T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI YÜZEY TİPLERİNDE VE FARKLI YÜKSEKLİKLERDE FOTOGRAMETRİK YÖNTEMLERLE ÜRETİLEN ORTOFOTOLARIN KONUM DOĞRULUĞU ANALİZİ

Mehmet Emin SAĞIR

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2023

Dr. Öğr. Üyesi Fred Barış ERNST danışmanlığında, Mehmet Emin SAĞIR'ın hazırladığı "Farklı Yüzey Tiplerinde ve Farklı Yüksekliklerde Fotogrametrik Yöntemlerle Üretilen Ortofotoların Konum Doğruluğu Analizi" konulu bu çalışma 12/01/2023 Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/ oy çokluğu ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Fred Barış ERNST …….

Üye : Dr. Öğr. Nizar POLAT …….

Üye : Doç. Dr. Osman ORHAN …….

Bu Tezin Harita Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım

Prof. Dr. İsmail HİLALİ
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vi
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 7
3. MATERYAL ve YÖNTEM 14
3.1. Materyal 14
3.1.1 Çalışma Alanının Tanıtılması ve Kullanılan Yazılım ve Donanım Özellikleri 14
3.2. Yöntem 15
3.2.1 Uçuş Planı Hazırlanması 15
3.2.2 Yer Kontrol Noktası Tesis Edilmesi ve GNSS ile Ölçülmesi 16
3.2.3 İHA ile Fotogrametrik Uçuş 18
3.2.4 Fotogrametri matematiksel Modeli 20
3.2.5 İç yöneltme 21
3.2.6 Dış yöneltme 22
3.2.7 GNSS 24
3.2.8 Görüntü Eşleme Matematiksel Modeli 26
3.2.9 Karesel Ortalama Hata Formülü 28
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 28
4.1. Yer Kontrol Noktası Tesis Edilmesi ve GNSS ile Ölçülmesi Uygulaması 28
4.2. Uçuş Planlarının Hazırlanması ve Uçuşların Gerçekleştirilmesi 29
4.3. Görüntülerin Değerlendirilmesi 30
4.4. Yer Kontrol Noktalarının Yazılım İçerisinde Değerlendirilmesi 32
4.5. Doğruluk Analizi 35
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 52
KAYNAKLAR 56

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi
FARKLI YÜZEY TİPLERİNDE VE FARKLI YÜKSEKLİKLERDE FOTOGRAMETRİK YÖNTEMLERLE ÜRETİLEN ORTOFOTOLARIN KONUM DOĞRULUĞU ANALİZİ
Mehmet Emin SAĞIR

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Fred Barış ERNST
2022, Sayfa:64

İHA fotogrametrisi, son yıllarda gerek Harita Mühendisliği gerekse diğer disiplinler için oldukça güncel bir çalışma konusu olmuştur. Özellikle geniş alanlar için detaylı ölçüm olanağı sunması sayesinde doğru veriye hızlı ulaşım noktasında önemli bir yöntem haline gelmiştir. İHA fotogrametrisinin çıktı ürünlerinden birisi olan ortofotolar (ortomozaik) genelde iki boyutlu çalışmalarda; proje ve planlara altlık olma, alan üzerindeki belli zaman aralığındaki değişimleri izleme, vektörel veri tabanlarına altlık görsel oluşturma vb. gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Ayrıca üç boyutlu verilerin görsel yorumlamasını kolaylaştırma amacıyla da kullanılabilmektedir. Bu açıdan bakıldığında üretilen ortofotoların geometrik çözünürlüğün kullanılacağı çalışmaya göre değişiklik göstermesi beklenmektedir. Geometrik çözünürlüğün artışı detay sınıflarının tespitini arttıracağı gibi donanımdaki işlem yükünü de arttıracaktır. Bu yüzden ortofotoların üretimi esnasında ihtiyaca göre en doğru parametrelerin seçilmesi uygun alacaktır. Ayrıca üretilen verilerin geometrik çözünürlüğü kadar konum doğruluğu da önemlidir. Çalışma, Adıyaman ili Merkez ilçesinde farklı yüzey tiplerini bir arada bulunduran 20.2 hektarlık bir alanda gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı içerisine Yer Kontrol Noktaları (YKN) ve Analiz Noktalarını (AN) oluşturmak üzere 17 adet nokta işaretlenmiştir. İHA ile 100 ve 200 metre uçuş yüksekliklerinde, kamera açıları düşey ve eğik ayarlı olmak üzere 4 uçuş gerçekleştirilmiştir ve YKN sayısının ve uçuş tipinin veri üzerindeki yatay ve düşey konum doğruluğu irdelenmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda en az hataya sahip sonuç 100 metre yükseklikten düşey kamera açısıyla çekilen fotoğrafların sahaya homojen olarak dağılmış olan YKN tasarımıyla dengelenmesi ile elde edilmiştir ve 0.07m karesel ortalama hata değeri hesaplanmıştır. En fazla hataya sahip sonuç ise 200 metre yükseklikten eğik kamera açısıyla çekilen fotoğrafların saha köşelerine dağılmış olan YKN tasarımıyla dengelenmesi ile elde edilmiştir ve 0.12 m karesel ortalama hata değeri hesaplanmıştır. Bu sonuçlar İHA fotogrametrisinin konum doğruluğu açısından oldukça yüksek doğruluğa sahip veriler ürettiğini ve değişken parametre seçimleri ile doğruluğun daha da arttırılabileceğini göstermektedir.

ANAHTAR KELİMELER: insansız hava aracı, fotogrametri, yer örnekleme aralığı, doğruluk analizi, geometrik çözünürlük

ABSTRACT

MSeThesis
POSİTİONAL ACCURACY ANALYSİS OF ORTHOPHOTOS PRODUCED BY PHOTOGRAMMETRİC METHODS ON DİFFERENT SURFACE TYPES AND DİFFERENT HEİGHTS
Mehmet Emin SAĞIR

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Deparment of Geomatics Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Fred Barış ERNST
2022, Page:64

UAV photogrammetry has been a verycurrentstudytopicforbothGeomaticEngineeringandotherdisciplines in recentyears. Especiallyforlargeareas, it has become a greatmethod of fastaccesstoaccurate data, thankstoitsdetailedmeasurement. Orthophotos (orthosaic), one of theoutputproducts of UAV photogrammetry, areusuallytaken as two-dimensional; being a baseforprojectsandplans, monitoringthechanges in a certain time interval on thearea, creating a baseimageforvectordatabases, etc. usedforsuchpurposes. It can also be resizedtofacilitatethree-cellvisualinterpretation. Replacementenclosuresaccordingto data obtainedfromgeometricshapes of orthophotosproducedfromtheseframes. Thegrowth of geometricdesignwillincreasethedetection of detailclasses as well as increasetheprocessingload on the hardware. Forthisreason, it will be suitablefortheoutput of themostaccurateparametersaccordingtotheneedsduringtheproduction of orthophotos. Locationmodifiersarealsoimportant, downtothegeometricenclosuresfound in prisons. Thestudywascarriedout on an area of 20.2 hectareswithdifferentsurfacetypes in thecentraldistrict of Adıyaman province. 17 pointsaremarkedto form theworkareaentranceGround Control Points (GCP) and Analysis Points (AN). Fourflightswerecarriedoutwiththe UAV at 100 and 200 metersflightaltitudes, withcameraanglesadjustedverticallyandobliquely, andthe horizontal andverticalpositions of the YKN observerandflighttype on the data wereexamined. As a resultwith0.07 Rootmeansquarevalue of thestatisticalanalyzes, theresultwiththeleasterrorwasobtainedbyadjustingthephotostakenwith nadir cameraanglefrom a height of 100 meterswiththe GCP valueshomogeneouslydistributedoverthefieldwascalculated. The resul twith0.12 Rootmeansquarevaluewiththehighesterrorwasobtainedbyadjustingthephotostakenwith a verticalcameraanglefrom a height of 200 meterswiththe YKN valuesdistributed in the form of a verticalline on thefieldwascalculated. Theseresultsshowthat UAV photogrammetryproduces data withveryhighaccuracy in terms of locationaccuracyandtheaccuracy can be furtherincreasedwithvariableparameterselections.

KEY WORDS: unnamedaerialvehicle, photogrammetry, groundsampledistance, accuracyanalysis, geometricresolution

TEŞEKKÜR

"Farklı Yüzey Tiplerinde ve Farklı Yüksekliklerde Fotogrametrik Yöntemlerle Üretilen Ortofotoların Konum Doğruluğu Analizi" konulu çalışmamda, öncelikle tez danışmanlığımı üstlenerek tezimin her aşamasında bana bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Fred Barış Ernst'e,

Çalışmam boyunca desteğini esirgemeyen ve sorularıma her durumda yanıt veren sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Nizar Polat'a

Tez hazırlığı aşamasında fedakâr destekleri ile çalışma motivasyonumun oluşmasında katkısı olan değerli meslektaşım Harita Mühendisi Mehmet Sazak'a

Destekleri ile çalışmamın iş yükünü azaltan değerli çalışma arkadaşlarım Hüseyin Kerim Sapdüzen, Ebubekir Polat ve Özüm Alkan'a

Tez çalışmam boyunca çalışma ortamını benimle paylaşarak çalışmalarıma yardımcı olan değerli dostlarım Alper Kayır, Haluk Bayhan ve Hasan Olgun'a

Bana inanarak bugünlere gelmemde gerçek pay sahibi olan aile bireylerim; babam Arif Sağır, annem Nermin Sağır ve ağabeyim Hasan Can Sağır'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ocak, 2023

Mehmet Emin Sağır

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1:Çalışma alanının ülkedeki yeri 14
Şekil 3.2: Fotogrametri matematiksel modeli 21
Şekil 3.3: Yersel fotogrametrikizdüşüm modeli 21
Şekil 4.1: Arazide işaretlenen nokta görünümü 28
Şekil 4.2: Arazide işaretlenen noktaların konumları 28
Şekil 4.3: Fotoğraf çekim noktaları ve arazi noktaları 30
Şekil 4.4: Uçuşların seyrek nokta bulutu ve arazi noktalarının konumları 31
Şekil 4.5: Sahaya döşenen arazi noktaları 33
Şekil 4.6: Arazi noktalarının ortofotolar üzerindeki görünümü 34
Şekil 4.7: Üretilen ortofoto ve sayısal yüzey modelleri 35

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 4.1: Kullanılan İHA Teknik Özellikleri 29
Çizelge 4.2: 100 m uçuş yüksekliği ve 70° kamera açısı 1. uçuş 1. durum doğruluk analizi 36
Çizelge 4.3: 100 m uçuş yüksekliği ve 70° kamera açısı 1. uçuş 2. durum doğruluk analizi 37
Çizelge 4.4: 100 m uçuş yüksekliği ve 70° kamera açısı 1. uçuş 3. durum doğruluk analizi 38
Çizelge 4.5: 100 m uçuş yüksekliği ve 70° kamera açısı 1. uçuş 4. durum doğruluk analizi 39
Çizelge 4.6: 100 m uçuş yüksekliği ve 70° kamera açısı 2. uçuş 1. durum doğruluk analizi 40
Çizelge 4.7: 100 m uçuş yüksekliği ve 70° kamera açısı 2. uçuş 2. durum doğruluk analizi 41
Çizelge 4.8: 100 m uçuş yüksekliği ve 70° kamera açısı 2. uçuş 3. durum doğruluk analizi 42
Çizelge 4.9: 100 m uçuş yüksekliği ve 70° kamera açısı 2. uçuş 4. durum doğruluk analizi 43
Çizelge 4.10: 200 m Uçuş Yüksekliği ve 70° kamera Açısı 3. uçuş 1. durum doğruluk analizi 44
Çizelge 4.11: 200 m Uçuş Yüksekliği ve 70° kamera Açısı 3. uçuş 2. durum doğruluk analizi 45
Çizelge 4.12: 200 m uçuş yüksekliği ve 70° kamera açısı 3. uçuş 3. durum doğruluk analizi 46
Çizelge 4.13: 200 m uçuş yüksekliği ve 70° kamera açısı 3. uçuş 4. durum doğruluk analizi 47
Çizelge 4.14: 200 m uçuş yüksekliği ve 90° kamera açısı 4. uçuş 1. durum doğruluk analizi 48
Çizelge 4.15: 200 m uçuş yüksekliği ve 90° kamera açısı 4. uçuş 2. durum doğruluk analizi 49
Çizelge 4.16: 200 m uçuş yüksekliği ve 90° kamera açısı 4. uçuş 3. durum doğruluk analizi 50
Çizelge 4.17: 200 m uçuş yüksekliği ve 90° kamera açısı 4. uçuş 4. durum doğruluk analizi 55
Çizelge 5.1: Yatay yönde karesel ortalama hata çizelgesi..... 52
Çizelge 5.2: Düşey yönde karesel ortalama hata çizelgesi 53
Çizelge 5.3: Üç boyutta karesel ortalama hata çizelgesi 54

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

İHA	İnsansız Hava Aracı
YKN	Yer Kontrol Noktası
RTK	Real Time Kinematic
SYM	Sayısal Yüzey Modeli
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
BOHHBÜY	Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
GNSS	Küresel Navigasyon Uydu Sistemi

1. GİRİŞ

Koruma araştırmaları, insanlık tarihi boyunca edinilen öğretilerin önemli izlerini taşıyan tarihi mimari objeler, heykeller, şehirler gibi yaşanmışlıkları temsil eden eserlerden oluşan bir kültürel miras olarak yürütülmektedir. Geleceği şekillendiren bilim insanlarının kültürel miras olarak kabul ettiği eserlerin keşfedilmesi ve tam anlamıyla anlaşılması, yapacakları çalışmalara ilham kaynağı olabilir. Bu nedenle kültürel mirasın öneminin korunması, gelecek nesiller için kolay erişim sağlanması gerekmektedir(Beg, 2018). Son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle birlikte koruma ve literatür araştırmalarının ölçme ve değerlendirme yöntemleri değişmiş, gelişmiş teknik sistemler kullanılarak 3 boyutlu modeller üzerinde detaylı yüzey araştırması yapmak kolaylaşmıştır. Günümüzde yakın görüntü fotogrametrisine ek olarak yersel lazer tarayıcıların ve İHA platformlarının kullanımı, tarihi eserlerin, sitlerin, anıtların veya doğal oluşumların korunmasına ve belgelenmesine dikkat çekmektedir(Çelik ark., 2020; Erdoğanark., 2021; Karachaliou ark., 2019).

Günümüzde İHA kullanım alanları arasında doğal afet yönetimi, askeri uygulamalar, uluslararası sınır devriyesi, jeolojik ve meteorolojik araştırmalar, deformasyon analizi, orman yangını tespiti, toprak haritalama ve 3 boyutlu şehir veya saha modellemesi yer almaktadır. Bu İHA'ların kullanılması haritacılık açısından birçok avantajı da beraberinde getirmektedir. İHA'lara monte edilen dijital kameralar, oluşturdukları görüntüleri kullanarak insanlar için zor veya tehlikeli olan yerlerde rahatça ölçüm yapabilmektedir. İHA'lar tarafından elde edilen görüntüler yardımıyla yapılan ölçümler, doğruluk açısından yer tabanlı tekniklerle neredeyse rekabet edebilir. Bu yönüyle zemin etüt tekniklerine uygun alternatifler olarak karşımıza çıkmaktadır(Yılmaz ark., 2013).Bunlara ek olarak İHA'lar, insan girişinin tehlikeli olduğu ve nazik davranışın gerekli olduğu arkeolojik alanlarda kolay yüzey araştırmalarına olanak sağladığı için tercih edilmektedir(Avdan ark., 2014).

Son zamanlarda insansız hava araçları (İHA) ve sistemleri, geleneksel uzaktan algılama yöntemlerini tamamlayıcı ve rekabetçi bir yöntem olarak literatürde kendine

yer bulmuştur. Bu, kıyaslandığında yeni bir tespit yöntemi olsa da son teknolojik gelişmelerle büyük bir ivme kazanmıştır(Çağlayan, 2020).

İnsansız Hava Araçlarının (İHA'lar), üzerlerine monte edilen kameralar yardımıyla yeryüzünün fotoğraflanmasında ve sahip oldukları pillerin uçuş sürelerine göre otonom veya sahip oldukları pillerin uçuş sürelerine bağlı olarak yarı otonom olarak uçmalarında karasal ölçüm tekniklerinden daha iyi performans gösterdikleri görülmüştür. İHA'lara monte edilen kameralar tarafından oluşturulan görüntüler, özellikle insanların ulaşması tehlikeli ya da zor olabilecek alanlarda ölçümler yapabilmektedir. İHA'ların yeryüzü haritalaması sırasında kullanılması, diğer uzaktan algılama platformlarına kıyasla çok yüksek konumsal ve zamansal çözünürlüklü görüntülerin kısa sürede ve düşük maliyetle elde edilebilmesini sağlamaktadır. İHA'lar, son teknoloji haritalama, modelleme ve izleme fırsatları sunan uzaktan algılama platformları olsa da uydu ve kara ölçekleri arasında bir köprü görevi görerek hem zamansal hem de uzamsal çözünürlüklü uydu görüntülerinin yerine geçmektedir(Özcan ve Akay, 2016).

Özellikle geleneksel tekniklere kıyasla günümüzün donanım ve yazılımlarıyla maksimum etkide kullanılabilecek yoğun veri kümeleri oluşturmak için yeni bir trend yaratmaktadır. Hatta kamera bileşenlerine sahip optik sistemler en çok kullanılan İHA türü haline gelmiştir. Böylelikle yoğun nokta bulutları, günümüz görüntü eşleme ve sıkı nokta bulutu işleme yazılımları ile kamera bileşenlerine sahip optik İHA'lardan elde edilen veri kümeleri kullanılarak oluşturulmakta ve sıklıkla ölçme ve sanal modelleme gibi alanlarda kullanılmaktadır(Çağlayan, 2020).

Günümüz teknolojisinin gelişmesi ile birlikte drone sayısı her geçen gün artmaktadır. Sivil ve askeri alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu gelişmelerle birlikte uçaklar da kartografik faaliyetlerde kullanılmakta ve fotogrametri ile harita verileri üretilebilmektedir. Fotogrametri ile elde edilen harita verileri, jeodezik yönteme göre hızlı ve doğru bir şekilde elde edilmektedir(Karkınlı ark., 2015).

Genel olarak drone olarak anılan insansız hava aracı (İHA), bir operatör tarafından uzaktan veya yerleşik bir bilgisayar tarafından otonom olarak çalıştırılan bir hava aracı veya hava sistemidir. İHA, insan operatör taşımayan, yerleşik bir bilgisayar tarafından otonom olarak çalışan, motorlu bir hava aracı olarak tanımlanabilir. Başta askeri uygulamalar olmak üzere çeşitli uygulamalar için kullanılırlar. İHA'lar, insan hayatını riske atmama ve operasyonel maliyetleri düşürme avantajına sahip oldukları için giderek daha fazla kullanılmaktadır. Bu avantajları gerçekleştirmek için, İHA'ların daha yüksek derecede özerkliğe sahip olması ve tercihen gruplar halinde işbirliği içinde çalışması gerekir. Haritalama gibi belirli bir görevi tamamlamak için tek bir birim olarak birlikte çalışan İHA grupları, işbirlikçi İHA'lar olarak adlandırılır(Kumar ve Sridevi, 2020).

