

Haritalama İçin İnsansız Hava Aracı Simülasyonu (Simulation of Unmanned Aerial Vehicle for Mapping)

Burak Turan, Sultan N. Turhan*, Özgün Pınarer*, Elif Bozkaya†

*Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Galatasaray Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

†Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Milli Savunma Üniversitesi Deniz Harp Okulu, İstanbul, Türkiye

Email: brktrnyy2020@gmail.com, sturhan@gsu.edu.tr, opinarer@gsu.edu.tr, ebozkaya@dho.edu.tr

Özetçe —İnsansız Hava Aracı (İHA), fiziksel olarak içinde insan bulunmayan, yer tabanlı bir kontrolör ile uzaktan kumanda ile yönetilen veya belirlenen bir uçuş planına bağlı olarak otonom ya da yarı otonom olarak hareket edilebilen uçan bir hava aracıdır. Teknolojinin gelişmesi ve daha kolay erişilebilir hale gelmesi sayesinde İHA'ların kullanımı son yıllarda oldukça yaygınlaşmıştır. İHA'ların düşük maliyetle yüksek doğrulukta 3 boyutlu veri ve ortofoto görüntü üretilmelerini, İHA fotogrametrisinin gelişmesine de olanak tanımıştır. İHA temelli sistemler, başta askeri amaçlar olmak üzere, tarım, ormancılık, şehir planlama, yeryüzü olayları ve afet yönetimi gibi birçok alandaki çalışmalarda kullanılmaktadır. Bu çalışmada, hareket stabilitesine sahip ve aynı zamanda görev anında video çekimi yapabilen bir mini quadcopter olan "Parrot Mini Drone" için simülasyon ortamı oluşturulmuş ve görsel verisi toplanan bir alana ait 3 boyutlu bir model elde edilmiştir. MATLAB & Simulink kullanılarak geliştirilen bu çalışma ile bir quadcopter yardımı ile belirli bir bölgenin üç boyutlu haritası oluşturulmuştur.

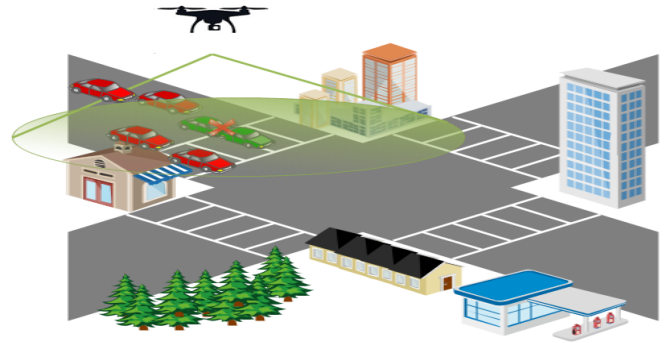
Anahtar Kelimeler—İnsansız hava aracı, Fotogrametri, Benzetim, Üç boyutlu model

Abstract—Unmanned Aerial Vehicle (UAV) is a flying vehicle that is physically unmanned, controlled by a ground-based controller with a remote control or can be moved autonomous or semi-autonomous depending on a flight plan. The use of UAVs has become widespread in recent years thanks to the development of technology and making them more accessible. The ability of UAVs to produce high accuracy 3D data and orthophoto images at low cost has also enabled the development of UAV photogrammetry. UAV-based systems are used in many fields such as agriculture, forestry, urban planning, earth events and disaster management, especially for military purposes. In this study, a simulation environment was created for the "Parrot Mini Drone", a mini quadcopter that can withstand environmental conditions, has an adaptable, motion stability, and can shoot video at the same time, and a 3-dimensional model of an area where visual data is collected was obtained. With this study, developed using MATLAB & Simulink, a three-dimensional map of a specific area was created with the help of a quadcopter.

