0.12
K1	0.0540285	6. 5e-05						1.00	-0.98	0.93	-0.89	-0.03	-0.01
K2	-0.36987	0.00045							1.00	0.99	0.96	0.03	0.01
K3	0.73 6165	0.0012								1.00	-0.99	-0.04	-0.01
K4	-0.403552	0.0011									1.00	0.04	0.01
P1	-0.00638325	1.60E-06										1.00	-0.01
P2	-0.00349295	1.10E-06											1.00

## 5.2. Arazi Çalışması 2. Uçuş

İkinci arazi çalışması 2022 Eylül ayında gerçekleştirilmiştir. Çalışma için 24 adet yer kontrol noktası tesis edilmiştir. Aynı zamanda uçuşlar, sabit istasyon kurularak RTK'lı olarak gerçekleştirilmiştir. Ortalama 200 metre yükseklikten, boyuna bindirme oranı %70, enine bindirme oranı %60 olacak şekilde uçuş yapılmıştır. Yapılan process işlemi sonucunda elde edilen ortalama hata miktarı 1.238 cm olarak kaydedilmiştir. Yer örneklem aralığı 6.03 cm/Pix olarak gerçekleştirilmiştir. Üretilen DEM verisine ilişkin çözünürlük 24.1 cm/pix olarak gerçekleştirilmiştir. Modele ilişkin genel karesel ortalama hatalar Tablo 7 de verilmiştir. Yer kontrol Noktalarının konum hassasiyetlerine ilişkin rapor Tablo 8'deki gibidir. Check point noktalarının hata değerlerine ilişkin rapor ise şu şekildedir (Tablo 9). Kalibrasyon katsayıları ve Korelasyon matrisi ise Tablo 10'daki gibidir.

**Tablo 7.** Modelin karesel ortalama hatası.

X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total error (cm)
0.723882	0.618635	1.69864	0.952215	1.95