Günümüzde haritacılık alanında fotogrametri çok önemli bir yer tutmaktadır. Fotogrametrik haritalar yapılırken farklı platformlar kullanılarak görüntü elde edilir. Gelişen teknolojiler, havadan görüntü alımı için yeni seçenekler ortaya koymaktadır. Bu bağlamda İHA teknolojisi güncel bir görüntü elde etme platformu olarak ortaya çıkmıştır. Adından da anlaşılacağı gibi bu teknolojide görüntü alma platformu üzerinde pilot oturmamasına rağmen platformun kontrolü uzaktan yapılmaktadır(Marangoz ark., 2019).

Klasik ölçme yöntemleri ve uydu sistemleri ile karşılaştırıldığında dronlar, hava koşullarını her an dikkate alarak çalışılacak alanın yüksek çözünürlüklü görüntülerini sunarak maliyet ve zaman tasarrufu sağlayabilmektedir. Buna ek olarak günümüzde İHA’lara gelişmiş konumlandırma sistemleri kurulabilmektedir. Bu nedenle, RTK İHA’ları veya zemin etüdü için alınan görüntüler kullanılarak, mekânsal doğruluğu yüksek ortofoto haritaların üretilmesini sağlamak mümkün hale gelmektedir(Özcan ve Akay, 2016). Çeşitli çalışmalarda dronlar tarafından üretilen 3B nesne/yüzey modelleri, sayısal yükseklik modelleri (SYM) ve ortomozaikler kullanılmaktadır. Üretilen SYM verileri kullanılarak zaman ve ortam ile hacim değişim analizi yapılabilmekte, ortomozaik ve 3 boyutlu nesne/yüzey modeli verileri kullanılarak yüzeyin uzunluk ve alan hesabı yüksek hassasiyetle hesaplanabilmekte ve zaman

değişim analizi yapılabilmektedir(Akay ve Özcan, 2017; Eltner ark., 2017; Özcan ve Akay, 2018; Rusnáka ark., 2018).

İHA'ların uydu görüntülerine göre bariz bazı avantajları bulunmaktadır. İHA'ları kullanarak, günümüzde kullanımda olan uydu görüntülerinde bulunmayan uzamsal çözünürlüğe sahip görüntüler oluşturmak mümkündür. Ayrıca İHA'lar her an görüntü alabilme kapasitesine sahiptir. Bu, uydu görüntüleri ile herkesin bildiği gibi imkânsız bir durumdur. Aylarca sıra beklemek, sıra size geldiğinde uygun olmayan hava koşulları gibi bazı sorunlardan dolayı, istenilen kalitede uydu görüntüsü elde etmek her zaman mümkün olmamaktadır(Yılmaz ark., 2013).

Fotogrametrinin haritacılık alanında etkin bir şekilde kullanılabilmesi için çeşitli görüntüleme yapıları ve taşıyıcı cihazlar geliştirilmiştir. Harita faaliyetlerinde proje yapısına göre helikopter, balon, uzay mekiği, uçak, gibi çeşitli uçak ekipmanları kullanılmaktadır. Günümüzde bu bağlamda üretilen İHA'lar son zamanlarda fazlasıyla gündemde yer almaktadır (Karakış, 2012).

Geleneksel hava fotogrametrisinde kullanılan uçaklardan farklı olarak İHA'lar, alçak irtifalarda nesnelere yakın uçma imkânı sunmaktadır. Ulaşımın mümkün olmadığı ve insanlı hava araçlarının bulunmadığı bazı durumlarda alternatif olarak İHA'lar önerilmektedir. Bunlara ek olarak küçük ölçekli klasik hava fotogrametrisi çalışmalarında karşılaşılan yüksek veri hacimleri ve yüksek maliyetlere rağmen İHA'lar kullanılarak büyük ekonomik faydalar sağlanabilmektedir. İHA görüntüleri, yüksek çözünürlüklü dijital yükseklik modelleri ve nesnelerin 3B modellemesi oluşturmak için kullanılabilir(Öztürk ark., 2017).

Fotogrametri işlemleri yapılarak görüntülerin yeniden düzenlenmesi ile ortofotolar oluşturulabilmekte ve bu görüntüler üzerinde haritalama ve görüntü yorumlama işlemleri yapılabilmektedir(Öztürkark., 2017).

Fotogrametri, fotoğraflardan uzamsal ölçümlerin ve geometrik olarak güvenilen ürünlerin elde edildiği bilim dalıdır(Kılınçoğlu, 2016). Fotogrametri bilimi

teknolojinin gelişmesine bağlı olarak farklı kollara ayrılarak birçok alanda uygulanmaya başlamıştır. Geçmişten günümüze fotogrametrinin tarihi sürecinde düzlemsel fotogrametri, analog, analitik fotogrametri ve sayısal fotogrametrinin farklı kullanımları olmuştur. Fotogrametrinin zaman içinde gelişmesinin en önemli nedeni ampirik bilimde temel kabul edilen pratiklik, esneklik ve doğruluk ilkelerini kabul etmesidir(Avşar, 2006). 1990'lı yıllardan sonra teknolojinin gelişmesiyle sayısal (dijital) fotogrametri bilimi mühendislik konusunda vazgeçilmez bir değerlendirme yöntemi haline gelmiştir(Kılınçoğlu, 2016).

Kullanılan platformun yüksekliğine göre değerlendirildiğinde fotogrametri, yer fotogrametrisi ve hava fotogrametrisi olmak üzere iki kategoriye ayrılmaktadır. İlk uygulamalar karasal fotogrametri konusunda yapılmıştır. Bir diğer yandan hava fotogrametrisi ise geniş bölgeleri ölçebilme avantajı ile çokça tercih edilmektedir. Hava fotogrametrisi, yeryüzünün veya bazı nesnelerin fiziksel boyutlarının hava fotoğraflarından koordinatlar ve arazi modelleri ile ölçülmesidir. Bununla birlikte, hava fotoğrafları ile elde edilemeyen yüksek hassasiyet, tamamlayıcı bilgiler ve kalite kontrol için yer etüdü, hava fotogrametrisinin ayrılmaz bir bölümü olarak yer edinecektir(Kılınçoğlu, 2016).

Fotogrametri ve uzaktan algılamanın haricinde robotik ve yapay zeka topluluklarında, bilgisayar bilimlerinde sıklıkla yer edinen İHA terimi, hazırlanan uçuş planına bağımlı olarak/olmayarak manuel, yarı otomatik veya otomatik hareket edebilen ya da uzaktan kumanda edilerek kullanılan bir ölçüm aracıdır (Döner ark., 2014; Eisenbeiß, 2009). İHA platformu; GPS/INS ve sayısal kamera entegrasyonuyla oluşan bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır(Eisenbeiss, 2003).

İHA platformları, inceleme, gözetleme, haritalama ve 3B modelleme için değerli veri kaynakları olarak hizmet verebilir(Nex ve Remondino, 2014). İHA'lar aynı zamanda fotogrametrik veri üretimi için anlık veri üretimi ve gösterimi, hızlı veri analizi ve dolayısıyla zamandan ve maliyetten tasarruf sağlamaktadır. İHA, geleneksel havadan fotogrametri ve uydu görüntüleri ile birlikte uzaktan algılamaya kıyasla daha düşük maliyeti ve daha düşük irtifası nedeniyle daha yüksek çözünürlük yetenekleri

sağladığı için giderek daha popüler bir platform haline gelmiştir. Tüm bu avantajlar göz önüne alındığında, İHA'lar kullanılarak fotogrametrik verilerle sayısal yüzey modeli (SYM), 3 boyutlu nokta bulutu, 3 boyutlu model ve ortofoto oluşturulabilmektedir(Özemir ve Uzar, 2016).

Ortofotolar; eğrilik, dönme ve yükseklik farklılıklarından kaynaklanan hataların düzeltilerek ortografik projeksiyona dönüştürüldüğü dijital görüntülerdir(Yastıklı, 2009). Ortofotolar araziyi doğru bir şekilde temsil ettikleri için birçok alanda temel görüntü olarak kullanılmaktadır. Dolayısıyla kullanılan ortofotonun doğruluğu yapılan çalışmanın doğruluğuna birebir etki etmektedir(Avdan ark., 2014).

Ortofoto haritalar, bir alana ait uydu görüntüleri veya hava fotoğrafları ile o alanın sayısal yükseklik modeli (SYM) ilişkilendirilerek elde edilir. Ortofoto haritalar, arazinin durumunu temsil etmede oldukça başarılıdır. Bu nedenle kullanım alanı oldukça geniştir. Ortofotolar, hava fotoğraflarından farklı olarak konumsal doğrulukları nedeniyle yatay mesafe, açı ve alansal ölçümler gibi işlemlerde kullanılmaktadır(Erden,2006; Smimard, 1997).

Ortofotolar, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) açısından da oldukça uygun bir temel oluşturmaktadır(Erden, 2006; Rossi, 2004). Bu yüzden birçok CBS uygulamasında rahatlıkla kullanılabilirler(Yılmaz ark., 2013).

Yapılan çalışma, Adıyaman ili Merkez ilçesi İndere Köyü sınırları içerisinde bulunan farklı arazi şekillerini içeren 20.20 hektarlık bir alanda İHA Fotogrametrisi ile farklı yüksekliklerin ve kamera çekim açılarının yatay ve düşey konum doğruluğuna etkilerini değerlendirmiştir. Uçuşların öncesinde çalışma alanı içerisine 17 adet arazi noktası işaretlenmiştir. Uçuş yükseklikleri olarak 100 metre ve 200 metre sabit yükseklik değerleri kullanılmıştır. Kamera açıları olaraksa düşey 90° ve 70° kamera açıları kullanılarak 4 adet uçuş gerçekleştirilmiştir. Uçuşlar DJI Mavic 3 Enterprise İHA ile gerçekleştirmiştir. Uçuş planlarında güzergâh şekli olarak Kuzeydoğu – Güneybatı yönünde tek yönlü ızgara metodu kullanılmıştır. Fotoğraf çekimlerinde enine bindirme oranı %80 ve boyuna bindirme oranı %60 olarak

tanımlanarak uçuşlar gerçekleştirilmiştir. Yapılan uçuşlar sonrası 4 uçuş için sırasıyla 265, 179, 56 ve 64 hava fotoğrafı bilgisayar ortamında %100 oranında kalibre edilerek işlenmiştir. Daha sonra arazide işaretlenen ve arazi tipine göre sayıları ve konumları açısından birbirinden dört farklı tipte yer kontrol noktası seçimi yapılarak konumsal doğrultma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Tüm sonuçlar karesel ortalama hata hesabına göre değerlendirilerek sunulmuştur. Çalışma, İHA Fotogrametrisinde konum doğruluğunun en az hatayla sağlanması amacıyla gerçekleştirilmiş olup uçuş yüksekliği, enine ve boyuna bindirme oranları, kamera çekim açıları, topoğrafya şekli, yer kontrol noktalarının sayısı ve konumu gibi birçok parametrenin konum doğruluğuna etkisini değerlendirmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

İnsansız Hava Araçları (İHA) ile üretilen ortomozaiklerin kullanımı birçok alanda gittikçe artmaktadır. Bu durumun oluşmasındaki asıl etken, teknolojik gelişmelerle birlikte gerek İHA teknolojisinin geldiği nokta gerekse görüntü işleme hızlarının donanımsal gelişmelere bağlı olarak yüksek düzeylere ulaşmasıdır. Bu bağlamda verinin sık kullanılma durumu beraberinde doğruluğunun analiz edilmesini de gerektirmiştir.

Zongjian (2008), İHA'larda kullanılmak üzere farklı dört kameradan oluşan ultra geniş açılı kamera sistemi geliştirmiştir. Geliştirilen sistemde kameralar optik eksenlerin farklı yönlerinde konumlandırılmış ve 4 farklı kameradan elde edilen 4 resim aynı örtüşme alanına sahip şekilde ayrılmıştır. Ayrıca bu kameralarla elde edilen görüntüleri değerlendirmek için yeni bir uygulama geliştirmiştir. Geliştirilen sistemi test etmek için İHA üzerine ultra geniş açılı kamera yerleştirilmiş ve farklı bölgeler fotoğraflanmıştır. Elde edilen fotoğraflar geliştirilen uygulamada işlenerek görüntülenen bölgenin dijital yüzey modelleri ve ortofotoları oluşturulur. Böylelikle ortaya çıkan ürünler, geliştirilen sistem ve yazılımların büyük ölçekli haritalama uygulamaları için uygun bulunmuştur.

Vallet ve ark. (2011), klasik hava fotogrametri yöntemlerini yeni nesil otomatik fotogrametri yöntemleriyle karşılaştırarak sayısal arazi modellerinin ve ortofotogramların geometrik doğruluğunu ortaya koymuştur. LIDAR (LightDetectionandRanging) verileri referans veri olarak kullanılmış ve NGATE ile Pix4D yazılımı arasındaki farklar kontrol edilmiştir. Bu yazılımlarda yer kontrol noktaları entegrasyonuyla oluşturulan sayısal arazi modellerinde, NGATE yazılımı kullanılarak oluşturulan verilerde yaklaşık 30 cm, Pix4D yazılımında yaklaşık 10 cm standart sapma gözlemlenmiştir.

Turner ve ark. (2011), helikopter tipi bir insansız hava aracına çok bantlı, görünür ve termal görüntüleme özellikli kameraları yerleştirip Güney Tazmanya'da

bulunan Frogmore Creek üzüm bağlarının görüntülerini almayı başarmışlardır. Çalışma kapsamında görünür kameralardan alınan görüntüleri fotogrametri yazılımında işlemişler ve alanın SYM'sini oluşturmuşlardır. Çok bantlı bir kamera ile alınan görüntülerle birlikte bitkisel indeks hesaplanmış ve bitki yansıma düzeyleri belirlenmiştir. Termal kamera sayesinde alınan görüntüler, bölgenin yeryüzü sıcaklığını tahmin etmek için kullanılmaktadır. Bulgular, veri toplamak için kritik anlarda üzüm bağları üzerinde insansız hava araçları uçurarak, üzümlerin nasıl geliştiğini ve hastalıklı alanların olup olmadığını anlamak için çok yüksek çözünürlüklü görüntülerin kolayca elde edilebileceğini göstermektedir.

Remondino ve ark. (2011), o dönemde İHA'ların haritalama, fotogrametri ve uzaktan algılama faaliyetlerini araştırarak gelecekteki yapılacak çalışmalar için yeni perspektiflere yönelmiştir. Fotogrametrik çalışmalar için İHA'ların kullanılmasının, fotogrametrik çalışmalar için mevcut sistemlere göre avantajlar sunduğunu bulmuştur. Araştırmaları sayesinde daha yüksek çözünürlüklü görüntülere daha düşük maliyetle ve daha hızlı erişilebildiğini ve bu görüntülerin çeşitli programlarda işlenerek kısa sürede nihai ürün ve daha pek çok ürün elde edildiğini belirtmiştir. İnsansız hava araçlarının yerleşim alanlarında kullanılabilirliğini artırmak amacıyla düzenlenen yönetmeliklerin bu sistemlere göre güncellenmesi ve yeni sistemlere göre teknik prosedürlerin geliştirilmesi gerektiğini savunmuştur.

Strecha (2011), İHA görüntülerinin tam otomatik bir yaklaşımla doğru harita çözümleri sağlayabileceğini göstermiştir. Farklı veri setlerinin analizi yoluyla, doğruluğu en fazla etkileyen faktörün, yakalanan görüntünün çözünürlüğü (uçuş yüksekliği) ile ilgili olduğunu bulmuştur. İHA ile yer kontrol noktasız ve yer kontrol noktalı alınan görüntülerin değerlendirilmesinde sırasıyla 0,05 - 0,2 m ve 2 - 8 m aralığında konumsal doğruluklar bulunmuştur.

Niethammer ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada İHA platformu ve metrik olmayan kamera kullanarak yüksek çözünürlüklü veriler elde etmişlerdir. Ortofotolar ve SAM'ler oluşturmak için elde ettiği görüntüleri kullanarak heyelan bölgelerinde heyelanları tespit etmek için araştırmalar yapmışlardır. Mayıs 2007 ile Ekim 2008

arasında, bu alandaki SYM'ler arasında 7 m ile 55 m arasında bir değişiklik gözlenmiştir. Sonuç olarak fotogrametrik değerlendirme ve uzaktan algılama yöntemleriile elde edilen veriler heyelanlı alanlarda kullanılabileceğini göstermiştir.

Yılmaz ve ark. (2013), Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni Kampüsü yerleşkesi içerisinde, Gatewing X-100 İHA ile 150-200 m yükseklikten, 10 MP çözünürlüklü ve 6 mm odak uzaklıklı dijital kamera ile 167 adet fotoğraf çekmiştir. Çalışma alanı üzerine 11 YKN ve 59 AN atarak doğruluğu analiz etmiştir. Çalışma sonucunda yatay düzlemde ortalama 7.8 cm konum hatası saptanmış olup yöntemin hâlihazır harita üretiminde kullanışlı olabileceği görüşünü belirtmiştir.

Avdan ve ark. (2014), ‘’İnsansız Hava Aracı ile Oluşturulan Verilerin Doğruluk Analizi’’ isimli çalışmalarında insansız hava aracı ile arkeolojik alanda üretilen verilerin doğruluk analizini yapmışlardır. Araştırma, Eskişehir'de bulunan Sarhöyük (Dorylaion) arkeolojik sit alanında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, farklı irtifalarda ve farklı biniş oranlarında iki uçuşta insansız hava araçları ile çalışma alanının görüntüleri elde edilmiştir. Elde edilen görüntüler bilgisayar ortamında işlenerek ortofotolar ve dijital yüzey modelleri (SYM'ler) oluşturulmuştur.Üretilen verilerin doğruluğunu incelemek için uçuş öncesi alana 34 adet yer kontrol noktası yerleştirilmiş ve bunların koordinatları jeodezik bir GNSS alıcısı kullanılarak kesin olarak belirlenmiştir. Üretilen ortofoto ve SYM'i koordine etmek için bazı kontrol noktaları kullanılmıştır. Diğer kontrol noktaları ise ortofoto görüntülerin doğruluk analizi için kullanılmıştır. Bunlara ek olarak İHA ile elde edilen sayısal yüzey modelinin doğruluğunun analiz edilmesi amacıyla topografik yöntemler kullanılarak çalışma alanının sayısal yükseklik modeli üretilmiştir. Dijital bir yükseklik modeli oluşturmak için yaklaşık 6000 nokta incelenmiştir. Ölçümlerden elde edilen sayısal yükseklik modelleri, uygun alanlarda İHA'lar tarafından elde edilen sayısal yüzey modelleri ile karşılaştırılmıştır.

Siebert ve Teizer (2014), kazı projelerini incelemek için insansız hava sistemleri kullanarak mobil 3B harita yapımını araştırmışlardır. YKN'ler olmadan doğrudan konum belirlemeye sahip olmanın birçok faydası olsa da YKN referanslama süreci

aracılığıyla daha yüksek doğrulukta veriler elde edilebileceğini söylemişlerdir. Yaptıkları çalışmada, YKN ölçümlerini ve 50 m yükseklikten alınan görüntüleri analiz etmek için Agisoft Photo Scanile otomatik fotogrametri kullanarak yatayda ortalama 0,6 cm ve dikeyde 1,1 cm doğruluk elde etmişlerdir.