Keywords—Unmanned aerial vehicle, Photogrammetry, Simulation, Three-dimensional model

I. GİRİŞ

Fotogrametri, çeşitli görüntü sistemlerinin yardımıyla, yeryüzü şekilleri veya bir nesne ve çevresi hakkında



Şekil 1: İHA ile hava fotoğraflarının toplanması.

güvenilir görüntülerin elde edilip kaydedilmesi, ölçülmesi, işlenmesi, analizi ve yorumlanması süreciyle ilgili veri toplamaya/üretmeye yönelik bir teknolojidir [1], [2]. Bu yöntem ile elde edilen fotoğraflar başta harita üretimi olmak üzere, askeri amaçlar, afet yönetimi, uzay bilimleri ve kaza hasar tespiti gibi alanlarda kullanılabilmektedir.

İnsansız Hava Aracı (İHA), fiziksel olarak içinde insan bulunmayan, yer tabanlı bir kontrolör tarafından uzaktan kumanda ile yönetilen veya belli bir uçuş planı üzerinde otomatik olarak hareket edip, kendi kendini kontrol edebilen hava araçlarıdır. Günümüzde artan İHA kullanımı ile birlikte birçok yeni uygulama alanı ortaya çıkmaktadır. İHA'lar üzerinde bulunan sensör/kameralar ile veri toplama ve haritalama başta olmak üzere tarım, ormancılık, şehir planlama, afet yönetimi gibi alanlarda ihtiyaç duyulan verileri elde edebilmekte ve yeterli doğruluğu sağlayabilmektedir. Örneğin; anlık meydana gelen trafik kazalarında, Şekil 1'de gösterildiği gibi İHA'lar ile elde edilecek fotografik veriler, hızlı reaksiyon gösterilmesine yardımcı olmaktadır.

Zaman içerisinde özellikle İHA'ların yaygın kullanımı ile ivme kazanan Hava Fotogrametrisi ise, haritalamada daha ayrıntılı verileri gerçek zamanlı olarak daha hızlı ve daha az maliyetle elde eden alternatif teknolojilerden biridir. İHA'lar tam otomatik pilot kullanımları sayesinde dünya üzerindeki herhangi bir yerin haritalanması, bir yerin ya da nesnenin izlenmesi veya incelenmesinde büyük kolaylık sağlamaktadır. Arazi modeli, uçuş yüksekliği, uçuş rotası gibi parametrelere farklı değerler verilebilmesi sayesinde

çok sayıda hava fotoğrafı elde edilebilir. Bu sayede görece olarak daha düşük maliyet ve daha kolay bir işlemle zengin bir veri toplanır ve hava fotoğrafları haritalama için geleneksel fotogrametri konseptinden benimsenen ortofoto çıktı üretir. İHA'lar pilotlu haritalama sistemlerinin yüksek uçuş yüksekliğinden kaynaklanan düşük çözünürlük ve yüksek maliyet kısıtlamalarına bir alternatif olabilmektedir. Ayrıca yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleriyle kıyaslandığı zaman İHA'lar ile elde edilen görüntüler hem gerçek zamanlı, herhangi bir gecikme yaşanmadan elde edilen, hem de neredeyse uydu görüntüleri kalitesindedir. Özetle, çok alçaktan uçan İHA'lar sayesinde atmosferik koşullardan etkilenen uydu görüntülerine kıyasla çok daha yüksek hassasiyette, daha keskin, daha ayrıntılı görüntüler elde edilebilir ve bu görüntüler geleneksel hava fotogrametrisinden elde edilen görüntülere göre çok daha düşük maliyetle üretilebilmektedir [3].