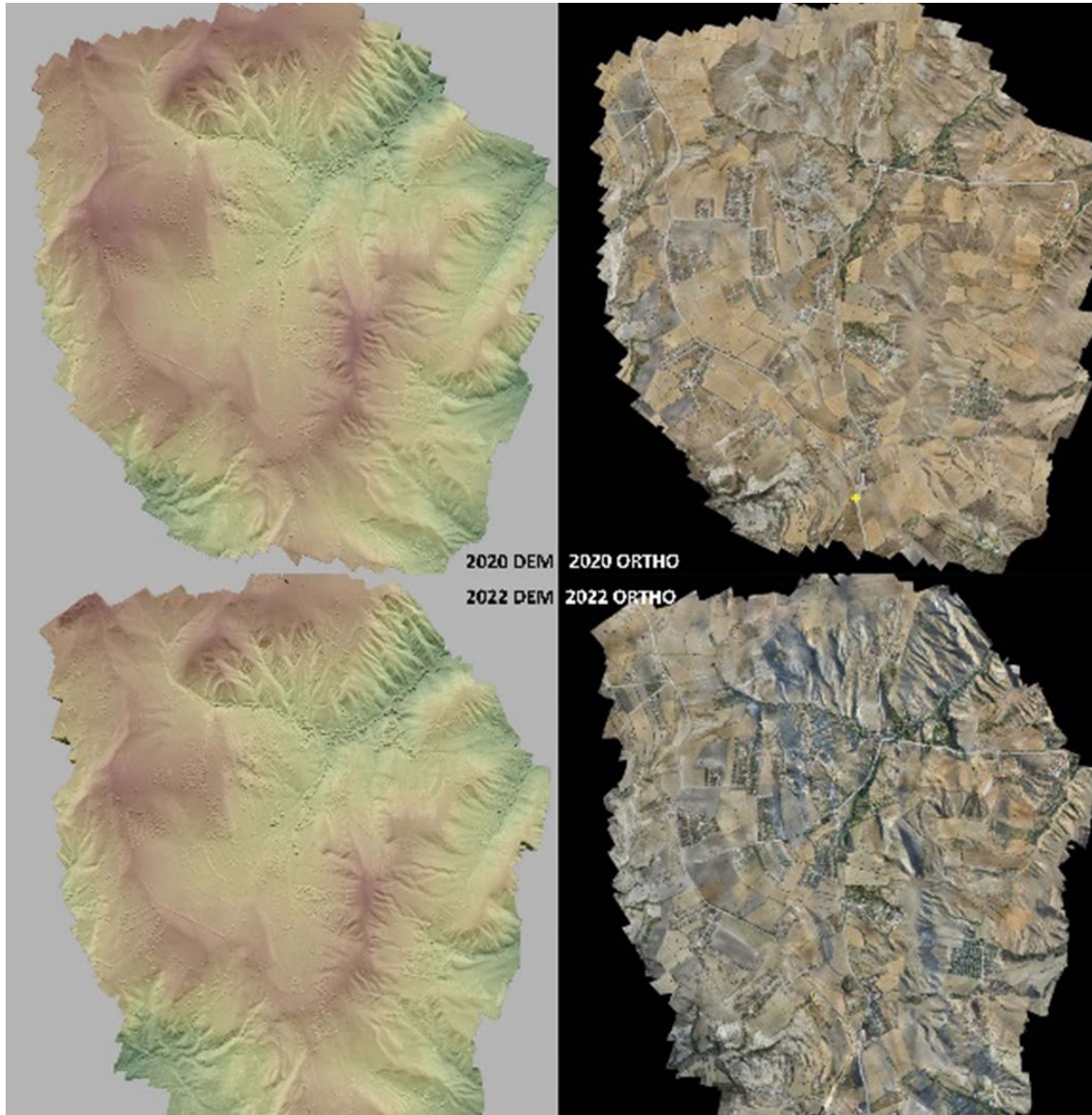
**Tablo 8.** Yer Kontrol Noktalarının konum hassasiyetleri.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
202	0.340012	0.932719	-0.142376	1.00292	0.748 (14)
203	0.559403	0.0372513	0.153701	0.581329	1.085 (9)
204	0.026235	0.224162	-0.129593	0.260253	0.896 (12)
205	-0.01386	0.318484	-0.0790491	0.32844	1.015 (11)
207	-1.14046	2.47815	-0.364855	2.75227	2.107 (9)
210	-0.20643	-0.247902	-0.463536	0.564743	1.687 (10)
214	-0.50710	0.0755966	-0.137586	0.530849	0.958 (10)
218	1.18647	0.84608	0.373452	1.50434	1.348 (11)
222	-0.61835	0.779788	-0.26017	1.02865	1.391 (10)
224	0.200963	-0.908255	-0.461316	1.03833	0.981 (16)
<b>Total</b>	<b>0.621313</b>	<b>0.968519</b>	<b>0.292202</b>	<b>1.1872</b>	<b>1.238</b>



**Tablo 9.** Check point noktalarının hata değerleri.

Label	X error (cm)	Yerror (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
208	-0.707073	-4.82744	-9.87259	11.0124	0.535 (4)
209	-2.74938	2.44831	-13.1257	13.6323	0.529 (6)
211	0.500703	1.94353	0.709491	2.12871	1.457 (8)
212	-0.789902	-1.85718	0.633163	2.11517	1.488 (6)
213	10.2221	9.59531	-2.14205	14.1827	0.276 (4)
215	5.07198	7.43407	7.88261	11.9635	0.583 (4)
217	-5.89049	3.78632	9.84395	12.0805	0.530 (6)
216	-3.93348	-1.42574	-0.196165	4.18849	2.097 (6)
220	0.860562	0.026652	1.25328	1.52053	1.147 (8)
221	3.69942	-12.1131	-7.31398	14.6255	0.696 (7)
223	7.05847	-2.26278	-12.1421	14.2258	0.730 (8)
225	0.927941	-0.560312	0.721763	1.30229	0.715 (13)
226	0.293304	0.364078	-3.56621	3.59673	0.766 (5)
219	-5.29939	-3.10126	-12.3691	13.8093	1.059 (6)
<b>Total</b>	<b>4.49284</b>	<b>5.08598</b>	<b>7.5737</b>	<b>10.1693</b>	<b>1.034</b>