Toprak (2014), İHA'ların farklı mühendislik alanlarındaki uygulamalarını incelemiştir. Beş farklı uygulamada gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda İHA'ların kullanılabilirliği ve nihai ürün açısından değerlendirilmesi karşılaştırılmıştır. İlk uygulamada, mühendislik projeleri için hazır haritalar oluşturulurken doğruluk analizi kontrol edilmiştir. İkinci uygulamada ise bir bölgenin hacmi hesaplanarak doğruluk analizi yapılmaktadır. Üçüncü ve dördüncü uygulamalarda kültürel mirasın belgelenmesi ve arkeolojik araştırma için doğruluk analizleri yapılmıştır. Beşinci ve son uygulamada ise İHA ile elde edilen görüntülerden üretilen ortofotoların fotogrametri değerlendirme programı yardımıyla doğruluk analizi yapılmıştır. Yapılan uygulamalar sonucunda İHA'nın BÖHHBÜY tarafından öngörülen kesinlik ve doğruluğa uygun veriler üretilmesi sonucuna varılmıştır.

Cryderman ve ark. (2014), toprak kazılarının hesaplanması ve haritalanması üzerine bir çalışma yapmıştır. Uygulamalarında, kazılan alan hacimlerinin İHA ölçümlerini klasik GNSS ölçümleriyle karşılaştırmışlardır. Elde edilen sonuçlardan dikey yönde 0,044 m ve yatay yönde 0,039 m karesel ortalama hata gözlemlenmiştir. Karkınlı ve ark.(2015), 48 hektarlık bir alanı incelemek için İHA kullanmışlardır. Çalışmanın amacı, İHA'nın yatay ve dikey doğruluk analizi olduğunu belirtmişlerdir. 100 metre yükseklikten %70 - %25 yatay ve dikey konumlarla 720 görüntü alınmıştır. Fotogrametrik değerlendirme prosedürü kullanılarak 5 YKN ile dengelenmiştir. Değerlendirme sonucunda oluşan SAM üzerinde yapılan analize göre yatay doğruluk 6,6 cm ve dikey doğruluk 8,5 cm olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlardaki kesinlik değerlerinin İHA mühendislik çalışmalarında kullanılabileceği görülmüştür.

Özemir ve Uzar (2016), Gaziantep 5. Organize Sanayi Bölgesinde 78.3 hektar alanda, 14.2 MP çözünürlüklü 16.3644 mm odak uzaklıklı Sony NEX-5 kamera ile 435 fotoğraf çekmiştir. Arazi üzerine 4 adet YKN noktası atılmış ve TUSAGA-Aktif

ağına bağlanılarak noktaların koordinatları belirlenmiştir. Fotoğrafların işlenmesi sonucunda 3.53 cm yer örnekleme aralıklı ortofoto ve 7.06 cm yer örnekleme aralıklı Sayısal Yüzey Modeli (SYM) üretilmiştir. Üretilen veriler ve edinilen sonuçlar ışığında İHA sistemlerinin klasik ölçme yöntemlerine göre çok daha tercih edilebilir konumda olduğu görüşü belirtilmiştir.

Kılınçoğlu (2016), tarafından farklı İHA'larla üretilen verilerin kıyaslaması yapılmıştır. Çalışmada, çok pervaneli ve sabit kanatlı İHA kullanılarak veri üretimi gerçekleştirilmiştir. Yapılan uygulama sonucunda sabit kanatlı İHA2nın daha yüksek konum doğruluğuna sahip olduğu belirtilmiştir. Fakat bu durumun oluşmasında bindirme oranlarındaki ve kamera çözünürlüğündeki farklılıkları sonuçlara etki edebileceği vurgulanmıştır.

Akgül ve ark. (2016), ''İnsansız hava araçları ile yüksek hassasiyette sayısal yükseklik modeli üretimi ve ormancılıkta kullanım olanakları'' isimli çalışmalarında Uçuş irtifasına bağlı olarak, İHA'ların 2,4 santimetre ila 24 santimetre arasında değişen görüntü çözünürlüklerinde hassas veriler elde edebildiğini bulmuşlardır. Türkiye'nin ormanlık alanlarında Lidar verileri benzeri daha hassas veriler henüz mevcut olmadığından, İHA'ların ormancılık araştırmalarında yüksek hassasiyetli çalışmalara yardımcı olmak için önemli bir araç olacağı sonucuna ulaşmışlardır. LIDAR ve IFSAR verilerinin duyarlılığına sahip olmayan ancak maliyete kıyasla etkili bir alternatif fotogrametrik araç olan SYM verilerinin duyarlılığına dayalı olarak görüntü elde etmenin ayrıntılı olarak değerlendirildiği sonucuna varmışlardır. (M3).

Özcan ve Akay (2016), ''İnsansız Hava Aracı (İha) ile Farklı Yüksekliklerden Üretilen Sayısal Yüzey Modellerinin (Sym) Doğruluk Analizi'' isimli çalışmalarında entegre dijital kameralardan elde edilen görüntülerden ve farklı irtifalarda İHA kullanılarak yapılan uçuş planlarından elde edilen SYM'lerin konumsal doğruluğunu ortaya çıkarmayı amaçlamıştır. Yer kontrol noktalarının koordinatları Diferansiyel Küresel Konumlandırma Sistemi (DGPS) ile belirlenmiş ve mekânsal doğrulama için kullanılmıştır. Bunun yanı sıra oluşturulan yoğun nokta bulutunun doğruluğu saha ölçümleri ile karşılaştırılmıştır. İHA ve DGPS kullanan dikey araştırmalarda, ortalama

santimetre ölçeğindeki farklılıklar dikkat çekicidir. Yüzeyin aniden değiştiği bölgelerde daha büyük değerlerin olduğunu gözlemlemişlerdir.

Öztürkve ark. (2017), İHA ile ortomozaik üretiminde uçuş yüksekliğinin ve kamera açısının konum doğruluğuna etkisini ele almıştır. İTÜ Ayazağa kampüsü içerisinde 60m, 80m ve 100m yüksekliklerde uçuşlar yapılmış olup kameralar 60m ve 80m yükseklikte kamera açısına 90°, 100m yükseklikte ise 45°, 60° ve 90° açılarına ayarlanmıştır. Çalışma sonunda 60 m yükseklikten ve 90° kamera açısıyla yapılan ölçümün en doğru sonucu verdiği belirtilmiştir.

Özcan (2017), İHA ile farklı yüksekliklerden üretilmiş olan sayısal yükseklik modellerinin doğruluk analizini gerçekleştirmiştir. Çalışma, İTÜ Ayazağa Kampüsü içerisindeki bir bölgede yapılmıştır. Uçuşlar 30m (2 adet uçuş) ve 50m yüksekliklerden yapılmış olup üretilen verilere ait yer örnekleme aralıkları sırasıyla 1.60cm, 1.24cm ve 1.67cm olarak belirtilmiştir. Doğruluk Analizi çalışma alanı içerisinde seçilen birkaç obje üzerinden gerçekleştirilmiş ve düşey ölçümlerde ani yükseklik değişimine bağlı olarak arazide 1-6cm'lik hata değerlerine ulaşılmıştır.

Sanz-Ablanedo ve ark. (2018), YKN'lerin sayısı ve yerinin veri doğruluğuna etkisini incelemek üzere; yaklaşık 1200 hektarlık alanda yüzden fazla YKN kullanarak çeşitli kombinasyonlarla verinin doğruluğunu irdelemişlerdir. Analiz, YKN sayısı arttıkça doğruluğun arttığını göstermiş ve YKN yeri seçiminde eşit dağılımın önemini ortaya çıkarmıştır.

Tercan (2018), Antalya ilinde bir karayolu üzerinde 140 m yükseklikten %85 - %65 yanal ve dikey bindirme ile İHA kullanarak bir araştırma yapmıştır. Uçuştan sonra SYM'ler ve ortofotolar oluşturmayı hedeflemiştir. 7 adet yer kontrol noktası oluşturmak için Cors-RTK yöntemi kullanılmıştır. Uçuş sonrası elde ettiği nokta bulutunu sınıflandırarak yerdeki nokta verileri edinilmiştir. Karayolu üzerinde yapılan jeodezik çalışma sonucunda zemin ölçüleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda yatay doğruluk toprak zemin için 7,32 cm, sert zemin için 3,96 cm ve mekânsal bölge için 4,9 cm olarak hesaplanmıştır. Düz arazi yapılarında ve bitki

örtüsünün yoğun olmadığı yerlerde ortofoto, SYM ve SAM üretiminin kullanılabileceği belirtilmiştir.

Manfreda ve ark. (2019), çalışmalarında farklı uçuş konfigürasyonları kombinasyonları kullanarak ve değişken sayıda yer kontrol noktası (GCP'ler) benimseyerek küçük bir toprak barajı izlemek için ticari bir insansız hava araçlarını kullandılar. Uçuş planlarının hem seçiminin hem de kombinasyonunun optimizasyonunun, YKN'leri dahil etmeye gerek kalmadan 3B modelin göreli hatasını iki metreye kadar azaltabileceğini vurgulamaktadır. Bununla birlikte, YKN'lerin kullanımı topografik araştırmanın kalitesini büyük ölçüde iyileştirerek hatayı birkaç santimetre mertebesine indirdiğini savunmuşlardır. Biri en alt noktaya monte edilmiş bir kamera ve ikincisi 20◦ açılı iki uçuştan elde edilen görüntülerin bir arada kullanılmasının, 3B modelin genel doğruluğunu ve özellikle dikey hassasiyeti artırmak için faydalı olduğunu bulmuşlardır.

Marangoz ve ark. (2019), tarafından geleneksel fotogrametri ile İHA fotogrametrisinin kıyaslaması yapılmıştır. Çalışmada veriler, 3245 hektarlık alana ait veri uçak ile 950m uçuş yüksekliğinden 80 MP kamera ile 9.50cm yer örnekleme aralığında üretilmiştir. Ayrıca 545 hektarlık alan da İHA ile 300m uçuş yüksekliğinden 24 MP kamera ile 5.50cm yer örnekleme aralığında üretilmiştir. Çalışma sonucunda YKN'ler ile yapılan analizde; her iki verinin görece yüksek doğrulukta olduğu fakat İHA ile üretilen verinin doğruluğunun daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Çağlayan (2020), veri üretim çalışmalarında sık kullanılan birkaç görüntü eşleme yazılımının konum doğruluğuna etkisini kıyaslamak adına; havadan lazer tarama yöntemiyle elde edilmiş verileri Agisoft, Pix4d ve ContextCapture yazılımlarında işleyerek sonuçlar değerlendirmiştir. Yapılan analizler neticesinde üç yazılımında küçük farklarla hata yaptığı ancak özellikle sayısal yüzey modelinde yapılan analizlerde Agisoft yazılımının daha başarılı olduğu belirtilmiştir.

Lamsters ve ark. (2020), çalışmalarında en büyük Arjantin adaları olan Batı Antarktika'nın ilk yüksek çözünürlüklü ortofoto haritalarını ve dijital yüzey

modellerini açıklamaktadır. 2018 Austral yazında küçük insansız hava aracı (İHA) ile hava araştırmaları yapmışlar ve 10.041 hava fotoğrafı ile bunu desteklemişlerdir. Doğruluk gereksinimleri, yer kontrol noktalarını (YKN'ler) kullanarak sağlamışlardır. Ortomozaik ve DSM'lerde ortalama 3,4 ve 6,8 cm/px çözünürlüğe ulaşmışlar ve RMS yansıtma hatası ortalama 0,22 m'dir. İncelenen adaların morfometrik parametrelerini açıklamışlar ve kutup koşullarında İHA'ların doğruluğu ve kullanımı ile ilgili konuları tartışmışlardır. Çalışmalarında, küçük ve düşük maliyetli İHA'ların, esas olarak buzlu arazide doğru ortomozaikler ve DSM'ler elde etmek için zorlu kutup koşullarında başarıyla kullanılabileceğini doğrulamışlardır. Üretilen tüm malzemeleri, buz örtüsü değişikliklerinin, bitki örtüsünün ve vahşi yaşam popülasyonlarının izlenmesi için kullanılabilecek bilimsel bir veri havuzunda tam çözünürlükte sunmuşlardır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1 Çalışma Alanının Tanıtılması ve Kullanılan Yazılım ve Donanım Özellikleri

Çalışma; Adıyaman İli, Merkez ilçesi, İndere Köyü sınırları içerisinde yer alan 20.20 hektarlık bir alanda gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı içerisinde tez konusuna uygun olarak düşük eğimli tarla alanları, kademeli arazi yapısı, yollar ile yüksek eğimli ve oyuntulu arazi yapısına sahip yamaç bölgeleri yer almaktadır.



Şekil 3.1:Çalışma alanının ülkedeki yeri

Sunulan çalışmada yapılan uygulamaların gerçekleştirildiği bilgisayara ait teknik özellikler aşağıda listelenmektedir.

• İşlemci : Intel® Core™ i7-1165G72.80 GHz

• Ekran Kartı :Paylaşımlı

• Bellek :16GB DDR4
• Hafıza : 512 GB SSD

Çalışmada, uçuş planı hazırlığı aşaması için DJI PILOT 2, yer kontrol noktalarının işaretlenmesi ve GNSS verileri ile değerlendirilmesi için Netcad 5.2, ortofotoların üretilmesi ve değerlendirilmesi için Pix4d yazılımı; ayrıca bazı tez görsellerini hazırlamak için ESRI ArcGIS 10.5yazılımı kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1 Uçuş Planı Hazırlanması

Uçuş planlaması, araştırmanın en önemli aşamalarından biridir. Başarılı bir çalışma için fotoğrafların hangi irtifadan, ne hızda ve hangi aralıklarla çekileceği, alanı temsil edecek şekilde kaç sütunun temsil edileceği ve sütun başına kaç fotoğraf çekileceği uçuş planlama aşamasında belirlenmelidir(Şenkal, 2018).Uçuş planı hazırlanırken amaç; elde edilecek veriye uygun parametrelerin seçimidir. Uçuş parametresi yerden örnekleme mesafesi (GSD), boyuna bindirme derecesi (p_x), enine bindirme derecesi (q_y) ve hat tasarımıyla ilgili bazı parametreleri içermektedir. İHA'nın havadaki hızı oldukça fazladır. Bu yüzden bitişik görüntünün pozlama aralığı kısadır. Görüntünün odak uzunluğunun ve diğer parametrelerin aynı olmasını sağlamak için İHA kamerası sabit odaklı şekilde fotoğraf çeker. Odak modu, alan derinliği kapsamındaki eksikliklerden bağımsız olarak, en derin alan aralığını alabilmesini, en uzak mesafedeki nesneyi ve netleme mesafesini netleştirebilmesini sağlamak için sonsuza ayarlanır. GSD, odak uzunluğuna, uçuş yüksekliğine ve piksel boyutuna bağlıdır. Literatürde yapılan incelemeler doğrultusunda İHA ile fotogrametrik harita üretiminde kullanılan yazılımların kullandıkları temel algoritmalar ve bu algoritmalara bağlı ara işlemler için bindirme oranları enine %80, boyuna %60 olmalıdır (Bemis ark., 2014).

Uçuştan önce yerel meteorolojik bilgileri ve hava koşullarını toplamak gerekir. Genel olarak, rüzgârsız güneşli günleri seçmek iyidir. Topografik harita verisi ve

uzaktan algılama görüntülü harita bilgisine göre test sahasının oluşumunda araziyi öğreniyoruz. Dağlar varsa, dağların yüksekliğinin uçuş güvenliğini etkileyip etkilemediğini değerlendirmesi gerekir. Kar varsa, karın görüntü kalitesini etkileyip etkilemediği sorgulanmalıdır(He ark., 2012).

Uçuş planı hazırlamada İHA'nın özelliğine göre faklı programlar kullanılmaktadır. Bu programların genelinde uçuş alanının görüntüsü Google Earth programı kullanılarak görülebilir ve uçuş yapılacak alanın sınırları bu program üzerinden doğru şekilde tespit edilebilir. Sınırları belirli alanda belirlenen uçuş yüksekliğine ve İHA üzerinde bulunan kameranın özelliğine göre fotogrametrik uçuş için resim çekilecek hattı belirleyen kolonlar oluşturulur. Belirlenen bindirme oranlarına bağlı olarak bu kolonlarda belirli aralıklarda fotoğraflar çekilir ve çekilen bu fotoğraflar SD karta kaydedilir(Çallı, 2021).

İHA destekli fotogrametrinin temel amacı, uçak kullanılarak gerçekleştirilen ve genellikle geniş alanlar için geçerli olan hava fotogrametri yöntemlerine göre küçük alanların daha kısa sürede yüksek hassasiyette fotoğraflarını çekmektir. Aynı zamanda İHA'ya entegre kameralar ile uygulama içerisinde beklenen doğruluk değerlerine göre belirli örtüşme oranları ve uçuş yükseklikleri dikkate alınarak görüntüler alınmaktadır. Bu fotoğraflar, fotogrametrinin nasıl çalıştığına bağlı olarak çeşitli yazılımlarda işlenir ve sonuç verileri üretilir(Kadı, 2021).

3.2.2 Yer Kontrol Noktası Tesis Edilmesi ve GNSS ile Ölçülmesi

Bir görüntünün veya stereonun dış yönü, görüntü ile nesne alanı arasındaki karşılık gelen ilişkiyi geometri dönüşümü aracılığıyla belirlenebilir. Dönüştürme parametresini doğrulamak için görüntüdeki bazı kontrol noktalarını ölçmemiz gerekiyor. Kontrol noktalarının tanınması için kontrol noktaları logosu özenle tasarlanmalı, uygun boyut ve şekle sahip olmalı, ön plan ve arka plan arasındaki kontrast yüksek olmalıdır(He ark., 2012).

İHA destekli fotogrametri yöntemleri ile elde edilen sayısal yükseklik modellerinin ve ortofoto haritaların yeryüzünün gerçek koordinatlarında yapılabilmesi

ve oluşan hataların giderilebilmesi için çalışma alanı içerisinde üniform dağılımlı YKN'ye ihtiyaç duyulmaktadır. Ek olarak, üretilecek ortofoto haritanın doğruluğunu analiz ederken test noktalarına ihtiyaç vardır(Kadı, 2021).

İnsansız hava aracı (İHA) uçuş ve ölçüm işleminde kontrol noktalarının yerlerinin hareket etmemesi için kontrol noktaları için dört köşenin yerlerini işaretlememiz gerekmektedir. Uçuştan sonra, kontrol noktalarını ölçmek için RTK kullandığımızda. Önceki işareti kontrol etmeli ve işaret noktalarının taşınıp taşınmadığına bakmalıyız. Taşınmışsa, saha ölçümünde açıklamalar için notlar almalıyız. Tüm görüntülerin kontrol noktaları RTK ile ölçülür. Kontrol noktaları için ölçüm hassasiyeti ve gereklilikler, "Pografik haritalara göre 1:500 1:1000 1:2000 aerofotogrametrik ofis işletimi için Spesifikasyonlar" GB/T7930 2008 uyarınca gerçekleştirilir(China National Standardization Management Committee, 2008). Tüm kontrol noktaları ölçüldüğünde numaralandırılmalı ve ofis operasyonunda iğne noktasının kolayca aranabilmesi için arazide fotoğraflanmalıdır(He ark., 2012).