Son yıllarda araştırmacılar, İHA'ların askeri olmayan amaçlarla kullanımı üzerine bir çok çalışma yapmışlardır. Bugün, özellikle İHA'lar ulaşımın zor olabileceği ve hayati tehlike bulunan görevlerde (örneğin, volkan üzerinde uçmak, radyasyonun artışı gösterdiği bir bölgede ölçüm yapmak) kullanımı yaygınlaşmıştır. İHA'ların 3 boyutlu uzayda, yol kısıtlaması olmadan hareket edebilmesi, kriz durumları için etkin ve hızlı bir çözüm olarak düşünülmüştür. İHA'lar yardımı ile elde edilen hava fotoğraflar ve toplanan veriler, acil ya da kritik durumlarda bölgede bulunan son kullanıcılardan gelen rapor mesajlarının doğruluk seviyesini değerlendirmede yardımcı olur. [4], İHA'ların büyük tarım arazileri ve meraların yönetiminde kullanımını araştırmıştır. Özellikle geniş alanlarda peyzaj birimlerindeki bitki örtüsü durumlarının modelinin ve mera sağlığının değerlendirilmesinde ihtiyaç duyulan ayrıntıların belirlenmesinde İHA'lardan alınan yüksek çözünürlüklü ve düşük maliyetli fotoğrafların çok büyük fayda sağladığını ortaya çıkarmışlardır. [5], haritalama için "hareketten yapı (structure from motion)" tekniği kullanmış ve bu teknik için gerekli olan hava fotoğraflarının toplanmasında İHA'ların bir platform olarak kullanılabilirliğini gösterilmiştir. Çalışma kapsamında çekilen tüm hava fotoğrafları arazilerin üç boyutlu modellerine dönüştürülmüştür. [6] ise çalışmada İHA'lar ile gerçekleştirilen hava fotogrametrisinin, kültürel mirasın kaydedilmesi için önemini ve bu teknolojinin büyük arkeolojik alanların haritalanması için uygulanabilirliğini değerlendirmiş ve peyzaj arkeolojisine uygulanması için bir vaka çalışması sağlamıştır. [7]'de, düşük maliyetli insansız hava aracı lazer taraması ile üç boyutlu orman haritalaması yapmışlar ve özellikle ağaçların modellenmesinde başarı kaydetmişlerdir. Tüm bu çalışmaların ortak paydasında İHA'lar geniş alanların haritalanmasında etkin, yüksek güvenilirlikli ve düşük maliyetli çözümler sunmaktadır. [8] ise, İHA'ların afet yönetiminde kullanımı üzerinde çalışmıştır. Afet anında, afet yöneticilerinin verilere zamanında ve doğru bir şekilde ulaşması gerektiği için İHA'lar ile çekilen görüntülerin işlendiği ve elde edilen verilerin eksiksiz bir veri işlenmesi ve yönetimini sağlayan bir sistem önermişlerdir. [9], [10]'da ise İHA'lar ile trafik gözetimi ve yönetimi üzerinde araştırmalar yapılmıştır.

Bu çalışmada, gerçekçi, uyarlanabilir, hareket stabilitesine sahip, görev anında video çekimi yapabilen bir quadcopter olan Parrot Mini Dronun modellenmesi ile koordinatları belirlenmiş bir sahanın 3 boyutlu modelini çıkarabilen bir simülasyon geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda sırasıyla (i) 3

Boyutlu simülasyon ortamında drone modelleme, (ii) uçuş kontrol ve yol planlama sisteminin konfigürasyonu, (iii) uçuş çevre ortamının konfigürasyonu, ve (iv) 3 Boyutlu görselleştirme adımları gerçekleştirilmiştir. Böylelikle, yapılacak modellemenin düşük üretim ve bakım maliyeti, hata/arıza toleransı ve insan unsurunun kısıtlı erişiminin olduğu bölgelere sevk edilerek kontrol edilmesi nedeniyle, büyük avantaj sağlanacağı değerlendirilmektedir.

