



KURYE VE KARGO AMAÇLI DİKEY İNİŞ KALKIŞ YAPABİLEN İNSANSIZ HAVA ARACI TASARIMI VE ÜRETİMİ

Ömer Melih SEVİCİ¹, Ahmet Aziz BİLGİN², Soydan SERTTAŞ^{3,*}

¹ Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Kütahya, melihsevici@gmail.com, ORCID: 0009-0001-7315-0419

² Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Kütahya, ahmetazizbilgin@gmail.com, ORCID: 0009-0004-9387-5291

³ Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kütahya, soydan.sertas@dpu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8887-8675

Geliş Tarihi (Received Date): 05.05.2023

Kabul Tarihi (Accepted Date): 25.06.2023

ÖZ

İnsansız Hava Araçları (İHA) içinde fiziksel olarak insan bulunmayan, uzaktan kumanda veya otonom olarak uçan araçlardır. Askeri ve sivil olmak üzere birçok alanda İHA'lar kullanılmaktadır. Bu çalışmada, sivil alanda kullanılmak üzere kurye veya kargo göreviyle kişi ve kurumlara destek olmak amacıyla düşük maliyetli, hızlı ve QR kod aktivasyonla yük taşıma haznesi bulunan ve dikey iniş kalkış yapabilen lojistik bir İHA tasarlanıp üretilmiştir. Bu İHA, geliştirilen yazılım sayesinde hedef/nesne tespiti ile kargo adres konumuna ulaşabilmektedir. Otonom ve manuel uçuşa yeteneğine de sahip olan İHA aynı zamanda görüntü, hız, konum ve basınç verilerini de bağlı olduğu yer istasyonuna anlık olarak aktarabilmektedir. Ayrıca Lidar, kamera, pitot tüp gibi bileşenler kullanılarak uçuş verilerindeki doğruluk artırılmıştır. Geliştirilen İHA 30 m irtifaya, 14 m/s yatay hıza ve yüksek manevra kabiliyetine sahip olmuştur. İHA'nın kanat açıklığı 1400 mm, uzunluğu 1200 mm ve ağırlığı 3 kg olacak şekilde üretilmiştir. Tasarlanan ve gerçekleştirilen İHA'nın performans başarısını ölçmek için havacılık, uzay ve teknoloji festivali olan Teknofest yarışmalarına katılmıştır. Yarışmada Türkiye birinciliği elde edilerek tasarımın başarısı ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: *İnsansız Hava Araçları, Dikey İniş Kalkış, VTOL İHA, İHA Kargo, İHA Kurye*

DESIGN AND MANUFACTURING OF UNMANNED AERIAL VEHICLE FOR COURIER AND CARGO PURPOSE

ABSTRACT

Unmanned Aerial Vehicles (UAV) are vehicles that are not physically human and fly remotely or autonomously. UAVs are used in many fields, including military and civilian. In this study, a low-cost, fast, and QR code activation logistics UAV capable of vertical take-off and landing was designed and produced for use in the civilian field, in order to support individuals and institutions with courier or cargo duties. Thanks to the software developed, this UAV can reach the cargo address location with target/object detection. Having the ability to fly autonomously and manually, the UAV can also instantly transfer image, speed, position, and pressure data to the ground station it is connected to. In

addition, the accuracy of flight data has been increased by using components such as Lidar, camera, and pitot tube. The developed UAV has an altitude of 30 m, a horizontal speed of 14 m/s, and high maneuverability. The wingspan of the UAV is 1400 mm, its length is 1200 mm and its weight is 3 kg. In order to measure the performance success of the designed and realized UAV, Teknofest competitions, which are aviation, space, and technology festivals, were attended. The success of the design was demonstrated by winning first place in Türkiye in the competition.