**Şekil 3.** SFM algoritması kullanılarak dijital yüzey verisi üretilmiştir. Bu yüzeye ait piksel boyutu ise sırası ile 5.87 cm ve 6.03 cm olarak gerçekleşmiştir.

**Tablo 10.** Kalibrasyon katsayıları ve Korelasyon matrisi.

	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2
F	4392.94	0.022	1.00	-0.03	-0.23	-0.05	0.00	-0.65	0.58	-0.53	0.49	-0.01	-0.01
Cx	-80.5293	0.021		1.00	0.02	-0.17	-0.04	-0.01	0.01	-0.02	0.03	0.93	0.01
Cy	-54.8069	0.017			1.00	0.03	-0.13	-0.01	0.01	-0.02	0.02	0.01	0.82
B1	1.85004	0.0045				1.00	0.01	0.04	-0.05	0.05	-0.04	-0.17	0.09
B2	0.982027	0.0048					1.00	0.01	-0.01	0.01	-0.01	-0.06	0.14
K1	0.0461779	7.3E-05						1.00	-0.98	0.93	-0.88	-0.02	-0.01
K2	-0.323793	0.00051							1.00	-0.99	0.96	0.03	0.01
K3	0.628538	0.0014								1.00	0.99	-0.03	-0.01
K4	-0.314339	0.0013									1.00	0.03	0.01
P1	-0.0063039	1.8e-06										1.00	0.01
P2	-0.00348526	1.5e-06											1.00

### 5.3. Ortofoto/DEM Üretimi ve DEM Verilerinin Karşılaştırılması

Elde edilen görüntülerin değerlendirilirken Agisoft Metashape Professional yazılımı kullanılmıştır. İşlenen görüntülerden elde edilen ortofotoların en küçük piksel boyutu sırası ile 5.87 cm/pix ve 6.03 cm/pix olarak gerçekleşmiştir (Şekil 3). Ortalama hata miktarları yine sırası ile 1.487 cm ve 1.238 cm olarak gerçekleşmiştir. Bu çalışmanın asıl konusu olan kaçak yapı tespiti; farklı zamanlarda yapılan uçuşlardan elde

edilen verilerden üretilen DEM verilerinin karşılaştırılması üzerine kurulmuştur. Bu işlem Virtual Surveyor yazılımında gerçekleştirilmiştir. Birinci uçuş sonrası üretilen DEM verisi referans yüzey olarak belirlenmiştir. İkinci uçuş sonrası üretilen DEM verisi referans yüzeye göre nispet edilmiş ve referans yüzeyde 2 metreden fazla olan değişiklikleri analiz etmesi istenmiştir. Yazılım bunu ekranda kırmızıya boyanmış olarak işaretlemektedir (Şekil 4).



**Şekil 4.** İkinci bölümde alanı manuel olarak taramak sureti ile yazılımın boyadığı alanlar işaretlenip point verisi olarak export edilmiştir. Akabinde işaretli bölgelerde yapı ruhsatı ya da ruhsat başvurusu olup olmadığı araştırılmıştır.

## 6. Sonuçlar

İnsansız hava araçlarına (İHA) entegre edilen fotoğraf makineleri vasıtası ile yer yüzeyinin görüntülenerek haritalanması klasik tekniklerin birçok anlamda önüne geçmiştir. Zamandan, emekten tasarruf edilmekle birlikte çoğu zaman ekonomik açıdan da daha avantajlı hale gelmesi insansız hava araçlarının hemen her alanda kullanımının yaygınlaştırmıştır.