Bildirinin geri kalanı aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir: Bölüm II'de, haritalama için kullanılan İHA'ya ait simülasyon ve gerçekleştirilen uygulama adımları, Bölüm III'te elde edilen sonuçlar ortaya konmuştur.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

A. Quadcopter

Günümüzde drone olarak da isimlendirilen İHA'lar yerden kumanda edilebilen ya da otopilota bağlı olarak "otonom" yani belli bir uçuş planı üzerinden otomatik olarak hareket edebilen hava araçlarıdır. Dikey iniş kalkış yapabilme, havada asılı kalma, uçuş moduna uygun olarak süratli bir şekilde hareket etme ve stabil uçuşa yeteneğine sahiptirler.

Dronlar, pervane (rotor) sayılarına göre isimlendirilmektedir. Buna göre quadcopter, toplam dört adet pervanesi olan, yüksek uçuş kabiliyetine sahip, hava akımı ve tahrik kuvvetlerinden yararlanarak uçabilen bir hava aracıdır. Quadcopterler, dört pervanenin aynı anda, aynı devirde ve farklı yönlerde dönmeleri sonucunda oluşan aerodinamik itiş gücü ile yerden yükselerek harekete başlarlar.

Quadcopterler, diğer mevcut İHA yaklaşımlarına kıyasla belirgin avantajlara sahiptir. Avantajlarından bazıları, düşük satın alma, işletme ve bakım maliyetleri, çok küçük ölçüm görevlerinde çalışma esnekliği (kalkış ve iniş), otonom ve pilot modda güvenilir bir şekilde yönlendirme kolaylığı ve çok daha sert çevre şartları (örneğin, kuvvetli rüzgarlar) söz konusu olduğunda rahatlıkla kontrol altında tutulmasıdır. Buna karşın quadcopterlerin de kendilerine özgü kısıtları mevcuttur. Örneğin; bir kaç yüz km ile sınırlı olan menzil ve maksimum 20-30 dakika arası ile kısıtlanan uçuş süresi bunlardan bazılarıdır.

Çalışmada gerçekleştirilen simülasyonda kullanılan Parrot Mini Drone, bir atalet ölçüm birimi (IMU) sensörü, sonar sensörü ve iki kamera sensörü, ön kamera ve alt kamera ile donatılmıştır. IMU sensörü, iniş ve kalkış sırasında dronu stabilize etmek için kullanılır. İrtifa uçuşunu belirlemek için sonar sensörü kullanılmaktadır. Üzerindeki kameralar da yatay ve dikey görüntüleri yakalayacaktır.

B. Simülasyon Ortamı

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen simülasyon, MATLAB & Simulink¹ yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Simulink, çok alanlı simülasyon ve model tabanlı tasarım için bir blok diyagram ortamıdır. Dinamik sistemlerin modellenmesini, sistem düzeyinde tasarımı, simülasyonu, otomatik kod oluşturmaya ve gömülü sistemlerin sürekli test edilmesini ve doğrulanmasını destekler. Çalışmaya konu olan Parrot Mini Dronun uçuşunu simüle edebilmek için aşağıda detayları verilen bileşenler kullanılmıştır.

¹ <https://www.mathworks.com/products/simulink.html>

- Simulink Support Package for Parrot Minidrones: Parrot minidrone için uçuş kontrol algoritmalarının tasarlanmasına imkan sağlar. Tasarlanan algoritmalar ile drondaki sensörlere (örneğin; ultrasonik, cayaroskop, ivmeölçer, hava basıncı sensörleri) erişilebilir.
- Robotics System Toolbox: Hareketli robotları modellemede ihtiyaç duyulan, haritalama, konumlandırma, yol planlama ve hareket kontrol için algoritmalar içerir.
- UAV Library for Robotics System Toolbox: İHA'lar için kullanılacak fonksiyonlar, nesneler ve şemaları içerir. Fonksiyonları kullanarak kontrol komutları, İHA durumları ve çevresel girdileri üretir.
- Aerospace Blockset: Parrot minidronların bir örneğini sunar. Hava araçlarının modellenmesi, simülasyonu ve analizi için Simulink bloklarını oluşturur. Araç dinamiklerini ve uçuş ortamının modellerini birleştirebilir.
- Aerospace Toolbox: Hava araçlarının navigasyonunu ve hava ortamını analiz etmek ve uçuşları görselleştirmek için araçlar ve fonksiyonlar sağlar.
- Control System Toolbox: Kontrol sistemlerini analiz etmek ve tasarlamak için fonksiyon ve uygulamalar sağlar.
- Signal Processing Toolbox: Örneklenmiş sinyallerin özelliklerini çıkarmak, analiz etmek, işlemek için fonksiyonlar ve uygulamalar sağlar.
- Simulink 3D Animation: Simulink modellerini ve MATLAB algoritmalarını sanal gerçeklik ortamlarındaki 3 boyutlu grafik nesnelere bağlar.