Uçuş planlaması yapılan alanda planlanan haritanın nitelikleri göz önüne alınarak ve varsa ilgili mevzuata uygun uçuş yüksekliğine bağlı olarak fotoğraflarda görülebilecek boyutta yer noktaları tesis edilmelidir. Tesis edilen bu noktalar yine ilgili yönetmelikler ve hassasiyet doğrultusunda istenilen koordinat sisteminde 3 boyutlu koordinatları ölçülmelidir(Çallı, 2021).

Deneyde, yol kenarlarına ve çok insan bulunan yerlere işaret konulmaması gerektiği, çünkü bu kontrol noktalarının zarar görebileceği ve hatta kolayca hareket ettirilebileceği sonucuna vardık. İHA görüntüsündeki kontrol noktalarını kolayca bulabilmek ve ayrıca kontrol noktaları işaretlerinin güvenliğini etkin bir şekilde garanti altına almak için nispeten boş ve gizli bir yere koymamız gerekmektedir (He ark., 2012).

3.2.3 İHA ile Fotogrametrik Uçuş

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(Shervais ark., 2016).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(Özcan, 2017).Yer paylaşımlı fotoğraflar, milyonlarca 3B yüzeyde nokta bulutlarını görüntülemek için otomatik ve hızlı bir şekilde işlenir(Lowe, 2004).

Geleneksel hava fotogrametrisinde kullanılan uçaklardan farklı olarak İHA'lar, alçak irtifalarda nesnelere yakın uçma 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(Öztürkark., 2017).

Elde edilen ürünlerden, klasik fotogrametri ve İHA fotogrametrisinin matematiksel ve istatistiksel yöntemlerinde bazı farklılıklar bulunmaktadır. 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(Torun, 2017).

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(Fat, 2016).

İHA ile elde edilen veriler fotogrametri ile değerlendirilebilmekte ve değerlendirme verilerinden elde edilen SYM, nokta bulutu veya raster şeklinde oluşturularak çalışmanın özel ihtiyaçlarına göre kullanılabilmektedir. 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(Akgül ark., 2016).

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(Atak, 2018).

İHA fotogrametri yöntemi, hava fotogrametrisine benzeyen bir yönteme sahiptir. İHA fotogrametri işlem adımları;

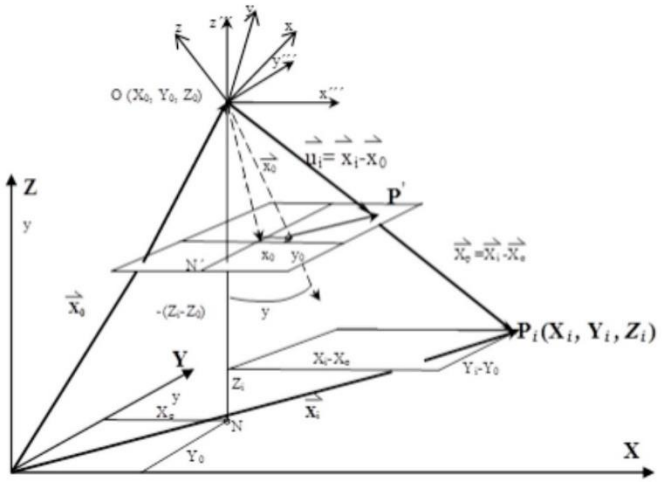
- Hava görüntülerinin alınması,
- Fotoğraf niteliklerini meydana getirme,
- Demet dengelemesi,
- Nokta bulutu,
- Rektifikasyon,
- Yüzey modeli,
- Görselleştirme olarak sıralanabilir(Atak, 2018).

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(Avşar, 2006).

3.2.4 Fotogrametri matematiksel Modeli

Fotogrametri bilimi yıllar içinde değişip gelişse de bilimin altında yatan matematiksel modeller değişmedi. Fotogrametrinin temel matematiksel modeli merkezi izdüşümdür. Fotoğraflardaki nesnelerin; görünüm, şekil, boyut, konum vb. özellikleri, merkezi izdüşüm, matematiksel ve geometrik özellikler kullanılarak kolayca belirlenebilir(Kılınçoğlu, 2016).

Matematiksel model, matematiksel ifadelerle ifade edilen vücut alanı koordinat sisteminin orta noktasının fiziksel oluşum ilkesidir(Duran, 2003). "Cisim uzay koordinat sistemi, noktaların X, Y, Z cisim koordinatlarını, resim koordinat sistemi x, y, z resim koordinatlarını gösteren sağ el Kartezyen koordinat sistemidir''(Gezmiş, 2017).



Şekil 3.2: Fotogrametri matematiksel modeli

Cisim uzayındaki bir noktayı temsil eden bir ışın, eş doğrusal duruma göre projektörün merkezinden düz bir çizgi boyunca gerçek resme yansıtılır. Yansıtılan görüntüyü yeniden konumlandırmak için iç yön ve dış yön parametrelerinin hesaplanması gerekmektedir(Kılınçoğlu, 2016).

3.2.5 İç yöneltme

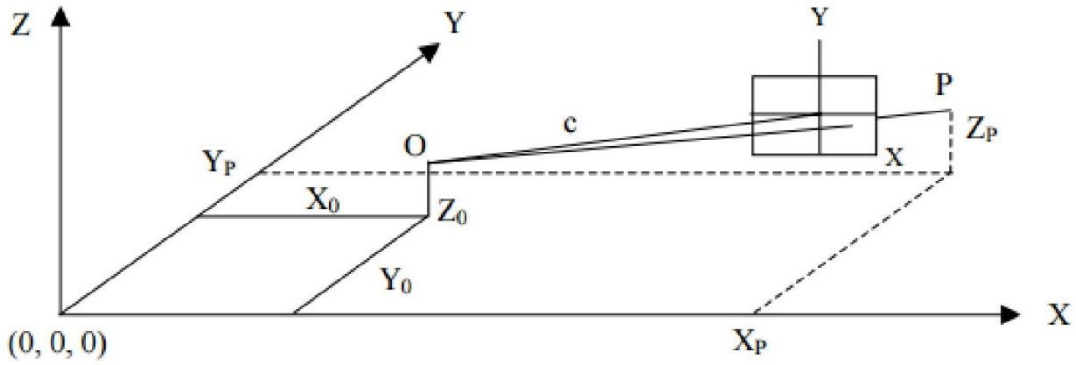
Fotogrametrik sistemdeki matematiksel problemi çözebilmek adına ilk olarak iç yöneltme işlemleri gerçekleştirilir(Gezmiş, 2017).Asal mesafe (odak) mesafesi 31 ile asal nokta koordinatlarının fotogrametri kamerasında iki boyutlu ayrıştırma işlemidir. Elde edilen odak değerleri ve koordinat değerleri ile projeksiyon ışını konumlandırılır(Çağlayan, 2020).

Bir dijital fotogrametri sistemindeki dahili yönlendirme, sistem kalibrasyon raporundaki kamera bilgileri tarafından tanımlanır. Diğer bir deyişle iç yönlendirme adımı, kamera parametrelerinin belirlenmesi işlemidir(Ulvi, 2015).Kalibrasyonun temel amacı, kamera sistemlerini en iyi ifade eden iç yönlendirme parametrelerini hesaplamaktır. İç yönlendirme işleminin tamamlanması ile fotoğraf ve piksel koordinat sistemi arasındaki ilişki kurulur veya benzer şekilde fotoğraf ile piksel arasındaki bağlantı birbirini işaret etmiş olur(Çağlayan, 2020).

3.2.6 Dış yöneltme

Dış yöneltme elemanları, iç yöneltme işlemleriyle kalibrasyon parametreleri çözümlemesi yapılarak bulunur (Gezmiş, 2017).‘’İç yöneltme elemanlarına ek olacak şekilde hesaplanmış olan izdüşüm merkezinin üç boyutlu koordinatları ve yine üç boyutlu eksen etrafındaki dönüklüklerin elde edilmesidir. Bu şekilde dış yöneltme’’(Çağlayan, 2020).

Bu iki adımın amacı, kameranın yönelim parametrelerini, yani asal noktanın uzunluğunu ve koordinatlarını belirlemek ve ardındanY0, X0 ve Z0 koordinatlarına sahip sabit istasyon noktasından, ω, ϕ, χ dönüklük değerleri kullanılarak çekilen fotoğrafların cisim uzay yerindeki koordinatlarının hesaplanmasıdır(Arpacı, 2013).



Şekil 3.3: Yersel fotogrametrik izdüşüm modeli

Fotogrametrinin matematiksel modelinde öncelikle kameranın iç yönelim parametreleri belirlenir. Dahili yönlendirme parametreleri anahtar nokta uzunluğu ve anahtar nokta koordinatlarıdır. Ardından, dış yönlendirme öğesinin hesaplanması gelir. Resim ile nesne uzayı koordinat sistemi arasındaki açısal ilişki, koordinat eksenleri arasındaki yön kosinüslerinden oluşan (3x3) bir ortogonal dönüşüm matrisi yoluyla belirlenir(Kılınçoğlu, 2016).Görüntü koordinat sisteminde P noktasının gerçek konumunu bulmak için görüntü vektörü aşağıdaki gibi olacaktır(Gezmiş, 2017).

$$P = \begin{vmatrix} x_p - x_0 \\ Y_p - Y_0 \\ 0 - c \end{vmatrix} \tag{3.1}$$

Burada x0, y0 ana nokta koordinatlarıdır, c odak uzaklığıdır. Kamera sonsuza odaklanmadığı sürece, ana nokta mesafesi odak uzaklığına eşit değildir. Bu durumda, ana noktaların uzunluk değerleri c'ye Δf kadar kaydırılır(Kılınçoğlu, 2016).

Cisim uzay koordinat sisteminde P noktasının konum vektörü,

$$P = \begin{vmatrix} x_p - x_0 \\ Y_p - Y_0 \\ Z_p - Z_0 \end{vmatrix} \tag{3.2}$$

Kolinearite eşitliğince, p resim ve P cisimsel vektörler arasındaki matematiksel bağıntı, P = k.D.P olup,

$$P = \begin{vmatrix} x_p - x_0 \\ Y_p - Y_0 \\ 0 - c \end{vmatrix} = k.D.P = \begin{vmatrix} x_p - x_0 \\ Y_p - Y_0 \\ Z_p - Z_0 \end{vmatrix} \tag{3.3}$$

şeklinde açılımı yapılır.

Resme ait koordinatların bilinen değerler olması haline cisim koordinatları,

$$k = \frac{1}{p}.D^T.P \tag{3.4}$$

$$P = \begin{vmatrix} x_p - x_0 \\ Y_p - Y_0 \\ 0 - c \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 \\ D^T \\ k \end{vmatrix} = P = \begin{vmatrix} x_p - x_0 \\ Y_p - Y_0 \\ Z_p - Z_0 \end{vmatrix} \tag{3.5}$$

Olarak bulunur. k ifadesi buradaki ölçek faktörünün kolinearite eşitliklerinde yer alan her bir ışın adına farklı farklı belirlenmelidir. Bu durumda meydana gelen matematiksel ifadeler içerisinden k ölçek faktörü yok edilirse,

$$f_1 = x - x_0 + c\frac{a_{11}(X-X_0)+a_{12}(Y-Y_0)+a_{13}(Z-Z_0)}{a_{31}(X-X_0)+a_{32}(Y-Y_0)+a_{33}(Z-Z_0)} \tag{3.6}$$

matematiksel ifadeleri elde edilir.

3.2.7 GNSS

Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (GNSS), sivil ve askeri gibi birçok çalışmada yaygın olarak kullanılan konumlandırma sistemlerinden biridir. GPS kullanan insan sayısı her geçen gün artmakta ve gelişmektedir(Koca ve Ceylan, 2018).

GNSS teknolojisi, dünyanın her yerindeki tüm hava koşullarında uydulardan alınan sinyallerle konum, hız ve zaman parametrelerinin küresel bir koordinat sistemine göre anlık ve yüksek doğrulukta belirlenmesini sağlayan bir navigasyon sistemidir(Koca ve Ceylan, 2018; Yıldız ve Kahveci, 2010).

GNSS teknolojisinin gelişmesiyle birlikte kullanılan ölçüm yöntemine bağlı olarak uydu tabanlı konumlama doğruluğu milimetre mertebesine ulaşmıştır. Bu durum konumsal bilgiyi üreten, kullanan ve bu bilgiyi ortofoto, koordinat, yüzey ve alan gibi çeşitli formatlarda disiplinlere altlık olarak sağlayan kartografik sektörün faaliyet alanının genişlemesine ve ilerlemesine katkı sağlamıştır. Bu şekilde tektonik hareketin belirlenmesi, ölçme ve haritalamanın daha aktif ve eğilimli alanlarından biri haline gelmiştir(Solak ve Tiryakioğlu, 2020).Dünyanın dört bir yanındaki uydulardan alınan sinyalleri kullanarak küresel bir koordinat sistemi (ITRF) yardımıyla her türlü hava koşulunda hız, konum ve zamanı anlık ve yüksek doğrulukla belirleyen bir navigasyon sistemidir(Yıldızve Kahveci, 2010).

Uydu Konumlandırma Sistemleri, İHA'lar, her türlü aracın navigasyonu, arama-kurtarma, uçakların görüşün sınırlı olduğu ya da hiç olmadığı iklim koşullarında güvenli iniş ve kalkışı, hedef bulma gibi askeri çalışmalarda, jeodezik ve jeodinamik araştırmalar, kadastral araştırmalar, GNSS desteği, fotogrametrik araştırmalar, deformasyon ölçmelerinde, araç takip sistemlerinde, gerçek zamanlı sabit GNSS (CORS) ağları ve Coğrafi Bilgi Sistemleri uygulamaları gibi birçok sivil uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Çağımızda hız, zaman ve konum belirlemek için kullanılmakta olan akla gelen ilk Uydu Konum Belirleme sistemleri aşağıdaki gibidir.

- GPS (ABD)
- IRNSS/GAGAN (HİNDİSTAN)
- GLONASS (RUSYA)
- QZSS (JAPONYA)
- GALLILEO (AVRUPA BİRLİĞİ)
- BEIDOU/COMPASS (ÇİN) olarak sınıflandırabilir(Koca ve Ceylan, 2018).

Bugün, üç sistem ana GPS servis sağlayıcıları olarak çalışmaktadır: Amerika Birleşik Devletleri (GPS), Avrupa Birliği (Galileo) ve Rusya (GLONASS). Japonya (QZSS), Çin (Compass/BeiDou) ve Hindistan (IRNSS/GAGAN/NAVIC) uluslararası ortamlarda söz sahibi olmak için çabalarını sürdürmektedir(Koca ve Ceylan, 2018)

CORS-TR sistemi 2006 yılında TÜBİTAK desteği ile İstanbul Kültür Üniversitesi (İKÜ), Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) ve Harita Genel Müdürlüğü (HGM) iş birliği ile kurulmuştur. Yani CORS-TR sistemi HGM, TKGM ve 146 sabit istasyondan oluşmaktadır. Bu sistem sayesinde bir GNSS alıcısının konumu anlık, hızlı, hassas ve ekonomik olarak belirlenebilmektedir(Selek, 2019).Yani Cors sistemi Türkiye'de belirli koordinatları kapsayan referans istasyonlarından alınan GNSS alıcı ölçümlerini kullanmaktadır. Alınan veriler kontrol merkezi tarafından hesaplanır ve konum gerçek zamanlı olarak GNSS alıcısına gönderilir(Kahveci, 2009).

Günümüzde GNSS verilerini işlemek ve koordinat bilgisi oluşturmak için birçok bilimsel ve ticari yazılım mevcuttur. Ancak bu yazılımları kullanmak belli bir deneyime sahip ve uzman personel gerektirmektedir. Bu nedenle, günümüzde kullanıcı dostu ve basit arayüze sahip, yüksek hassasiyette nokta konum belirleme özelliğine sahip web tabanlı çevrimiçi hizmetler geliştirilmektedir. Bu PPP tabanlı yazılımlara örnek olarak MagicGNSS, JPL-APPS veCSRSPPP verilebilir(Yiğit ark., 2016).

3.2.8 Görüntü Eşleme Matematiksel Modeli

Dijital görüntü eşleme, aynı sahneyi tanımlayan iki veya daha fazla dijital görüntü arasında otomatik olarak bir ilişki kurar. Bu tür ilişkileri oluşturmak için birçok görüntü eşleştirme yöntemi geliştirilmiş ve kullanılmıştır(Kraus, 1998).

İHA fotogrametrisinde, çeşitli görüntü eşleştirme yöntemleri kullanılarak yoğun nokta bulutlarından katı modeller oluşturulur. Bu yöntemler özellikle nesne detay çıkarımında çoklu görüntü ve fotoğrafların değerlendirilmesinin önemli olması nedeniyle öne çıkmaktadır. Dijital görüntü eşleme, en azından bir kısmı aynı alanı kaplayan iki veya daha fazla sayısal görüntüden elde edilen temel öğeler arasındaki bağıntıların otomatik olarak kurulmasıdır(Arslanbek, 2009). Günümüz görüntülerinin gri tonlama, piksel boyutu ve piksel sayısı gibi teknik özellikleri göz önüne alındığında, pikseller arasında doğrudan bire bir eşlemeye dayanan görüntü eşleme yapmaya çalışmak, beklenen performans açısından her durumda yeterli bir çözüm değildir(Güner, 2013; Potuckova, 2004). Görüntü eşleştirme için stereo görüntü üzerinde detay noktaları seçilmeli ve eşlenik noktalar optimal olarak belirlenmelidir(Acar, 2010). Bu nedenden görüntü eşleme için çeşitli yöntemlere başvurulmuştur(Çağlayan, 2020).

İHA'ların hava fotogrametrisine dahil edilmesiyle, fotogrametrik değerlendirme yazılımı buna uyum sağlayacak şekilde değişti. En önemli yazılımlardan biri de Pix4D yazılımıdır. Bu ve benzeri yazılımlar ile drone ile çekilen görüntülerin iletilmesi, yer kontrol noktalarının tespiti ve gereken değerlendirmelerin yapılması işlemleri kolaylaştırılmakta ve otomatikleştirilmektedir(Gençerk, 2016)

Dijital fotogrametrinin amacı, minimum insan müdahalesi ile dijital görüntülerden 2D veya 3D topografik ve tematik verileri çıkarmaktır. Dijital fotogrametride, karşılıklı ve mutlak yönelimi, fotogrametrinin ilkeleri analiz edilerek yapılır. Bunu otomatik olarak yapabilmek için üst üste bindirilmiş iki görüntüde aynı noktaları otomatik veya yarı otomatik olarak bulmak gerekir. Analog ve analitik stereo haritalama araçlarında olduğu gibi dijital fotogrametri sistemlerinde de stereo model

oluşturmak ve yer kontrol noktaları baz alınarak yerleştirmek, böylece istenen harita projeksiyon sistemini görüntülemek için gerekli oryantasyon işlemini yapmak zorunludur. Bir diorama oluşturmak için bir görüntüdeki alan, şekil veya nokta başka bir dijital görüntüde yer almalıdır. Bu araştırma sürecine görüntü eşleştirme denir. Görüntü eşleştirme, hemen hemen tüm görüntü analiz süreçlerinde önemli bir unsurdur(Varlık ark., 2009).