Bu alanlardan birisi de kaçak yapı tespittir. Kaçak yapı tespiti için çok sayıda personel, araç ve ekipman tahsisi gerekirken İHA kullanılırken bunların neredeyse tamamından tasarruf sağlanmış olmaktadır. Bu çalışmada Keçiören Bölgesinde bulunan Çalseki Mahallesi'nin merkez yerleşkesi seçilerek kaçak yapı araştırması yapılmıştır. Önce 2020 yılı Eylül ayında ilk görüntüler alınarak process edilmiştir. Akabinde 2022 yılı Eylül ayında aynı alanda uçuş yapılarak bu iki veri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 164 adet yapı tespit edilmiştir. Bunlardan 1'i ruhsatlı olup 163 adet ruhsatsız yapı tespit edilmiştir. Arazide yapılan saha çalışması sonucu bu yöntem, tüm kaçak yapıları tespit edebilmiştir. Bu çalışma vasıtası ile İHA'lar kullanılarak kaçak yapı tespiti sağlanmasının mümkün olduğu görülmüştür.

## Bilgilendirme

Bu çalışma Ahmet Ulukök'ün tezinin bir parçasını oluşturmakta olup Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından 2022-2-TP2-4776 numaralı proje ile desteklenmiştir.

## Yazarların Katkısı

**Ahmet Ulukök:** Literatür taraması, Saha çalışması, analiz ve yorumlama, makale yazma.

**Ali Ulvi:** Kontrol, düzenleme, görselleştirme.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

## Kaynaklar

[1] Baltasvias, E. P. (2004). Object extraction and revision by image analysis using existing geodata and knowledge: current status and steps towards operational systems. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 58, 129-151.

- [2] Gruen, A., & Kuebler, O. (1995). Automatic extraction of man-made objects from aerial and space images. Agouris, P. (Eds.), Birkhäuser, Basel.
- [3] Kaartinen, H., Hyyppä, J., Gülch, E., Vosselman, G., Hyyppä, H., Matikainen, L., & Dragoja, M. (2005). Accuracy of 3D city models: EuroSDR comparison. *In ISPRS Symposium*, Netherlands, 12 September, 227-232
- [4] Khoshelham, K., Nardinocchi, C., Frontoni, E., Mancini, A., & Zingaretti, P. (2010). Performance evaluation of automated approaches to building detection in multisource aerial data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 110 65, 123-133.
- [5] Mayer, H. (1999). Automatic object extraction from aerial imagery - a survey focusing on buildings. *Computer Vision and Image Understanding*, 74, 138-149.
- [6] Mumbone, M., Bennett, R., Gerke, M., & Volkmann, W. (2015). Innovations in boundary mapping: Namibia, customary lands and UAVs. *In 2015 world bank conference on land and poverty*. Washington: 25 July.
- [7] Volkmann, W., & Barnes, G. (2014). Virtual surveying: mapping and modeling cadastral boundaries using unmanned aerial systems (UAS). *In FIG Congress*, Kuala Lumpur, 21 June, 1-8
- [8] Manyoky, M., Theiler, P., Steudler, D., & Eisenbeiss, H. (2012). Unmanned aerial vehicle in cadastral applications. *In ISPRS Symposium*, Zurich, 16 September, 57-62.
- [9] Fan, X., Nie, G., Gao, N., Deng, Y., An, J., & Li, H. (2017). Building extraction from UAV remote sensing data based on photogrammetry method. *In International 107 Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Texas, 13 July, 3317-3320.
- [10] Comert, R., Avdan, U., & Avcı, Z. D. (2016). İnsansız hava aracı verilerinden nesne tabanlı bina çıkarımı. 6. *UZAL-CBS Sempozyumu*, Adana, 7 Ekim, 339-347.
- [11] Harrington, J. (2019). In Hurricane Barry's wake, here are the worst floods in American history. <https://www.usatoday.com/story/news/weather/2019/07/17/worst-floods-in-american-history/39692839/>, [Erşim Tarihi: 02.05.2023]
- [12] Ulvi, A., & Yiğit, A. Y. (2019). Kültürel Mirasın Dijital Dokümantasyonu: Taşkent Sultan Çeşmesinin Fotogrametrik Teknikler Kullanarak 3B Modelinin Yapılması. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 1(1), 1-6.
- [13] Ulvi, A., Varol, F., & Yiğit, A. Y. (2019). 3D modeling of cultural heritage: the example of Muiy Mubarek Mosque in Uzbekistan (Hz. Osman's Mushafi). *International Congress on Cultural Heritage and Tourism (ICCHT)*, Bishkek, Kyrgyzstan, 115-123.
- [14] Ulvi, A., Yakar, M., Yiğit, A. Y., & Kaya, Y. (2019). The Use of Photogrammetric Techniques in Documenting Cultural Heritage. *The Example of*