C. Yöntem

Bu bölümde gerçekleştirilen işlemler aşağıda tanımlanan görev adımlarında detaylandırılmıştır.

Görev 1- 3 Boyutlu Simülasyon Ortamında Drone Modelleme: Çalışmada ilk olarak MATLAB & Simulink ortamında Parrot Mambo Mini Drone için uçuş simülasyon modeli oluşturulmuştur. Bu model, “parrotMinidroneWaypointFollowerStart” komutunun derlenmesi ile başlatılmıştır. Bu işlemi takiben quadcopter uçuş planlaması için parametre olarak kullanılan sinyaller üzerinde çalışılmıştır. Bu sinyaller x, y, z, roll (boylamsal eksen), pitch (yatay eksen), yaw (dikey eksen) değerleri ile temsil edilmekte ve zamana bağlı değişimleri de ayarlanabilmektedir. Kaynak olarak sinyal bilgilerinin derlendiği ve quadcopter için Pozisyonel Davranış Referanslarının kullanıldığı bir sistem kullanılmaktadır. Bu referans kaynağı x, y, z, roll, pitch, yaw değerleri için temel oluşturmaktadır. Her bir sinyal değerinin kullanıcı tarafından gözlenmesi ve değiştirilmesi mümkündür. Bunun için zamana bağlı bir değişim aracı olan x, y, z, roll, pitch, yaw değerlerinin grafiksel gösterimlerinin bulunduğu bir arayüz oluşturulmuştur.

Görev 2- Uçuş Kontrol ve Yol Planlama Sisteminin Konfigürasyonu: Uçuş parametrelerinin belirlenmesinden sonra, uçuş kontrol sisteminin tanımlaması yapılmıştır. Uçuş kontrol sistemi; gelen sinyal verilerinin işlendiği, kontrol bilgilerini içeren, çevresel verilerin uçuş için değerlendirildiği, uçuş koordinatlarının girildiği, kaynak verilerinin elde edildiği ve uçuş için gerekli diğer tüm bilgi ve işlemlerin bulunduğu

modüldür. İçerilen alt sistemler ile quadcopterin yörüngesi için koordinat bilgileri sisteme işlenmekte ve ilk girilen koordinat bilgisi quadcopter için ilk hareket noktası olarak kullanılmaktadır. Bu aşamada quadcopterin uçuş / koordinat bilgileri bir matriste tutulmaktadır. En çok kullanılan alt sistem “Path Planning (Yol Planlama)” alt sistemidir. Bu alt sistemde tüm dönüş noktalarının girilip matris olarak oluşturulduğu “Waypoints” alt sistemi ve quadcopterin uçuş hızı ile doğrudan ilişkili olan “Look Ahead Distance (İleriye Bakma Mesafesi)” alt sistemi bulunmaktadır. Kullanıcı bu alt sistemler ile aktif bir biçimde çalışarak quadcoptere çeşitli şekillerde yörüngeler ve irtifa değerlerini işleyebilir. Koordinat bilgileri girilen quadcopter “Controller” alt sistemi ile [x, y, z] pozisyon tahmini ve motor itme kuvveti bilgileri gibi bilgilerin işlendiği ve kullanıcıya sunulduğu kısımdır. Quadcopterin davranış referans bilgileri de bu alt sistemde tutulmaktadır.