Büyük veri kümeleri için MultiviewStereo'dan (MVS) veya görüntüden yapısal model meydana getirme StructurefromMotion-SfM adlı bir yaklaşım düşünüldüğünde; veri setindeki görüntülerin özelliklerini otomatik olarak algılar ve görüntüleri eşleştirerek görüntülerden sanal bir sahne oluşturur. SFM; Bir nesnenin veya sahnenin farklı perspektiflerinden alınan görüntü setlerine dayalı olarak kamera parametreleriyle birlikte bir sahnenin üç boyutlu yapısını tahmin etmeyi amaçlayan bir algoritmadır(Yakar ve Doğan, 2017).

Günümüzde fotogrametri eğik ve dikey iki boyutlu (2B) görüntüler yardımıyla üç boyutlu nesneler veya arazi modelleri oluşturmakta ve geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu bilim dalı mühendislik, arkeoloji, madencilik, endüstri, taşınmaz değerleme gibi farklı mesleki alanlarında geleneksel yöntemlerin yerine geçmiş bulunmaktadır.Son zamanlarda 3B fotogrametrik modellerin CBS verileri ile entegre edilerek, 2B kadastro bilgisine üçüncü boyutu kazandırmış ve böylelikle kadastroda üçüncü boyutun eksikliğinden dolayı yaşanan tüm sorunlara son verilmiştir(Nasery, 2021).

Son zamanlarda üç boyutlu fotogrametrik modellerin CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) verileri ile entegre edilerek adeta bir devrim yaşanmıştır. Özellikle üç boyutlu kadastro konusunda, artık fotogrametri mülkiyet bilgisine üçüncü boyutu kazandırmış ve böylelikle fotogrametri sayesinde kadastroda üçüncü boyutun eksikliğinden dolayı yaşanan bütün sorunlara son verilmiştir. Bununla da kalmayıp artık dijital fotogrametri ile akıllı şehirlere doğru gidilmektedir. Yani mimari, CBS ve fotogrametrik verilerin entegre edilmesi şehirde mevcut olan bütün objeler üç boyutlu

fotogrametrik modelde sanal ortamda oluşturulmuş ve birçok çalışmada etkin olarak kullanılmıştır(Döner ve Bıyık, 2009).

3.2.9 Karesel Ortalama Hata Formülü

Karesel Ortalama Hata, yer kontrol ölçümleri veya dayanak verileri ile ortaya çıkan harita veya dijital yükseklik modeli arasındaki farkların toplamından hesaplanan ortalamasının karekökü olarak tanımlanır. Harita doğruluğu KOH ile hem yatay (konum) hem de dikey olarak test edilir. Konumsal doğruluk, X ve Y koordinatlarının yüksek hassasiyetli yatay kontrol noktası kullanılarak analiz edilirken, dikey doğruluk, Z değeri yüksekliği temsil eden iyi tanımlanmış bir noktanın dikey verisi kullanılarak hesaplanır. Karesel Ortalama Hata formülü(Kılınçoğlu, 2016);

$$m = \sqrt{\frac{\varepsilon_1^2+\varepsilon_2^2+\varepsilon_3^2+\varepsilon_4^2+\varepsilon_5^2+..+\varepsilon_n^2}{n}} \tag{3.7}$$

m=Karesel ortalama hata

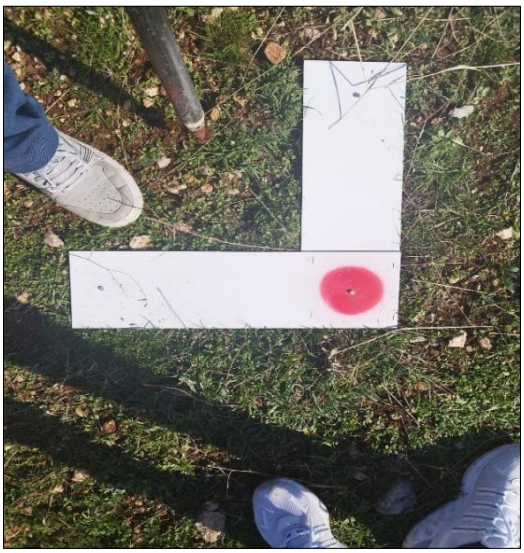
ε: Hesaplanan değer ile kesin değer farkları

n: ölçü sayısı

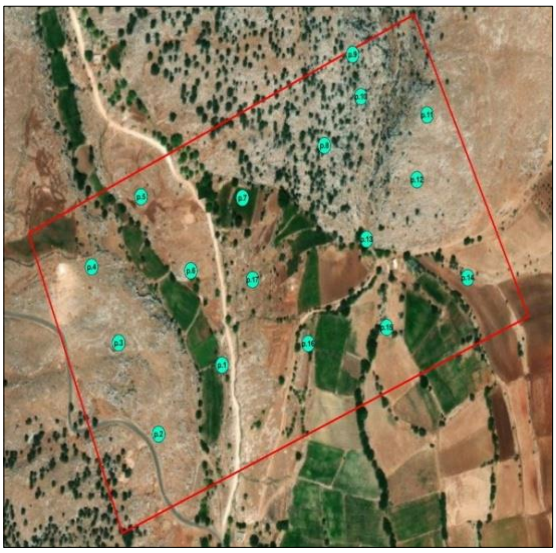
4 ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Yer Kontrol Noktası Tesis Edilmesi ve GNSS ile Ölçülmesi Uygulaması

Konum doğruluğunun sağlanması ve doğruluğunun analiz edilmesi amacıyla saha içerisine 17 adet nokta işaretlenmiştir. İşaretlenen noktalar, 15x60 ebadında iki adet dikdörtgen plakanın bir noktada kesiştirilmesi ve çivilerle zemine sabitlenmesi biçiminde hazırlanmıştır (Şekil 4.1). Noktaların zemin yerleri seçilirken, noktaların havadan görünür olmasına ve mümkün olduğu kadar tez konusuna uygun olacak biçimde homojen ve farklı yapılı bölgeleri temsil etmesine dikkat edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 4.1: Arazide işaretlenen nokta görünümü



Şekil 4.2: Arazide işaretlenen noktaların konumları

Araziye işaretlenmiş olan noktaların koordinat ölçümleri FOIF A60 model GNSS algılayıcı tarafından CORS yöntemi ile her nokta için tek okuma olmak üzere 30 saniyelik okumalar şeklinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen koordinatlar, GRS 1980 elipsoid datumunda 3 derecelik Türkiye Ulusal Referans Sisteminde 39. Dilim Orta Boylamında Epok 2005'te projeksiyonlanmış (ITRF 96 TM39 EPSG:5257) koordinatların ölçülmesi işlemi ile elde edilmiştir.

4.2. Uçuş Planlarının Hazırlanması ve Uçuşların Gerçekleştirilmesi

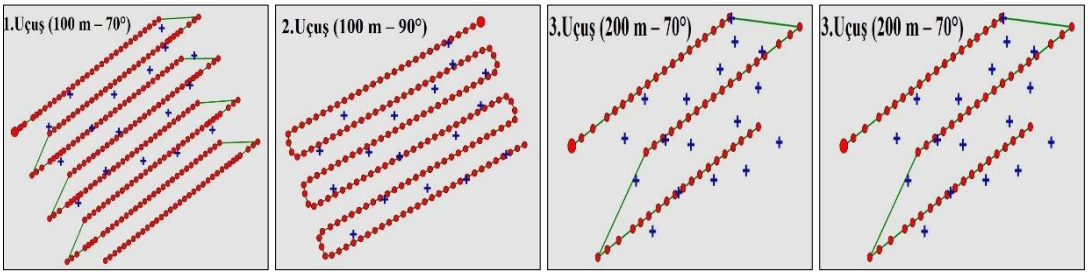
Çizelge 4.1 Kullanılan İHA Teknik Özellikleri

Maksimum Kalkış Ağırlığı	1050 gr
Maksimum Rüzgar Direnci	12 m/s
Uçuş Tavanı	6000 m
Maksimum Uçuş Süresi	45 dakika
Maksimum Açısal Hız	200°/s (Eğim)
Gezinme Doğruşuğu	± 0.3'/0.1 m Dikey Görüş Konumlandırmalı ± 1.0'/0.3 m Yatay Görüş Konumlandırmalı ± 1.6'/0.5 m GPS'li Dikey ± 1.6'/0.5 m GPS'li Yatay ± 0.3'/0.1 m RTK'lı Dikey ± 0.3'/0.1 m RTK'lı Yatay
GNSS Desteği	GSP, GLONASS, BeiDou, Gelileo
Kamera Sensör Tipi	4/3"- Tipi CMOS Sensör
Sensör Çözünürlüğü	20 MP
Odak Uzaklığı	24mm (35 mm Eşdeğeri)
Görüş Alanı	84°
Maksimum Açıklık	f/11
Minimum Açıklık	f/2.8

Uçuş planı, fotogrametri yöntemi ile yapılacak uçuşların öncesinde hazırlanması gereken ve sonuç beklentilerine göre hazırlanan ön planlardır. Burada uçuş yükseklikleri, kamera düşey açıları, fotoğraf enine ve boyuna bindirme oranları gibi bilgiler belirlenir. Uçuşlar DJI Mavic 3 Enterprise İHA ile uçuş planları DJI PILOT 2 ara yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada, uçuş yükseklikleri 100 metre ve 200 metre olarak belirlenmiştir. Ayrıca her yükseklik değeri için düşey 90° ve 70° kamera açıları seçilerek toplamda 4 adet uçuş planı tasarlanmıştır. Her uçuş planı için %60 enine bindirme ve %80 boyuna

bindirme değerleri seçilmiştir. Verilen teknik değerlere göre 4 uçuş için hazırlanan uçuş planlarının İHA içerisine nakledilmesi ile diğer parametreler de İHA içi yazılımlar aracılığıyla optimize edilerek yüklenmiştir. Tüm bu düzenlemelerin ardından gerçekleştirilen uçuşlarda 100 metre yükseklik ve 70° kamera açısına ayarlanan uçuş (1. Uçuş) 16 dakika, 100 metre yükseklik ve 90° kamera açısına ayarlanan uçuş (2. Uçuş) 13 dakika, 200 metre yükseklik ve 70° kamera açısına ayarlanan uçuş (3. Uçuş) 9 dakika ve 200 metre yükseklik ve 90° kamera açısına ayarlanan uçuş (4. Uçuş) 8 dakika sürmüştür. Uçuşlar sırasında havanın güneşli ve gölge boyunun az olmasına dikkat edilmiştir. Çekilen fotoğraflar İHA bünyesinde yer alan harici disk üzerine kaydedilerek bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Gerçekleştirilen uçuşlar sonucunda 1. uçuş için 265 adet, 2. Uçuş için 179 adet, 3. Uçuş için 56 adet ve 4. Uçuş için 64 adet fotoğraf çekilmiştir. Hazırlanan uçuş planlarına göre üretilen fotoğraf çekim noktaları ve kontrol noktaları aşağıda gösterilmiştir.



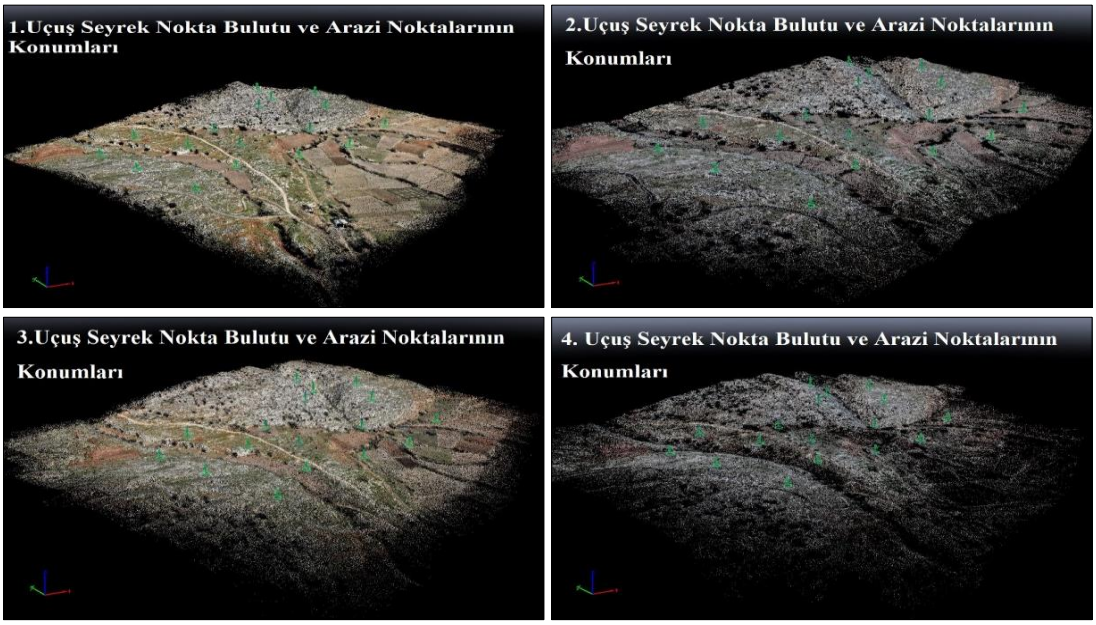
Şekil 4.3: Fotoğraf çekim noktaları ve arazi noktaları

• Fotoğraf Çekim Noktaları, ✚Arazi Noktaları, ____Uçuş Güzergahı

4.3. Görüntülerin Değerlendirilmesi

Uçuşlara ait fotoğraflar ve Arazide işaretlenen noktalara ait koordinat değerleri görüntü eşleme işleminin yapılacağı bilgisayarda her uçuş için ayrı ayrı açılan klasörlere kaydedilmiştir. Pix4d yazılımında her uçuş için projeler açılarak fotoğraflar ve arazi noktalarına ait koordinatlar yüklenmiştir. Çıktı koordinat sistemi olarak arazi noktalarının da projeksiyon türü olan TUREF TM 39 seçeneği seçilmiştir. Bu sayede çıktı veriler ile elimizdeki koordinat değerlerinin kıyaslanması kolay olacaktır. Birincil eşleme aşamasında anahtar noktaları görüntü ölçeği 1/1 olarak seçilmiştir ve yazılımın "3D harita" modülüne göre işlem başlatılmıştır. Daha sonra tüm bu seçilen proje

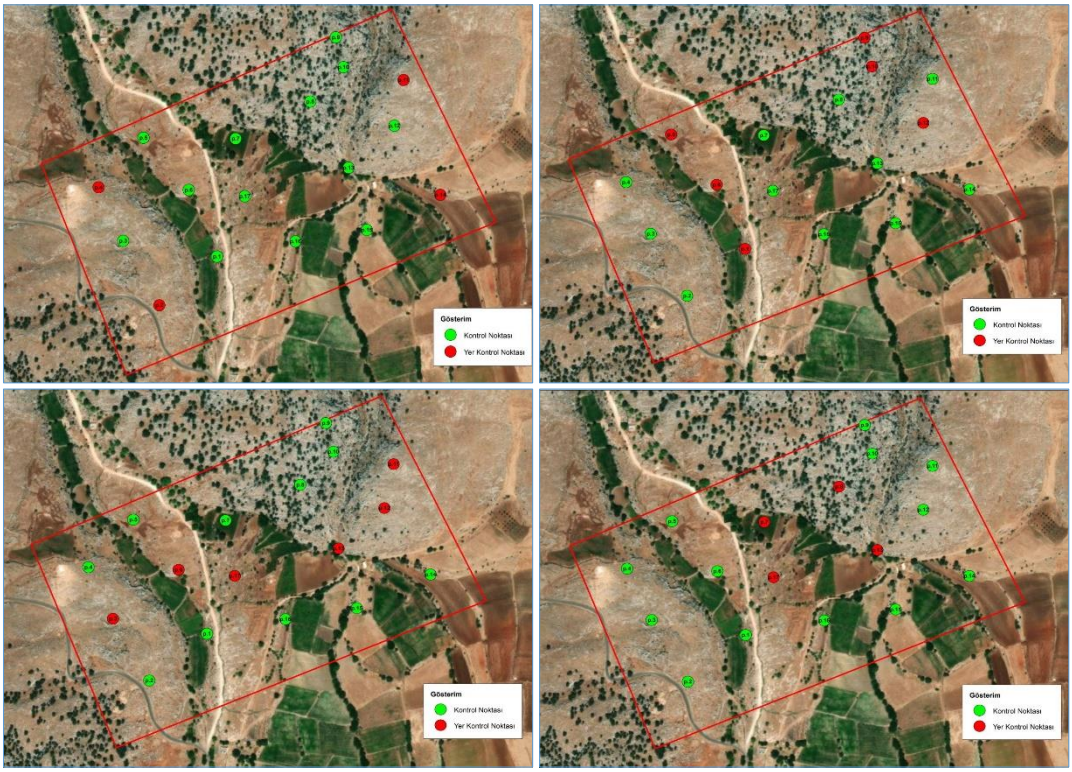
tercihleri sonucunda 1. Uçuş için; çekilen 265 fotoğrafın tamamı kalibre edilmiş olup 3.29 cm/piksel yer örnekleme aralığı değeri elde edilmiştir. Ayrıca fotoğraf başına 74695 adet anahtar noktası tespit edilmiş ve işleme alınan ve optimize edilen kamera parametreleri arasında %2.51 rölatif fark değeri hesaplanmıştır ki bu değer %5'in altındadır. 2. Uçuş için; çekilen 179 fotoğrafın tamamı kalibre edilmiş olup 2.88 cm/piksel yer örnekleme aralığı değeri elde edilmiştir. Ayrıca fotoğraf başına 78480 adet anahtar noktası tespit edilmiş ve işleme alınan ve optimize edilen kamera parametreleri arasında %2.33 rölatif fark değeri hesaplanmıştır ki bu değer %5'in altındadır. 3. Uçuş için; çekilen 56 fotoğrafın tamamı kalibre edilmiş olup 5.87 cm/piksel yer örnekleme aralığı değeri elde edilmiştir. Ayrıca fotoğraf başına 75044 adet anahtar noktası tespit edilmiş ve işleme alınan ve optimize edilen kamera parametreleri arasında %2.60 rölatif fark değeri hesaplanmıştır ki bu değer %5'in altındadır. Son olarak 4. Uçuş için; çekilen **64** fotoğrafın tamamı kalibre edilmiş olup 5.74 cm/piksel yer örnekleme aralığı değeri elde edilmiştir. Ayrıca fotoğraf başına 81330 adet anahtar noktası tespit edilmiş ve işleme alınan ve optimize edilen kamera parametreleri arasında %2.63 rölatif fark değeri hesaplanmıştır ki bu değer de %5'in altındadır. Birincil eşleme aşaması sonucunda oluşan seyrek nokta bulutlarına ait görseller aşağıdaki gibidir;