- Aksaray Selime Sultan Tomb. *Universal Journal of Engineering Science*, 7(3), 64-73.
- [15] Yakar, M. (2018). GIS and Three Dimensional Modeling for Cultural Heritages. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 3, 50-56.
- [16] Yakar, M., Karabacak, A., & Fidan, Ş. (2019). Arazi Ölçmeleri 1. Atlas Akademi, 1, ISBN: 9786057839398, 188s.
- [17] Yiğit, A. Y., & Uysal, M. (2019). İnsansız hava araçları ile elde edilen verilerin değerlendirilmesi. *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği Teknik Sempozyumu (TUFUAB)*, Aksaray, Türkiye, 315-318.
- [18] Ulvi, A., Yakar, M., Yiğit, A. Y., & Kaya, Y. (2019). The Use of Photogrammetric Techniques in Documenting Cultural Heritage. The Example of Aksaray Selime Sultan Tomb. *Universal Journal of Engineering Science*, 7(3), 64-73
- [19] Yakar, M. (2018). GIS and Three Dimensional Modeling for Cultural Heritages. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 3, 50-56.
- [20] Yastıklı, N. (2016). Yersel Fotogrametri Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İstanbul, Türkiye
- [21] Marangoz, M. A. (2015). Yersel Fotogrametri Ders Notları, Bülent Ecevit Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği bölümü, Zonguldak, Türkiye
- [22] Kraus, K. 2007. Photogrammetry, Geometry from images and laser scans. Berlin/New York: De Gruyter.
- [23] Petrovič, D., Grigillo, D., Kosmatin Fras, M., Urbančič, T., & Kozmus Trajkovski, K. (2019) Geodetic Methods for Documenting and Modelling Cultural Heritage Objects, *International Journal Of Architectural Heritage*, 15(6), 885-896
- [24] Jiang, J., Ming, Y., Zhang, Z., & Zhang, J. (2005). Point-based 3D Surface Representation from LiDAR Point Clouds. *The 4th ISPRS Workshop on Dynamic and Multi-dimensional GIS*. September 6-8, 2005, Wales, UK, 1-4.
- [25] Liadsky, J. (2007). Recent advancements in commercial LiDAR mapping and imaging systems. Informally published manuscript, Optech Incorporate, Available from NPS LiDAR Workshop. Retrieved from <http://www.nps.edu/academics/Centers/RemoteSensing/Presentations/LiDAR/Presentations/RecentAdvancements.pdf>.
- [26] Petzold, B., Reiss, P., & Stossel, W. (1999). Laser scanning-surveying and mapping agencies are using a new technique for the derivation of digital terrain models. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 54, 95-104.
- [27] Polat N., & Uysal, M. (2016). Hava Lazer Tarama Sistemi, Uygulama Alanları ve Kullanılan Yazılımlara Genel Bir Bakış. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(2016) 035506, 679-692.
- [28] Kahveci, M., & Can, N. (2017). İnsansız Hava Araçları: Tarihçesi, Tanımı, Dünyada ve Türkiye'deki Yasal Durumu. *S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg.*, 5(4), 511-535, 2017, DOI: 10.15317/Scitech.2017.109
- [29] Torun, A. (2017). İnsansız Hava Aracı (İHA) Sektöründe Trend: İHA Fotogrametrisi Bakışıyla. *AKÜ FEMÜBİD*.