Görev 3- Uçuş Çevre Ortamının Konfigürasyonu:

Drone üzerinde bulunan sensörler genel olarak çevresel ve durumsal şartları algılayan, gerekli birimlere bu bilgileri ileten, bilgileri işleyebilen ve çeşitli geri beslemelerin üretimi/iletimi için kullanılan cihazlardır. Simülasyonda kullanılan “VSS_SENSORS=1” komutu ile dinamik sensör tercihi yapılmıştır. Böylelikle anlık çevre şartlarını sensörler yardımıyla algılayarak dronun hareket edilebilmesi sağlanabilmektedir. Çevresel ve durumsal verilerin girdi olarak kullanıldığı sensörler alt sisteminde gelen veriler bir kamera ve basınç sensöründen oluşan bir sensör sistemine gönderilmektedir. Kameralardan elde edilen görüntüler ile “Parrot Mambo minidrone” simülasyonu gerçekleştirilmektedir. Basınç sensörünün içinde 3 eksenli atalet ölçüm birimi bulunmaktadır. Ayrıca giriş sinyalleri üst ve alt doygunluk seviyesi ile sınırlanır. Çalışmada gerçekleştirilen simülasyondaki alt sistemde ideal çevre şartlarının olduğu kabul edilmiştir.

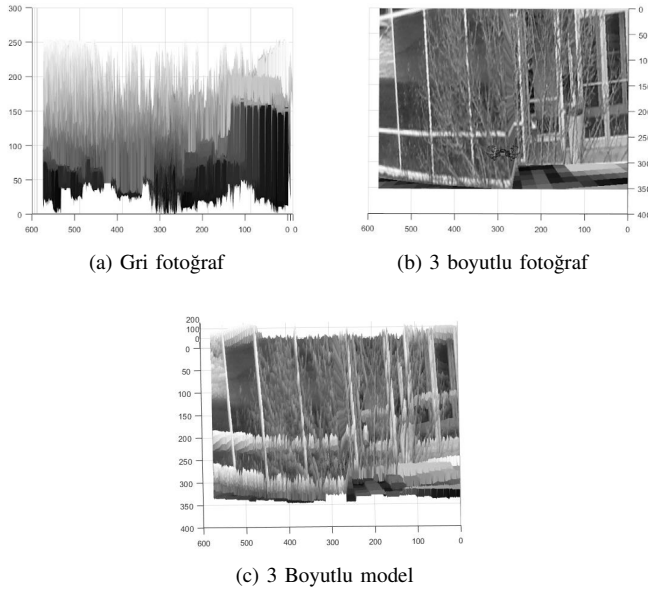
Bir quadcopter boyutları ve yapısı itibari ile çevre şartlarına son derece bağımlıdır. Rüzgar, yerçekimi, manyetik alan, hava yoğunluğu, atmosfer basıncı gibi unsurların tümü quadcopterin stabil uçuşunu etkileyen önemli faktörlerdir. Simülasyonun çevresel ve durumsal şartlarının gerçekliği ve quadcopterin “Parrot Mini Drone” seçilmesi, ortaya çıkan sonuçların gerçeğine en yakın şekilde simüle edilmesine imkan sağlamaktadır.

Çalışma kapsamında MATLAB & Simulink üzerinde, quadcopter modeli, doğrusal olmayan gövde, VSS_VEHICLE=1 tipi olarak seçilmiştir. Bu alt sistem yapısında, bir AC Model ve 6 Yönlü Hareket Kuaterniyon Sistemi bulundurmaktadır. AC Model içinde yer çekimi kuvvet hesaplaması için bir alt sistem, sürüklenme hesaplaması için bir alt sistem, motor gücü ve torklar için bir alt sistem ve kuvvetlerin uygulanması için ise bir alt sistem bulunmaktadır. 6 Yönlü Hareket Kuaterniyon Sistemi, 6 yönde hareketi sağlamak için gerekli hareket denklemlerini sisteme entegre etmeye yarar. Bunun kullanıcıya sunumu bir blok parametre ile yapılmaktadır.