Şekil 4.4: Uçuşların seyrek nokta bulutu ve arazi noktalarının konumları

4.4. Yer Kontrol Noktalarının Yazılım İçerisinde Değerlendirilmesi

Birincil eşleme işleminden üretilen matematiksel değerlerin fotogrametri bilimi açısından güvenirliliğinin yeterli düzeyde olduğu kalite raporunda anlaşılmıştır. Daha sonra konum doğruluğunun sağlanması amacıyla arazideki kontrol noktalarına ait koordinat değerleri yazılıma tanıtılmıştır. Bu noktaların bazıları verinin koordinatlandırılması amacıyla yer kontrol noktası (YKN), bazıları ise doğruluğun test edilmesi amacıyla kontrol noktası (KN) olarak belirlenmiştir. Bu durum, nokta dağılımının arazi yapısına göre yatay ve düşey farklılıkları göz önünde bulundurularak 4 farklı şekilde gerçekleştirilmiştir. Yer kontrol noktaları tercihleri yapılırken; 1. durumda, arazinin dört farklı köşesinde bulunan dört adet kenar noktası seçilmiştir (P.2, P.4, P.11 ve P.14) ve diğer noktaları kontrol noktası olarak tanıtılmıştır (P.1, P.3, P.5, P.6, P.7, P.8, P.9, P.10, P.12, P.13, P.15, P.16, P.17). 2. durumda arazide görece daha az homojen olan ve düşey iki kolon halinde dağılan altı adet nokta seçilmiştir (P.1, P.5, P.6, P.9, P.10, P.12) ve diğer noktaları kontrol noktası olarak tanıtılmıştır (P.2, P.3, P.4, P.7, P.8, P.11, P.13, P.14, P.15, P.16, P.17). Nokta tercihlerinin 4 farklı seçimi aşağıda gösterildiği gibidir. 3. durumda arazinin orta kısmında enine bir hat halinde geçme eğilimi gösteren noktalar seçilmiştir (P.3, P.6, P.11, P.12, P.13, P.17) ve diğer noktaları kontrol noktası olarak tanıtılmıştır (P.1, P.2, P.4, P.5, P.7, P.8, P.9, P.10, P.14, P.15, P.16). Son olarak 4. Durumda ise noktalar arazinin orta kısmında yer alan ve görece birbirine en yakın bağıl konuma sahip olan dört adet nokta seçilmiştir (P.7, P.8, P.13, P.17) ve diğer noktaları kontrol noktası olarak tanıtılmıştır (P.1, P.2, P.3, P.4, P.5, P.6, P.9, P.10, P.11, P.12, P.14, P.15, P.16). Bu aşamada yer kontrol noktası dağılımının ve sayısının konum doğruluğuna etkisinin değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Tüm bu işlem adımlarının ardından seçilen yer kontrol noktaları ve kontrol noktalarının çalışma alanı üzerindeki görünümü aşağıdaki gibi oluşmuştur.



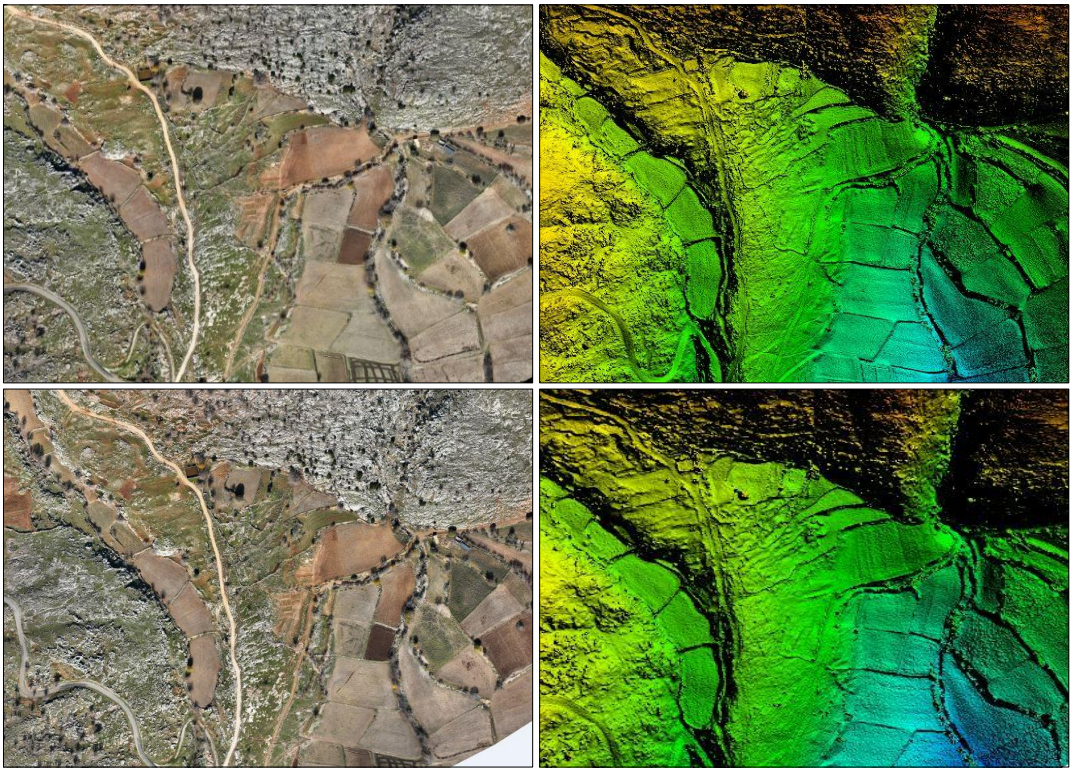
Şekil 4.5: Sahaya döşenen arazi noktaları

Ayrıca arazi işaretlenmelerinin yazılım üzerinde gerçekleştirildiği bu aşamada, zemine işaretlenen noktaların kaydedilen fotoğraflardaki görünümü de doğruluğu etkileyen bir kıstas olduğu bilinmektedir. Görünümün azlığı ve kısıtlılığı kullanıcıya bağlı hata oranını arttıracak ve genel konum doğruluğu hesabına etki edecektir. Fotoğraf işaretlemeleri aşamasında kaydedilen nokta görünümü aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.6: Arazi noktalarının ortofotolar üzerindeki görünümü

Noktaların özellikle 100 metre sabit yükseklikten çekilen fotoğraflarda oldukça okunaklı olduğu, 200 metre sabit yükseklikten çekilen fotoğraflarda da yeterince okunaklı olduğu görülmektedir. Bu durumun kullanıcıya bağlı hatayı en aza indireceği düşünülmektedir. Tüm bu işlemlerin ardından her uçuş için sayısal yüzey modelleri ve ortofotolar üretilmiştir.



Şekil 4.7: Üretilen ortofoto ve sayısal yüzey modelleri

4.5. Doğruluk Analizi

Her bir uçuş planı için ve her bir durum için hazırlanan projelerde arazi noktaları tanıtılmış olup projeler, hata oranlarının hesaplanması için yeniden optimize edilerek her bir durum için kalite raporları üretilmiştir. İlk olarak, 100 metre sabit yükseklikten düşey 70° kamera açısıyla çekilen fotoğrafların "1.durum" YKN seçimlerine göre dengelenmesiyle oluşan veri üzerinde kontrol noktalarının doğruluğu analiz edilmiştir.

Çizelge 4.2 100 m uçuş yüksekliği ve 70° kamera açısı 1. uçuş 1. durum doğruluk analizi

100 m Uçuş Yüksekliği ve 70° Kamera Açısı (1. Uçuş)			
P.2, P.4, P.11, P.14 Yer Kontrol Noktaları (1. Durum)			
Kontrol Noktası	**Dx**	**Dy**	**Dz**
P.1	0.00	0.03	0.02
P.3	-0.01	0.02	-0.01
P.5	-0.07	0.01	-0.02
P.6	-0.04	0.06	-0.02
P.7	-0.02	0.02	-0.04
P.8	-0.02	-0.03	0.09
P.9	0.00	0.04	-0.05
P.10	-0.01	0.00	0.03
P.12	0.00	0.02	-0.01
P.13	-0.04	0.01	-0.02
P.15	-0.04	0.01	-0.04
P.16	0.02	0.00	0.01
P.17	0.02	0.02	-0.03
Ort(m)	**0.03**	**0.02**	**0.03**
Koh(m)	**0.04**	**0.04**	**0.05**

Yapılan hesaplamalar sonucunda karesel ortalama hatanın X yönünde 0.04m, Y yönünde 0.04m ve Z yönünde 0.05 m olduğu görülmüştür.Daha sonra 100 metre sabit yükseklikten düşey 70° kamera açısıyla çekilen fotoğrafların "2.durum" YKN seçimlerine göre dengelenmesiyle oluşan veri üzerinde kontrol noktalarının doğruluğu analiz edilmiştir.

Çizelge 4.3 100 m uçuş yüksekliği ve 70° kamera açısı 1. uçuş 2. durum doğruluk analizi

100 m Uçuş Yüksekliği ve 70° Kamera Açısı (1. Uçuş)			
P.1, P.5, P.6, P.9, P.10, P.12 Yer Kontrol Noktaları (2. Durum)			
Kontrol Noktası	**Dx**	**Dy**	**Dz**
P.2	-0.06	0.03	0.05
P.3	-0.01	0.02	0.06
P.4	0.03	0.03	0.07
P.7	-0.01	0.01	-0.09
P.8	0.02	0.00	-0.03
P.11	-0.03	0.02	-0.03
P.13	-0.06	0.03	-0.08
P.14	-0.06	0.01	-0.04
P.15	-0.06	0.00	-0.09
P.16	-0.04	0.00	-0.03
P.17	-0.02	0.02	-0.07
Ort (m)	**0.03**	**0.01**	**0.05**
Koh (m)	**0.05**	**0.03**	**0.06**

Yapılan hesaplamalar sonucunda karesel ortalama hatanın X yönünde 0.05 m, Y yönünde 0.03 m, ve Z yönünde 0.06 m olduğu görülmüştür.Daha sonra 100 metre sabit yükseklikten düşey 70° kamera açısıyla çekilen fotoğrafların “3.durum” YKN seçimlerine göre dengelenmesiyle oluşan veri üzerinde kontrol noktalarının doğruluğu analiz edilmiştir.

Çizelge 4.4 100 m uçuş yüksekliği ve 70° kamera açısı 1. uçuş 3. durum doğruluk analizi

100 m Uçuş Yüksekliği ve 70° Kamera Açısı (1. Uçuş)			
P.3, P.6, P.11, P.12, P.13, P.17 Yer Kontrol Noktaları (3. Durum)			
Kontrol Noktası	**Dx**	**Dy**	**Dz**
P.1	-0.02	0.04	-0.04
P.2	-0.06	0.01	-0.08
P.4	0.03	0.02	0.00
P.5	-0.02	0.01	-0.03
P.7	0.00	0.00	-0.05
P.8	0.01	-0.01	-0.01
P.9	0.04	0.05	-0.06
P.10	-0.01	0.02	0.01
P.14	-0.05	0.00	-0.03
P.15	-0.03	0.01	-0.07
P.16	-0.01	0.00	-0.05
Ort (m)	**0.02**	**0.01**	**0.03**
Koh (m)	**0.04**	**0.03**	**0.05**

Yapılan hesaplamalar sonucunda karesel ortalama hatanın X yönünde 0.04 m, Y yönünde 0.03 m ve Z yönünde 0.05 m olduğu görülmüştür.Daha sonra 100 metre sabit yükseklikten düşey 70° kamera açısıyla çekilen fotoğrafların "4.durum" YKN seçimlerine göre dengelenmesiyle oluşan veri üzerinde kontrol noktalarının doğruluğu analiz edilmiştir.

Çizelge 4.5 100 m uçuş yüksekliği ve 70° kamera açısı 1. uçuş 4. durum doğruluk analizi

100 m Uçuş Yüksekliği ve 70° Kamera Açısı (1. Uçuş)			
P.7, P.8, P.13, P.17 Yer Kontrol Noktaları (4. Durum)			
Kontrol Noktası	**Dx**	**Dy**	**Dz**
P.1	-0.02	0.03	-0.05
P.2	-0.08	0.02	-0.06
P.3	-0.03	0.02	-0.04
P.4	0.00	0.01	-0.01
P.5	-0.03	0.01	-0.03
P.6	-0.05	0.05	-0.02
P.9	0.02	0.05	-0.05
P.10	0.00	0.00	0.04
P.11	-0.05	0.02	0.04
P.12	0.01	0.02	0.05
P.14	-0.02	0.01	0.07
P.15	-0.04	0.04	-0.01
P.16	-0.02	0.01	-0.03
Ort(m)	**0.03**	**0.02**	**0.04**
Koh(m)	**0.05**	**0.04**	**0.05**

Yapılan hesaplamalar sonucunda karesel ortalama hatanın X yönünde 0.05 m, Y yönünde 0.04 m ve Z yönünde 0.05 m olduğu görülmüştür.Daha sonra 100 metre sabit yükseklikten düşey 90° kamera açısıyla çekilen fotoğrafların "1.durum" YKN seçimlerine göre dengelenmesiyle oluşan veri üzerinde kontrol noktalarının doğruluğu analiz edilmiştir.

Çizelge 4.6 100 m uçuş yüksekliği ve 70° kamera açısı 2. uçuş 1. durum doğruluk analizi

100 m Uçuş Yüksekliği ve 90° Kamera Açısı (2. Uçuş)			
P.2, P.4, P.11, P.14 Yer Kontrol Noktaları (1. Durum)			
Kontrol Noktası	**Dx**	**Dy**	**Dz**
P.1	-0.02	0.01	-0.10
P.3	0.00	-0.01	-0.01
P.5	-0.04	0.00	-0.07
P.6	-0.03	0.06	-0.07
P.7	-0.01	0.00	-0.10
P.8	0.00	0.00	-0.08
P.9	0.02	0.02	-0.09
P.10	-0.02	0.01	-0.04
P.12	0.00	0.01	0.01
P.13	-0.06	0.02	-0.06
P.15	-0.03	0.02	-0.08
P.16	-0.01	-0.04	-0.08
P.17	0.01	0.02	-0.10
Ort(m)	**0.02**	**0.02**	**0.07**
Koh(m)	**0.04**	**0.04**	**0.07**

Yapılan hesaplamalar sonucunda karesel ortalama hatanın X yönünde 0.04 m, Y yönünde 0.04 m ve Z yönünde 0.07 m olduğu görülmüştür.Daha sonra 100 metre sabit yükseklikten düşey 90° kamera açısıyla çekilen fotoğrafların “2.durum” YKN seçimlerine göre dengelenmesiyle oluşan veri üzerinde kontrol noktalarının doğruluğu analiz edilmiştir.

Çizelge 4.7 100 m uçuş yüksekliği ve 70° kamera açısı 2. uçuş 2. durum doğruluk analizi

100 m Uçuş Yüksekliği ve 90° Kamera Açısı (2. Uçuş)			
P.1, P.5, P.6, P.9, P.10, P.12 Yer Kontrol Noktaları (2. Durum)			
Kontrol Noktası	**Dx**	**Dy**	**Dz**
P.2	-0.02	0.00	0.12
P.3	0.02	0.01	0.13
P.4	-0.01	0.06	0.09
P.7	-0.02	0.01	-0.14
P.8	-0.02	0.02	-0.07
P.11	0.00	0.00	0.07
P.13	-0.08	0.02	-0.13
P.14	-0.01	0.00	-0.02
P.15	-0.05	0.04	-0.14
P.16	-0.04	0.02	-0.12
P.17	-0.01	0.04	-0.13
Orta(m)	**0.02**	**0.02**	**0.09**
Koh(m)	**0.04**	**0.04**	**0.08**

Yapılan hesaplamalar sonucunda karesel ortalama hatanın X yönünde 0.04 m, Y yönünde 0.04 m ve Z yönünde 0.08 m olduğu görülmüştür.Daha sonra 100 metre sabit yükseklikten düşey 90° kamera açısıyla çekilen fotoğrafların "3.durum" YKN seçimlerine göre dengelenmesiyle oluşan veri üzerinde kontrol noktalarının doğruluğu analiz edilmiştir.

Çizelge 4.8 100 m uçuş yüksekliği ve 70° kamera açısı 2. uçuş 3. durum doğruluk analizi

100 m Uçuş Yüksekliği ve 90° Kamera Açısı (2. Uçuş)			
P.3, P.6, P.11, P.12, P.13, P.17 Yer Kontrol Noktaları (3. Durum)			
Kontrol Noktası	**Dx**	**Dy**	**Dz**
P.1	-0.02	0.01	-0.09
P.2	0.00	0.03	-0.04
P.4	-0.02	0.04	-0.06
P.5	-0.03	0.01	-0.09
P.7	-0.03	-0.01	-0.10
P.8	0.00	-0.01	-0.02
P.9	0.01	0.02	-0.05
P.10	0.01	0.00	-0.03
P.14	0.01	-0.02	-0.13
P.15	-0.01	0.00	-0.11
P.16	0.02	0.00	-0.13
Ort(m)	**0.01**	**0.01**	**0.07**
Koh(m)	**0.03**	**0.03**	**0.07**

Yapılan hesaplamalar sonucunda karesel ortalama hatanın X yönünde 0.03 m, Y yönünde 0.03 m ve Z yönünde 0.07 m olduğu görülmüştür. Daha sonra 100 metre sabit yükseklikten düşey 90° kamera açısıyla çekilen fotoğrafların "4.durum" YKN seçimlerine göre dengelenmesiyle oluşan veri üzerinde kontrol noktalarının doğruluğu analiz edilmiştir.

Çizelge 4.9 100 m uçuş yüksekliği ve 70° kamera açısı 2. uçuş 4. durum doğruluk analizi

100 m Uçuş Yüksekliği ve 90° Kamera Açısı (2. Uçuş)			
P.7, P.8, P.13, P.17 Yer Kontrol Noktaları (4. Durum)			
Kontrol Noktası	**Dx**	**Dy**	**Dz**
P.1	-0.04	-0.01	0.01
P.2	-0.02	-0.02	0.12
P.3	0.02	0.00	0.12
P.4	-0.03	-0.01	0.13
P.5	-0.04	0.01	0.07
P.6	-0.04	0.04	0.13
P.9	0.00	0.06	0.05
P.10	-0.03	0.02	0.03
P.11	0.00	0.02	0.00
P.12	-0.01	0.03	-0.05
P.14	0.03	0.02	-0.07
P.15	-0.01	0.02	-0.06
P.16	-0.02	0.01	-0.14
Ort(m)	**0.02**	**0.02**	**0.08**
Koh(m)	**0.04**	**0.04**	**0.08**

Yapılan hesaplamalar sonucunda karesel ortalama hatanın X yönünde 0.04 m, Y yönünde 0.04 m ve Z yönünde 0.08 m olduğu görülmüştür. Daha sonra 200 metre sabit yükseklikten düşey 70° kamera açısıyla çekilen fotoğrafların "1.durum" YKN seçimlerine göre dengelenmesiyle oluşan veri üzerinde kontrol noktalarının doğruluğu analiz edilmiştir.