- [30] Kabadayı, A., & Uysal, M. (2019). İnsansız Hava Aracı ile Elde edilen Verilerden Binaların Tespiti. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 1(1), 08-14.
- [31] Kaya, Y., Şenol, H.İ., Memduhoğlu, A., Akça, Ş., Ulukavak, M., & Polat, N. (2019). Hacim Hesaplarında İHA Kullanımı: Osmanbey Kampüsü Örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 2019; 1(1); 07-10
- [32] Kabadayı, A., & Uysal, M. (2020). Çok yüksek çözünürlüklü İHA verilerinden bina tespiti. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(2), 43-48.
- [33] Özcan, O. (2017). İnsansız hava aracı (İHA) ile farklı yüksekliklerden üretilen sayısal yüzey modellerinin (SYM) doğruluk analizi. *Mühendislik ve Yer Bilimleri Dergisi*, 2(1), 1-7.
- [34] Lowe D. (2004). Distinctive image features from scale-invariant keypoints. *International Journal of Computer Vision*, 60, 91-110.
- [35] Öztürk, O., Bilgilioğlu, B. B., Çelik, M. F., Bilgilioğlu, S. S., & Uluğ, R. (2017). İnsansız Hava Aracı (İHA) Görüntüleri ile Ortofoto Üretiminde Yükseklik ve Kamera Açısının Doğruluğa Etkisinin Araştırılması. *Geomatik*, 2(3), 135-142
- [36] Jakovljevic, G., Govedarica, M., Alvarez-Taboada, F., & Pajic, V. (2019). Accuracy assessment of deep learning based classification of LiDAR and UAV points clouds for DTM creation and flood risk mapping. *Geosciences*, 9(7), 323.
- [37] Akgül, M., Yurtseven, H., Demir, M., Abdullah, A. K. A. Y., Gülci, S., & Öztürk, T. (2016). İnsansız hava araçları ile yüksek hassasiyette sayısal yükseklik modeli üretimi ve ormancılıkta kullanım olanakları. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 66(1), 104-118.
- [38] Atak, H. (2018). İnsansız hava araçları kullanarak ortofoto harita üretimi ve doğruluk analizleri. Doktora Tezi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, Türkiye.
- [39] Avşar E. (2006). Tarihi köprülerin Dijital Fotogrametri Tekniği Yardımıyla Modellenmesi Yüksek Lisans Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi,
- [40] Ay, B., & Namlı, E. (2017). Görüntü İşleme Tabanlı İHA ve Uydu Sistemleri Hibrit Yapay Zeka Modeliyle Kaçak Yapıların Tespiti. *Yönetim Bilişim Sistemleri Dergisi*, 3(2), 114-129.
- [41] URL-1: <https://www.imarvehukuk.com/yapi-nedir>  
[Erişim tarihi: 02.05.2023]

- [42] Kabadayı, A. (2022). Maden Sahasının İnsansız Hava Aracı Yardımıyla Fotogrametrik Yöntemle Haritalanması. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 4(1), 19-23.
- [43] Shervais K. and Dietrich J. (2016). Structure From Motion (SFM). *Photogrammetry Data Exploration and Processing Manual*, 1-28.
- [44] Kabadayı, A., & Erdoğan, A. (2022). İHA Fotogrametrisi Kullanarak Kadastroda Binaların Konum Doğruluğunun İncelenmesi. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 4(2), 65-71.



© Author(s) 2023.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>