Görev 4 - 3 Boyutlu Görselleştirme: Simülasyonda bir sonraki aşamada üç boyutlu görselleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem diğer tüm alt sistemlerin çıktılarını girdi olarak kabul ederek sistem bütünlemesi sağlar ve 3 boyutlu bir görselleştirme sağlayarak animasyon penceresini oluşturur. Bu pencere, diğer tüm bölümler

ile girdileri düzenleyerek kullanıcının quadcopter uçuşu ve quadcopter için düzenlenen uçuş rotası gibi birçok verinin görselleştirilip kullanıcı gözlemine sunmaktadır. Ayrıca bu alt sistem quadcopter için birçok verinin ve görsel olarak sunulduğu ölçüm kontrol birimlerini de içinde bulundurmaktadır. Diğer tüm alt sistemler quadcopter ve uçuşu için gerekli hesaplama ve alt sistemleri bulundururken “Simulink 3 Boyutlu Görselleştirme” alt sistemi tüm bu verileri toplar ve sahip olduğu alt sistemleri kullanarak bunları görselleştirip, simülasyonu oluşturmakla görevlidir.

“Uçuş Gereçleri Göstericisi”, bir simülasyon anındaki uçuş parametresi değerlerinin rakamsal gösterimlerinin ve konumsal değişimlere bağlı olarak bu değerlerin değişimlerinin gözlemlenebildiği bir alt sistemdir. Gözlemlenen bu değerler, durumsal/çevresel şartlarla ve quadcopterin donanımsal şartlarıyla doğrudan ilişki içerisinde. Bu alt sistem “Simulink 3 Boyut” alt sistemi ile beraber çalışır. Aktörlerden ve durumlardan gelen verileri girdi olarak alır ve işler. Bu alt (Euler TO VR) sistemde özellikle roll (boylamsal eksen), pitch (yatay eksen), yaw (dikey eksen) değerlerinin hesaplanıp görsel ekrana iletimi için gereken alt sistemler mevcuttur. “Euler Açılarını” girdi olarak alan bu alt sistem eksen açılarını çıktı olarak vermektedir. “VR Sink” alt sistemi gelen “Euler To VR” alt sisteminden, “Eksenel Bilgilerden”, “Subsystem” alt sisteminden ve kameradan gelen verileri girdi olarak alıp bu verileri bir görsel bütün haline getirir ve simülasyonun görüldüğü, kullanıcıya gözlem için sunulduğu alanı oluşturur.



Şekil 2: Elde edilen fotoğraflar ve 3 boyutlu model.

Bu işlemler sonucunda quadcopterin uçuşu sırasında çekilen video üretilmektedir ve bu videodan fotoğraf kareleri elde edilmiştir. Bu fotoğraflar gri formata dönüştürülerek alanın 3 boyutlu modeli oluşturulmuştur. Simulink’e ait “rgb2gray” komutu kullanılarak tüm fotoğrafların parlaklıkları korunarak ton ve doygunluk bilgileri ortadan kaldırılmış ve tüm RGB tabanlı görüntüler gri tonlamaya çevrilmiştir. Daha sonra bu fotoğraflar, bir bütünün parçaları olarak kullanılarak