Çizelge 4.10 200 m Uçuş Yüksekliği ve 70° Kamera Açısı 3. uçuş 1. durum doğruluk analizi

200 m Uçuş Yüksekliği ve 70° Kamera Açısı (3. Uçuş)			
P.2, P.4, P.11, P.14 Yer Kontrol Noktaları (1. Durum)			
Kontrol Noktası	**Dx**	**Dy**	**Dz**
P.1	0.07	-0.01	-0.05
P.3	-0.10	0.06	-0.09
P.5	-0.12	0.05	-0.14
P.6	-0.03	0.13	-0.11
P.7	0.04	0.00	-0.10
P.8	-0.04	-0.09	-0.09
P.9	0.06	0.03	-0.04
P.10	0.01	-0.08	0.04
P.12	-0.07	-0.01	-0.12
P.13	-0.01	0.03	-0.11
P.15	-0.04	0.07	-0.14
P.16	-0.05	-0.07	-0.05
P.17	0.04	0.03	-0.13
Ort(m)	**0.05**	**0.05**	**0.09**
Koh(m)	**0.06**	**0.06**	**0.08**

Yapılan hesaplamalar sonucunda karesel ortalama hatanın X yönünde 0.06 m, Y yönünde 0.06 m ve Z yönünde 0.08 m olduğu görülmüştür. Daha sonra 200 metre sabit yükseklikten düşey 70° kamera açısıyla çekilen fotoğrafların "2.durum" YKN seçimlerine göre dengelenmesiyle oluşan veri üzerinde kontrol noktalarının doğruluğu analiz edilmiştir.

Çizelge 4.11 200 m Uçuş Yüksekliği ve 70° Kamera Açısı 3. uçuş 2. durum doğruluk analizi

200 m Uçuş Yüksekliği ve 70° Kamera Açısı (3. Uçuş)			
P.1, P.5, P.6, P.9, P.10, P.12 Yer Kontrol Noktaları (2. Durum)			
Kontrol Noktası	**Dx**	**Dy**	**Dz**
P.2	-0.06	0.06	0.08
P.3	-0.03	0.11	0.04
P.4	0.09	0.00	0.09
P.7	0.08	0.04	-0.15
P.8	0.02	-0.06	-0.08
P.11	-0.02	0.04	0.01
P.13	0.00	0.06	-0.07
P.14	0.00	0.06	-0.10
P.15	0.01	0.07	-0.08
P.16	-0.04	-0.02	-0.11
P.17	0.05	0.05	-0.13
Orta(m)	**0.03**	**0.04**	**0.07**
Koh(m)	**0.05**	**0.06**	**0.07**

Yapılan hesaplamalar sonucunda karesel ortalama hatanın X yönünde 0.05 m, Y yönünde 0.06 m ve Z yönünde 0.07 m olduğu görülmüştür. Daha sonra 200 metre sabit yükseklikten düşey 70° kamera açısıyla çekilen fotoğrafların "3.durum" YKN seçimlerine göre dengelenmesiyle oluşan veri üzerinde kontrol noktalarının doğruluğu analiz edilmiştir.

Çizelge 4.12 200 m uçuş yüksekliği ve 70° kamera açısı 3. uçuş 3. durum doğruluk analizi

200 m Uçuş Yüksekliği ve 70° Kamera Açısı (3. Uçuş)			
P.3, P.6, P.11, P.12, P.13, P.17 Yer Kontrol Noktaları (3. Durum)			
Kontrol Noktası	**Dx**	**Dy**	**Dz**
P.1	-0.03	-0.05	0.01
P.2	-0.08	0.01	0.00
P.4	0.04	0.04	-0.13
P.5	-0.08	0.05	-0.10
P.7	0.05	0.02	-0.14
P.8	-0.01	-0.06	-0.11
P.9	0.08	0.04	-0.09
P.10	0.05	-0.06	0.04
P.14	0.00	0.01	-0.05
P.15	-0.04	0.03	-0.03
P.16	-0.04	-0.04	0.04
Ort(m)	**0.04**	**0.03**	**0.06**
Koh(m)	**0.05**	**0.05**	**0.07**

Yapılan hesaplamalar sonucunda karesel ortalama hatanın X yönünde 0.05 m, Y yönünde 0.05 m ve Z yönünde 0.07 m olduğu görülmüştür. Daha sonra 200 metre sabit yükseklikten düşey 70° kamera açısıyla çekilen fotoğrafların "4.durum" YKN seçimlerine göre dengelenmesiyle oluşan veri üzerinde kontrol noktalarının doğruluğu analiz edilmiştir.

Çizelge 4.13 200 m uçuş yüksekliği ve 70° kamera açısı 3. uçuş 4. durum doğruluk analizi

200 m Uçuş Yüksekliği ve 70° Kamera Açısı (3. Uçuş)			
P.7, P.8, P.13, P.17 Yer Kontrol Noktaları (4. Durum)			
Kontrol Noktası	**Dx**	**Dy**	**Dz**
P.1	-0.09	-0.09	-0.02
P.2	-0.08	-0.05	0.03
P.3	-0.06	0.03	0.01
P.4	-0.01	-0.05	0.06
P.5	-0.04	0.06	0.01
P.6	0.00	0.05	-0.01
P.9	0.00	0.14	0.04
P.10	-0.03	-0.05	0.06
P.11	-0.06	0.10	0.06
P.12	-0.12	0.03	-0.02
P.14	-0.04	0.03	-0.08
P.15	-0.05	0.06	-0.12
P.16	-0.04	-0.06	-0.04
Ort(m)	**0.05**	**0.06**	**0.04**
Koh(m)	**0.06**	**0.07**	**0.06**

Yapılan hesaplamalar sonucunda karesel ortalama hatanın X yönünde 0.06 m, Y yönünde 0.07 m ve Z yönünde 0.06 m olduğu görülmüştür. Daha sonra 200 metre sabit yükseklikten düşey 90° kamera açısıyla çekilen fotoğrafların "1.durum" YKN seçimlerine göre dengelenmesiyle oluşan veri üzerinde kontrol noktalarının doğruluğu analiz edilmiştir.

Çizelge 4.14 200 m uçuş yüksekliği ve 90° kamera açısı 4. uçuş 1. durum doğruluk analizi

200 m Uçuş Yüksekliği ve 90° Kamera Açısı (4. Uçuş)			
P.2, P.4, P.11, P.14 Yer Kontrol Noktaları (1. Durum)			
Kontrol Noktası	**Dx**	**Dy**	**Dz**
P.1	-0.02	-0.03	0.08
P.3	-0.05	0.08	-0.07
P.5	-0.10	0.06	-0.06
P.6	-0.07	0.12	-0.01
P.7	-0.03	0.05	0.03
P.8	-0.03	-0.02	0.01
P.9	0.04	0.03	-0.14
P.10	0.01	-0.03	0.07
P.12	-0.06	0.05	0.00
P.13	0.08	0.02	0.07
P.15	0.06	0.01	0.08
P.16	0.01	0.07	0.14
P.17	0.03	0.07	0.06
Ort(m)	**0.05**	**0.05**	**0.06**
Koh(m)	**0.06**	**0.06**	**0.07**

Yapılan hesaplamalar sonucunda karesel ortalama hatanın X yönünde 0.06 m, Y yönünde 0.06 m ve Z yönünde 0.07 m olduğu görülmüştür. Daha sonra 200 metre sabit yükseklikten düşey 90° kamera açısıyla çekilen fotoğrafların "2.durum" YKN seçimlerine göre dengelenmesiyle oluşan veri üzerinde kontrol noktalarının doğruluğu analiz edilmiştir.

Çizelge 4.15 200 m uçuş yüksekliği ve 90° kamera açısı 4. uçuş 2. durum doğruluk analizi

200 m Uçuş Yüksekliği ve 90° Kamera Açısı (4. Uçuş)			
P.1, P.5, P.6, P.9, P.10, P.12 Yer Kontrol Noktaları (2. Durum)			
Kontrol Noktası	**Dx**	**Dy**	**Dz**
P.2	-0.08	-0.01	0.12
P.3	-0.02	0.04	0.00
P.4	0.07	-0.04	-0.01
P.7	0.03	0.04	-0.05
P.8	-0.04	0.03	0.00
P.11	-0.03	0.05	0.05
P.13	0.03	0.00	-0.02
P.14	0.05	0.01	0.13
P.15	0.03	-0.01	0.10
P.16	-0.04	0.02	0.08
P.17	0.03	0.04	0.00
Ort(m)	**0.03**	**0.02**	**0.04**
Koh(m)	**0.05**	**0.04**	**0.06**

Yapılan hesaplamalar sonucunda karesel ortalama hatanın X yönünde 0.05 m, Y yönünde 0.04 m ve Z yönünde 0.06 m olduğu görülmüştür. Daha sonra 200 metre sabit yükseklikten düşey 90° kamera açısıyla çekilen fotoğrafların "3.durum" YKN seçimlerine göre dengelenmesiyle oluşan veri üzerinde kontrol noktalarının doğruluğu analiz edilmiştir.

Çizelge 4.16 200 m uçuş yüksekliği ve 90° kamera açısı 4. uçuş 3. durum doğruluk analizi

200 m Uçuş Yüksekliği ve 90° Kamera Açısı (4. Uçuş)			
P.3, P.6, P.11, P.12, P.13, P.17 Yer Kontrol Noktaları (3. Durum)			
Kontrol Noktası	**Dx**	**Dy**	**Dz**
P.1	0.01	-0.05	0.09
P.2	-0.07	-0.04	0.12
P.4	0.07	-0.04	-0.10
P.5	-0.04	0.02	-0.06
P.7	0.01	0.01	-0.09
P.8	0.00	-0.03	0.12
P.9	0.05	-0.01	-0.09
P.10	0.05	-0.06	0.13
P.14	0.04	-0.03	0.12
P.15	-0.01	-0.04	0.11
P.16	0.00	-0.01	0.09
Ort(m)	**0.03**	**0.03**	**0.09**
Koh(m)	**0.05**	**0.05**	**0.08**

Yapılan hesaplamalar sonucunda karesel ortalama hatanın X yönünde 0.05 m, Y yönünde 0.05 m ve Z yönünde 0.08 m olduğu görülmüştür. Daha sonra 200 metre sabit yükseklikten düşey 90° kamera açısıyla çekilen fotoğrafların "4.durum" YKN seçimlerine göre dengelenmesiyle oluşan veri üzerinde kontrol noktalarının doğruluğu analiz edilmiştir.

Çizelge 4.17 200 m uçuş yüksekliği ve 90° kamera açısı 4. uçuş 4. durum doğruluk analizi

200 m Uçuş Yüksekliği ve 90° Kamera Açısı (4. Uçuş)			
P.7, P.8, P.13, P.17 Yer Kontrol Noktaları (4. Durum)			
Kontrol Noktası	**Dx**	**Dy**	**Dz**
P.1	-0.03	-0.06	-0.04
P.2	-0.09	-0.03	-0.09
P.3	-0.07	-0.01	-0.06
P.4	0.02	-0.07	-0.06
P.5	-0.05	0.01	-0.02
P.6	-0.06	0.04	-0.06
P.9	0.04	0.14	-0.08
P.10	0.02	0.00	0.07
P.11	-0.05	0.09	-0.11
P.12	-0.08	0.08	-0.10
P.14	0.00	0.04	-0.08
P.15	-0.03	0.01	-0.02
P.16	-0.04	0.02	-0.01
Ort(m)	**0.05**	**0.05**	**0.06**
Koh(m)	**0.06**	**0.06**	**0.07**

Yapılan hesaplamalar sonucunda karesel ortalama hatanın X yönünde 0.06 m, Y yönünde 0.06 m ve Z yönünde 0.07 m olduğu görülmüştür.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışma, İHA Fotogrametrisinin arazi modellemesi kabiliyetini yatay ve düşey konum doğruluğu açısından değerlendirmiştir. Adıyaman ili Merkez ilçesi İndere Köyü sınırları içerisinde yer alan ve arazi karakteristiği olarak içerisinde düzlük, yamaçlık, oyuntulu ve kademeli bölümler bulunduran 20.20 hektarlık bir alanda 100 metre ve 200 metre sabit yüksekliklerden, düşey 90° ve 70° kamera açılı hava fotoğrafları elde etmek amacıyla dört uçuş gerçekleştirilmiştir. Konum doğruluğunun ve doğruluğun kontrolünün sağlanması amacıyla araziye 17 adet nokta işaretlenmiştir. Bu noktalar arasından yer kontrol noktası olacak noktalar, arazi tipi ve iki boyutlu konumları göz önünde bulundurularak sayıca ve biçimce dört farklı şekilde tasarlanmıştır. Sonuçların değerlendirilmesi üç şekilde gerçekleştir. İlk olarak, elde edilen hata değerlerinin yatay konum doğrulukları değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.1 Yatay yönde karesel ortalama hata çizelgesi

Yatay Yönde Konum Hatası ($\sqrt{(Dx^2+Dy^2)}$)					
KOH (m)	1. Uçuş	2. Uçuş	3. Uçuş	4. Uçuş	Ortalama
1. Durum	0.06	0.05	0.09	0.09	0.07
2. Durum	0.06	0.06	0.08	0.07	0.07
3. Durum	0.05	0.04	0.07	0.06	0.06
4. Durum	0.06	0.06	0.09	0.08	0.07
Ortalama	0.06	0.05	0.08	0.08	

Sonuçlar incelendiğinde, tüm sonuçların birbirine yakın olduğu ve aralarında çok küçük farklar olduğu görülmektedir. Kamera açısı yönünden bakıldığında, sadece 100 metre yükseklikten gerçekleştirilen 1. ve 2. uçuş arasında fark bulunmaktadır. Burada 90° açıyla fotoğraf çekimi yapılan 2. uçuşun daha az hata değerinde sahip olduğu görülmüştür. Uçuş yüksekliği açısından değerlendirildiğinde, 100 metre yükseklikten gerçekleştirilen 1.ve 2. uçuşlardaki hata değerlerinin 200 metre

yükseklikten gerçekleştirilen 3. ve 4. uçuşlardaki hata değerlerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Yer kontrol noktalarının dağılımı yönünden değerlendirildiğinde ise 6 adet yer kontrol noktasından oluşan ve sahanın tümüne yatay bir hat biçiminde yerleştirilen tasarımın en az hataya sahip olduğu görülmüştür. Diğer tüm tasarımların santimetre hassasiyetinde aynı hata değerine sahip olduğu görülmüştür. Sonuçlar her yönden incelendiğinde ise yatay konum doğruluğu açısından en başarılı sonucun 2. uçuşun 3. durum tasarımında elde edildiği görülmüştür. Daha sonra, elde edilen hata değerlerinin yatay konum doğrulukları değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.2 Düşey yönde karesel ortalama hata çizelgesi

Düşey Yönde Konum Hatası (Dz)					
KOH (m)	1. Uçuş	2. Uçuş	3. Uçuş	4. Uçuş	Ortalama
1. Durum	0.05	0.07	0.08	0.07	0.07
2. Durum	0.06	0.08	0.07	0.06	0.07
3. Durum	0.05	0.07	0.07	0.08	0.07
4. Durum	0.05	0.08	0.06	0.07	0.07
Ortalama	0.05	0.08	0.07	0.07	

Düşey yöndeki karesel ortalama hata değerleri çizelgesi incelendiğinde, sonuçların yine birbirine yakın olduğu görülmektedir. Kamera açısı yönünden bakıldığında, sadece 100 metre yükseklikten gerçekleştirilen 1. ve 2. uçuş arasında fark bulunmaktadır. Burada 70° açıyla fotoğraf çekimi yapılan 2. uçuşun daha az hata değerinde sahip olduğu görülmüştür. Uçuş yüksekliği açısından değerlendirildiğinde, 100 metre yükseklikten gerçekleştirilen 1.ve 2. uçuşlardaki hata değerlerinin 200 metre yükseklikten gerçekleştirilen 3. ve 4. uçuşlardaki hata değerlerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Yer kontrol noktalarının dağılımı yönünden değerlendirildiğinde ise düşey yönde belirgin bir fark değeri hesaplanamamıştır. Sonuçlar her yönden incelendiğinde ise 100 metre yükseklik ve 70° açıyla gerçekleştirilen 1. uçuşun tüm durumlarda diğer uçuş ve durumlardan başarılı olduğu

görülmüştür. Yalnızca 2. durumda 4. uçuş ile aynı hata değerine sahip olduğu görülmüştür.

Son Olarak elde edilen hata değerlerinin üç yönde konum doğrulukları değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.3 Üç boyutta karesel ortalama hata çizelgesi

Üç Boyutta Konum Hatası ($\sqrt{(Dx^2+Dy^2+Dz^2)}$)					
KOH (m)	1. Uçuş	2. Uçuş	3. Uçuş	4. Uçuş	Ortalama
1. Durum	0.08	0.09	0.12	0.11	0.10
2. Durum	0.09	0.10	0.11	0.09	0.10
3. Durum	0.07	0.08	0.10	0.10	0.09
4. Durum	0.08	0.10	0.11	0.11	0.10
Ortalama	0.08	0.09	0.11	0.10	

Üç yöndeki karesel ortalama hata değerleri çizelgesi incelendiğinde ise sonuçların beklendiği gibi yatay ve düşey hatalara paralellik gösterdiği görülmektedir. Tüm sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, en başarılı sonucun 0.07 m hata değeri ile 100 metre yükseklikten ve 90° açıyla gerçekleştirilen uçuşun, 3.durum yer kontrol noktası tasarımı ile koordinat düzeltme işlemi yapılmasıyla elde edilen ortofotoda bulunduğu görülmüştür. En başarısız sonucun ise 0.12 m hata değeri ile 200 metre yükseklikten 70° açıyla gerçekleştirilen uçuşun, 1.durum yer kontrol noktası tasarımı ile koordinat düzeltme işlemi yapılmasıyla elde edilen ortofotoda bulunduğu görülmüştür. Özetle, uçuş yüksekliğinin konum doğruluğunu her yönde etkilediği, kamera açısının düşey yöndeki doğruluğu daha fazla etkilediği ve yer kontrol noktası tasarımının, fotoğraflarda bulunma oranı yeterli miktarda oldukça doğruluğa çok etki etmediği bulgularından bahsedilebilir. Ayrıca hata değerleri arasındaki en büyük farkın 0.05 m olduğu düşünüldüğünde tüm sonuçların arazi modellemesi ve konum doğruluğu açısından eşit ölçekli çalışmalarda benzer başarıya sahip olduğu görülmektedir.

Genel olarak çalışma sonuçlarının, konunun birçok açıdan ele alınmasını mümkün kılmasıyla birlikte hazırlanan tez çalışmasının amacını da karşıladığı düşünülmektedir. Gelecek çalışmalarda;

- Farklı bölgelerden seçilen farklı yüzey tiplerinin benzer uçuş şartlarına ve yer kontrol noktası dağılımına göre konum doğruluğuna etkisi,
- Yapılan çalışmanın düşey düzlemde konum doğruluğunun değerlendirilmesi,
- Kullanıcıya bağlı hataların azaltılması açısından RTK (Gerçek Zamanlı Kinematik) ve PPK (Sonradan işlem Kinematiği) yöntemlerinin aynı konulardaki başarısının kıyaslanması,
- Uçuşa ait ve diğer parametrelerin seçimi konusunda yapay zekâ çalışmalarının gerçekleştirilmesi,
- Oblik uçuşlarda çift yönlü ızgara ve tek yönlü ızgara güzergâh tipinin model oluşturmadaki etkileri gibi konular değerlendirilmelidir.

Sonuç olarak, teknoloji ile fotogrametri alanındaki ilerleme birbirine paralellik göstermektedir. Yüksek maliyetli uçaklar yerine insansız hava araçları ile elde edilen görüntüler mühendislik çalışmalarında değerlendirilmeye oldukça elverişlidir. İHA'lardan faydalanılarak büyük ölçekli harita ve 3 boyutlu modelli üretiminin daha kolay ve ucuz bir biçimde gerçekleştirileceğinin görülmektedir. Üretilen verilerin kalitesi, hizmet edeceği çalışmaların da kalitesini arttırmaktadır. Veriye ait en önemli kalite unsurlarından birisi konum doğruluğudur. Yüksek konum doğruluğuna sahip veriler, altlık olduğu proje ve analiz çalışmalarının başarısını arttıracaktır. Bu bağlamda yapılan çalışmanın veri kalitesini arttırmaya yönelik anlamlı sonuçlar ürettiği ve sonraki çalışmalara ortam yarattığı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Acar, A. Z. (2010). Lojistik Yeteneklerin, Strateji-Performans İlişkisi Üzerindeki Rolü: KOBİ'ler Üzerinde Bir Saha Araştırması. *Atatürk Üniversitesi İktiasadi ve İdari Bilimler Dergisi, 24*, 1 – 21.

Akay S.S. ve Özcan O. (2017). Volumetric Comparison of UavBased Point Clouds Generated from Various Softwares. *International Symposium on GIS Applications in Geography and Geosciences*.

Akgül M., Yurtseven H., Demir M., Akay A.E., Gülci S., Öztürk T. (2016). *"İnsansız Hava Araçları ile Yüksek Hassasiyette Sayısal Yükseklik Modeli Üretimi ve Ormancılıkta Kullanım Olanakları."*

Arpacı, K. E. (2013). Düşük Maliyetli Fotogrametrik Sistemlerin Küçük Objelerin 3 Boyutlu Modellenmesi Çalişmalarinda Kullanim Olanakları. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*.

Arslanbek, L. (2009). Farklı Kaynaklardan Elde Edilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Ortofoto Doğruluğuna Etkilerinin Araştırılması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi Fotogrametri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*.

Atak, H. (2018). İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI KULLANARAK ORTOFOTO HARİTA ÜRETİMİ VE DOĞRULUK ANALİZLERİ. *GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ Yüksek Lisans Tezi*. http://forschungsunion.de/pdf/industrie_4_0_umsetzungsempfehlungen.pdf%0A https://www.dfki.de/fileadmin/user_upload/import/9744_171012-KI-Gipfelpapier-online.pdf%0Ahttps://www.bitkom.org/ sites/default/files/ pdf/Presse/Anhaenge-an-PIs/ 2018/180607 -Bitkom-KPM

Avdan, U., Şenkal, E., Çömert, R. ve Tuncer, S. (2014). *ANALİZİ the Accuray Analysis of Data Which Generated By Unmanned Aerial*. 14–17.

Avşar E. (2006). Tarihi köprülerin Dijital Fotogrametri Tekniği Yardımıyla Modellenmesi. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*.

Beg, A. A. (2018). *3 Boyutlu Modellemede Yersel Lazer Tarama ve İnsansız Hava*

Araçları Verilerinin Entegrasyonu ve Kilistra Antik Kenti Örneği. (Yüksek Lisans Tezi. Konya).

Bemis S. P., Micklethwaite S., T. D., & James M. R., Akciz S., Thiele S. T., B. H. A. (2014). "Ground-based and UAVBased photogrammetry: A multi-scale, high resolution mapping tool for structural geology and paleoseismology." *Journal of Structural Geology*, *69*.

Çağlayan, U. (2020). *İHA VERİLERİ TEMELİNDE AGISOFT, CONTEXT CAPTURE VE PIX4D GÖRÜNTÜ EŞLEŞTİRME YAZILIMLARININ 3B KONUM DOĞRULUĞU ANALİZİ*. http://clik.dva.gov.au/rehabilitation-library/1-introductionrehabilitation%0Ahttp://www.scirp.org/journal/doi.aspx?DOI=10.4236/as.2017.81005%0Ahttp://www.scirp.org/journal/PaperDownload.aspx?DOI=10.4236/as.2012.34066%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.pbi.2013.02.0c

Çallı, R. (2021). İHA SĠSTEMLERİ İLE ELDE EDĠLEN ORTOFOTO HARİTALARIN DOĞRULUK DEĞERLENDĠRMESİ. *Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*.

Çelik, M. Ö., Yakar, İ., Hamal, S. N. G., Oğuz, G. M., ve Kanun, E. (2020). Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi-2020; 2(1); 22-27 Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi Sfm Tekniği ile Oluşturulan 3B Modellerin Kültürel Mirasın Belgelenmesi Çalışmalarında Kullanılması: Gözne Kalesi Örneği The Use of 3D Models Obtained by The U. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, *2*(1), 22–27. https://dergipark.org.tr/tr/pub/mihad

Ceylan, M., Döner, F. ve Özdemir, S. (2014). İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin Veri Toplama ve Haritalama Çalışmalarında Kullanımı. *Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*.

China National Standardization Management Committee. (2008). "Specifications for Aerophotogrammetric Office Operation of 1:500 1:1000 1:2000 Topographic Maps. *China Standards Press*.

Cryderman C., Mah S. and Shufletoski A. (2014). Evaluation of UAV Photogrammetric Accuracy for Mapping and Earthworks Computations. *Geomatica, 68*(4), 309-317.

Döner, F. ve Bıyık, C. (2009). Üç Boyutlu Nesnelerin Konumsal Veritabanında Yönetimi. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, *100*, 27-33.

Duran, Z. (2003). Tarihi eserlerin fotogrametrik olarak belgelenmesi ve coğrafi bilgi sistemine aktarılması. *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı Doktora Tezi*.

Eisenbeiss, H. (2003). Positions und Orientierungsbestimmung eines autonomen Helikopters - Vergleich zwischen direkter Georeferenzierung und Aerotriangulation mit Videobilddaten. *Institute for Photogrammetry and Remote Sensing, University of Technology, Master Thesis.*

Eisenbeiß H. (2009). 2009, UAV Photogrammetry. *ETH Zurich for the Degree of Doctor of Science*.

Eltner A., Kaiser A., Abellan A. and Schindewolf M. (2017). Time Lapse Structure-From-Motion Photogrammetry for Continuous Geomorphic Monitoring. *Earth Surface Processes and Landforms, 42*, 2240–2253.

Erden, Ö. (2006). Hava Fotoğrafları ve Uydu Görüntüleri ile Dijital Ortofoto Üretimi ve Kentsel Gelişimin İzlenmesi, Enstitüsü, Trabzon. *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Yüksek Lisans Tezi*.

ERDOĞAN, A., KABADAYI, A., ve AKIN, E. S. (2021). Kültürel Mirasın Fotogrametrik Yöntemle 3B Modellenmesi: Karabıyık Köprüsü Örneği. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, *3*(1), 23–27. https://doi.org/10.51534/tiha.911147

Fat, M. (2016). *TESPİTİ Orthophoto Generation and Automatic Tree Detection From Uav Images in Urban Areas*.

Gençerk, E.Y. (2016). İNSANSIZ HAVA ARACI FOTOGRAMETRİSİ UYGULAMASI İLE İNŞAAT PROJESİ İMALAT DURUMUNUN ARAŞTIRILMASI. *İtü Yüksek Lisans Tezi*. file:///Users/andreataquez/Downloads/guia-plan-de-mejora-institucional.pdf%0Ahttp://salud.tabasco.gob.mx/content/revista%0Ahttp://www.revistaalad.com/pdfs/Guias_ALAD_11_Nov_2013.pdf%0Ahttp://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v66n3.60060.%0Ahttp://www.cenetec.

Gezmiş, Ö. (2017). YERSEL ÖLÇÜM VE FOTOGRAMETRİK ALIM YÖNTEMİ İLE YAPILAN HALİHAZIR HARİTALARIN KIYASLANMASI. *İller Bankası Uzmanlık Tezi*.

Güner, S. (2013). Hareketli Platformlarla Fotogrametrik Hacim Hesabı Üzerine Bir

Çalışma. *Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*.

He, J., Li, Y., and Zhang, K. (2012). Research of UAV Flight Planning Parameters. *Positioning*, *03*(04), 43–45. https://doi.org/10.4236/pos.2012.34006

Kadı, A. D. (2021). İHA ile Ortofoto Harita Üretimi ve Duyarlılığın İrdelenmesi: KTÜ Kampüs Alanı. *KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ YÜKSEK LİSANS TEZİ*.

Kahveci, M. (2009). Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları. *Zerpa Turizm Yayıncılık, 2. Baskı, Ankara*, 168.

Karachaliou E., G. E. (2019). UAV for mapping historic buildings;from 3D modelling to BIM. The International Archives of the Photogrammetry. *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 397–402.

Karakış, S. (2012). İnsansız Hava Aracı Yardımıyla Büyük Ölçekli Fotogrametrik Harita Üretim Olanaklarının Araştırılması. *Harita Dergisi*, *147*, 13-20.

Karkınlı A E, Kesikoğlu A, Kesikoğlu M H, Atasever U H, Ozkan C, Ç. P. ve E, B. (2015). İnsansız Hava Araçları ile Sayısal Arazi Modeli Üretimi. *TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu*.

Kılınçoğlu, D.B. (2016). FARKLI İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI İLE ELDE EDİLEN GÖRÜNTÜLERİN OTOMATİK FOTOGRAMETRİK YÖNTEMLERLE DEĞERLENDİRİLMESİ VE DOĞRULUK ANALİZİ. *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26849997%0Ahttp://doi.wiley.com/10.1111/jne.12374

Koca, B., ve Ceylan, A. (2018). Uydu Konum Belirleme Sistemlerindeki (GNSS) Güncel Durum ve Son Gelişmeler. *Geomatik*, *3*(1), 63–73. https://doi.org/10.29128/geomatik.348331

Kraus, K. (1998). Digital Orthophotos In Connection With GIS. *Symposium On Digital Photogrammetry*.

Lamsters, K., Karušs, J., Krievāns, M., and Ješkins, J. (2020). High-resolution orthophoto map and digital surface models of the largest Argentine Islands (the Antarctic) from unmanned aerial vehicle photogrammetry. *Journal of Maps*, *16*(2), 335–347. https://doi.org/10.1080/17445647.2020.1748130

Lowe D. (2004). “Distinctive image features from scale-invariant keypoints.” *International Journal of Computer Vision*, *60*, 91–110.

Manfreda, S., Dvorak, P., Mullerova, J., Herban, S., Vuono, P., Arranz Justel, J. J. and Perks, M. (2019). Assessing the accuracy of digital surface models derived from optical imagery acquired with unmanned aerial systems. *Drones*, *3*(1), 15.

Marangoz, A. M., Karakış, S. ve Numan, A. B. (2019). Geleneksel Fotogrametri ile İnsansız Hava Aracı (İHA) Verilerinin Kullanılan Kamera ve Sonuç Ürünleri Bakımından Karşılaştırılması. *17. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, *2010*, 25–27.

Nasery, M. N. (2021). ÜÇ BOYUTL ARAZİ MODELLEMESİNDE YER KONTROL NOKTALI VE NOKTASIZ ÜRETİMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI. *ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI Yüksek Lisans Tezi*.

Nex, F. and R. F. (2014). UAV for 3D mapping applications: a review. *Applied Geomatics*, *6*(1), 1–15.

Niethammer , U., James, M.R., Rothmund, S., Travelletti, J. and Joswing, M. (2012). UAV-based remote sensing of the Super-Sauze landslide : Evaluation and results. *Engineering. Geology*, *128*, 2–11.

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.

Özcan, O., ve Akay, S. S. (2016). *İNSANSIZ Hava Araci İha)İle FarkliYüksekliklerdenÜretilen Sayisal YüzeModellerinin (Sym) DoğruluAnalizi*. 5–7.

Özcan O. ve Akay S.S. (2018). Modeling Morphodynamic Processes in Meandering Rivers with UAV-Based Measurements. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium*.

Özemir, I., & Uzar, M. (2016). *İHAİleFotogrametrikVeriÜretimi*. 972.

ÖZTÜRK, O., Bilgilioğlu, B. B., ÇELİK, M. F., BİLGİLİOĞLU, S. S., ve ULUĞ, R. (2017). İnsanız Hava Aracı (İHA) Görüntüleri İle Ortofoto Üretiminde Yükseklik Ve Kamera Açısının Doğruluğa Etkisinin Araştırılması. *Geomatik*, *2*(3), 135–

142. https://doi.org/10.29128/geomatik.327049

Potuckova, M. (2004). Image Matching and Its Applications in Photogrammetry. *Aalborg Universitet, Aalborg: Institut for Samfundsudvikling Og Planlægning PhD Thesis.*

Pradeep Kumar, G., and Sridevi, B. (2020). Development of Efficient Swarm Intelligence Algorithm for Simulating Two-Dimensional Orthomosaic for Terrain Mapping Using Cooperative Unmanned Aerial Vehicles. In *The Cognitive Approach in Cloud Computing and Internet of Things Technologies for Surveillance Tracking Systems*. INC. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-816385-6.00006-4

Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M. and Sarazzi, D. (2011). UAV photogrammetry for mapping and 3D modeling– current status and future perspectives, International Archives of the Photogrammetry. *Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 38*(1).

Rossi, T. A. (2004). Application Of Digital Photogrammetric Methods in The Of Land Cover Change On The Coastal Dunes Of Warren Dunes State Park, Berrien Country. *The Michigan State University Master Thesis*.

Rusnáka M., Sládeka J., Kidováa A. and Lehotskıa M. (2018). Template for High-Resolution River Landscape Mapping Using UAV Technology. *Measurement, 115*, 139-151.

Sanz-Ablanedo, E., Chandler, J. H., Rodríguez-Pérez, J. R., and Ordóñez, C. (2018). Accuracy of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) and SfM photogrammetry survey as a function of the number and location of ground control points used. *Remote Sensing, 10*(10). https://doi.org/10.3390/rs10101606

Selek, E. (2019). İHA İLE ÜRETİLMİŞ ORTOFOTO, SAYISAL ARAZİ VE YÜZEY MODELİ PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ: BURSA İLİ ÖRNEĞİ. *ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ Yüksek Lisans Tezi*, *8*(5), 55.

ŞENKAL, E. (2018). İHA ile elde edilen görüntülerde üretilen ortofoto ve syuzeymodellerinin doğruluğunun araştırılması. *YüksekLisansTezi*.

Shervais K. and Dietrich J. (2016). Structure From Motion (SFM). *Photogrammetry Data Exploration and Processing Manual*, 1–28.

Siebert S. and Teizer J. (2014). Mobile 3D Mapping for Surveying Earthwork Projects Using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) System. *Automation in Construction, 41*, 1–14.

Smimard and Pierre G. (1997). Accuracy Of Digital Orthophotos. *The University Of New Brunswick Master Thesis*.

Solak, H. İ., ve Tiryakioğlu, İ. (2020). GNSS Tabanlı Tektonik Uygulamalar için Çevirim İçi Bir Servis: Tektonik Araçlar. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, *20*, 613–622.

Strecha C. (2011). The Accuracy of Automatic Photogrammetric Techniques on Ultra-Light UAV Imagery. Photogrammetric. *Dieter Fritsch (Ed.), Wichmann*, 289–294.

Tercan, E. (2018). Karayolu ölçmelerinde insansız hava araçlarının kullanılması: okurcalar şehir merkezi örneği. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, *7*(2), 649–660.

Toprak, A. S. (2014). Fotogrametrik tekniklerin insansız hava aracı ile mühendislik projelerinde kullanılabilirliğinin araştırılması. *Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.*

Torun, A. (2017). İnsansız Hava Aracı (İHA) Sektörü ve İHA Fotogrametrisinin Ölçme Bağlamında Konumlandırılması. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*.

Turner, D. and A. Lucieer, E. A. (2011). "Development Of An Unmanned Aerial Vehicle (UAV) For Hyper-Resolution Vineyard Mapping Based On Visible",. *Multispectral And Thermal İmagery*.

Ulvi, A. (2015). Metrik Olmayan Dijital Kameraların Hava Fotogrametrisinde Yakın Resim Çalışmalarda (Yere Yakın Yüksekliklerde) Kullanılabilirliği Üzerine Bir Çalışma. *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi*.

Vallet J., Panissod F., Strecha C. and Tracol M. (2011). Photogrammetric Performance of an Ultra Light Weight Swinglet "UAV". *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.*

Varlık, A., Uysal, M., Karalar, F., ve Can, Z. . C. (2009). Dijital Fotogrametride Alana Dayalı Görüntü Eşleme Yöntemleri Area Based Matching Techniques For Digital

Photogrammetry Bu yüzden çok çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir . Bu yaklaşımları Şekle Dayalı Görüntü Eşleme (Feature Based Image Matching), Alan. *Elektronik, 2009*(3), 21–33.

Yakar, M. ve Doğan, Y. (2017). Silifke Aşağı Dünya Obruğunun İHA Kullanılarak Üç Boyutlu Modellenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17*, 94-101.

Yastıklı, N. (2009). Ortofoto Ders Notları. *Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü Fotogrametri Anabilim Dalı*.

Yiğit, C. Ö., Özdemir, B. N., Alçay, S., & Ceylan, A.Alçay, S. (2016). CSRS-PPP Yazılımının Uzun Dönemli GNSS Zaman Serilerinin Oluşturulmasında ve Nokta Hızlarının Kestirilmesinde Kullanılabilirliği. *Harita Dergisi, April 2017*, 23–31.

Yıldız, F. ve Kahveci, M. (2010). GPS/GNSS Uydularla Konum Belirleme Sistemleri Teori ve Uygulama Kitabı,. *Ankara: Nobel Yayınları*.

Yılmaz, V., Akar, A., Akar, Ö., Güngör, O., Karslı, F., & Gökalp, E. (2013). İNSANSIZ HAVA ARACI İLE ÜRETİLEN ORTOFOTO HARİTALARDA DOĞRULUK ANALİZİ. *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu*, 23–25.

Zongjian, L. (2008). "UAV For Mapping—Low Altitude Photogrammetric Survey",. *International Archives Of Photogrammetry And Remote Sensing*.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mehmet Emin SAĞIR

Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti

Doğum Yeri ve Tarihi : Adıyaman 18.11.1992

Telefon : +90 507 775 2054

Faks : -

e-mail : mehmetsagir13@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Adıyaman Fatih Anadolu Lisesi, Merkez	2010
Üniversite	: Yıldız Teknik Üniversitesi	2016

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2016	Özel Sektör	Harita Mühendisi

UZMANLIK ALANI

Coğrafi Bilgi Sistemleri Uzmanı (Seviye 6)

MAPEG Yetkilendirilmiş Tüzel Kişilik Belgesi