birleştirilmiş ve bu şekilde tek bir 3 boyutlu fotoğrafa ulaşılmıştır. 3 boyutlu fotoğrafın oluşturulmasında kullanılan ilk temel komut “surf” komutudur. Bu komut 3 boyutlu bir yüzey grafiği oluşturur. [z] parametresi yüksekliği temsil eder ve yüzeyin rengi [z] tarafından belirtilen yüksekliklere göre değişmektedir. İkinci önemli komut ise “colormap” komutudur. “colormap” komutu, yüzeyler ve yamalar gibi birçok görselleştirme türü için renk düzenini tanımlar. Renk (ton) çubukları, renk haritasının renkleri ile (veya tonları ile) veriler arasındaki ilişkiyi gösterir. Bu renk haritaları, her bir satırın farklı bir renk tanımladığı RGB’leri içeren üç sütunlu dizilerdir. Bu görüntülerin [z] düzlemini sıfırlayıp, model tekrar oluşturulduğunda bire bir aynı resim elde edilmektedir. Çalışmanın neticesinde elde edilen resimler Şekil 2’te gösterildiği gibidir.

III. SONUÇ

İHA’ların kullanımının günümüzde bir çok alanda yaygınlaşması nedeniyle bu çalışmada, gerçekçi, uyarlanabilir, hareket stabilitesine sahip, aynı zamanda görev anında video çekimi yapabilen “Parrot Mini Drone” için bir simülasyon ortamı oluşturulmuş ve görsel verisi toplanan bir alana ait 3 boyutlu bir model elde edilmiştir. MATLAB & Simulink kullanılarak geliştirilen bu çalışma ile, Parrot Mini Drone tarafından belirli bir bölgenin düşük maliyet ve yüksek doğrulukta ortofoto görüntüleri elde edilirken, simülasyonun Parrot Mini Drone ile gerçekleşmesi, gerçek zamanlı bir kontrol sağlandığı takdirde dayanıklı bir tasarım olabileceğini göstermektedir.

KAYNAKÇA

- [1] S. Bilgi, “Fotogrametri ve uzaktan algılamada veri elde etme yöntemlerinin gelişimi ve kısa tarihçeleri,” *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, no. 96, pp. 48–55, 2007.
- [2] P. R. Wolf, B. A. Dewitt, and B. E. Wilkinson, *Elements of Photogrammetry with Applications in GIS*. McGraw-Hill Education, 2014.
- [3] S. Esposito, P. Fallavollita, W. Wahbeh, C. Nardinocchic, and M. Balsia, “Performance evaluation of uav photogrammetric 3d reconstruction,” in *2014 IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium*. IEEE, 2014, pp. 4788–4791.
- [4] A. Rango, A. Laliberte, C. Steele, J. E. Herrick, B. Bestelmeyer, T. Schmugge, A. Roanhorse, and V. Jenkins, “Using unmanned aerial vehicles for rangelands: current applications and future potentials,” *Environmental Practice*, vol. 8, no. 3, pp. 159–168, 2006.
- [5] B. P. Hudzietz and S. Saripalli, “An experimental evaluation of 3d terrain mapping with an autonomous helicopter,” in *Proceedings of the International Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics (UAV-g)*. Zurich, Switzerland, 2011.
- [6] J. O’Driscoll, “Landscape applications of photogrammetry using unmanned aerial vehicles,” *Journal of Archaeological Science: Reports*, vol. 22, pp. 32–44, 2018.
- [7] J. Li, B. Yang, Y. Cong, L. Cao, X. Fu, and Z. Dong, “3d forest mapping using a low-cost uav laser scanning system: Investigation and comparison,” *Remote Sensing*, vol. 11, no. 6, p. 717, 2019.
- [8] B. Ameri, D. Meger, K. Power, and Y. Gao, “Uas applications: Disaster & emergency management,” Citeseer, 2009.
- [9] L. Wang, F. Chen, and H. Yin, “Detecting and tracking vehicles in traffic by unmanned aerial vehicles,” *Automation in construction*, vol. 72, pp. 294–308, 2016.
- [10] K. Kanistras, G. Martins, M. J. Rutherford, and K. P. Valavanis, “A survey of unmanned aerial vehicles (uavs) for traffic monitoring,” in *2013 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*. IEEE, 2013, pp. 221–234.