Keywords: *Unmanned Aerial Vehicles, Vertical Take-off and Landing, VTOL UAV, UAV Cargo, UAV Courier.*

1. GİRİŞ

İnsansız hava araçları (İHA), içerisinde fiziki olarak insan bulunmadan uçan ve üstlendikleri görevleri otonom olarak insan etkisi olmaksızın ya da uzaktan yönetilerek gerçekleyen hava araçları olarak tanımlanırlar [1]. İnsanlı uçakların operasyon ve manevra kabiliyetleri G-kuvveti veya yorgunluk gibi insani faktörlerle sınırlanmaktadır. Bu sınırlamalar İHA teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde azaltılmaya ve hatta ortadan kaldırılmaya çalışılmaktadır [2]. İHA'ların uçuş ve kontrolleri bir insan kullanıcı tarafından kumanda ile ya da belirli görevleri oto pilot olarak sisteme gömülü olan bilgisayar tarafından otonom olarak yapılmaktadır [3]. İHA'ların neredeyse tümü insansız uçuşuna rağmen İHA sistemlerinin insanlı olduğu unutulmamalıdır. İHA sistemleri belli bir dereceye kadar otonom işlev yapsa da görev süresince devamlı insan kontrolü ve müdahalesini gerektirmektedir. İHA sistemlerinde pilot, teknik bakım personeli, yük operatörü ve analiz personeli bulunur [4]. İHA çalışmalarında odaklanılan nokta insansız ve hatasız bir sistemin tasarımıdır. Örneğin, ABD ordusundaki İHA'lar hakkında yeterli veri toplanıp, İHA'ların güvenilirliği üzerine analizler yapılmıştır [5]. Analizler sonucunda, ABD üretimi ve İsrail üretimi İHA'ların arıza yapma (verme) yüzdelerinin yakın olduğu görülmüştür. Öngörüle insan hatası kaynaklı düşünülen kaza oranlarının pilotlu uçaklar ve İHA'lar arasında ters orantılı (%17'e karşı %85) olduğu saptansa da, İHA sistemlerinde ya da pilotlu uçakta insan hatalarının birbirine yakın olduğu görülmüştür. İHA'larda sıkça meydana gelen sistem arızalarının bu gerçeği gizlediği de belirtilmiştir [6]. Üretilen araçların can kaybını engellediği fakat hata payının aynı oranda olduğu da görülmektedir. Üzerinde çalışılan İHA sistemlerinde insan gücünü ve hata payını en aza indirmek için İHA içerisinde bulunan otonom sistemlerin geliştirilmesi ve müdahalesiz bir sistem tasarlanması üzerine odaklanılmıştır. Bu sistemlerin özellikle askeri alanda kullanımı incelenerek bazı temel görev alanları belirlenmiştir. Bu alanlar, gözetleme, keşif, taarruz, hedef benzetimi, elektronik harp ve özel görevlerdir [7].

Teknolojinin ilerlemesiyle yaygınlaşan e-ticaret sitelerinin insanlara sunduğu imkânların artması ile insanlar, evlerinden çıkmadan tüm ihtiyaçlarını mobil veya web tabanlı yazılımlar üzerinden sipariş vererek karşılayabilmektedir. Satıcı firma tarafında oluşan fiyat ve zaman kayıpları bu işi gerçekleştiren (kurye, kargocu, postacı vb.) ara birimlerden kaynaklanmaktadır. Ayrıca gün geçtikçe artan zorlu trafik koşulları, çalışanların can ve mallarını tehlikeye atmaktadır. Çözüm ise trafik sorunu olmayan daha düşük maliyetli, hızlı ve dikey iniş kalkış yapabilen (VTOL) lojistik bir İHA geliştirilmesidir. Bu amaçla yapılan çalışmada QR kod aktivasyonla yük taşıma haznesi bulunan VTOL İHA tasarlanmış ve üretimi gerçekleştirilmiştir. Mobil uygulama üzerinden verilen siparişlerin İHA ile teslim edilmesi başarı ile sağlanmıştır. Verilen siparişlerin görüntülenmesi, onaylanması, aracın anlık (hız, irtifa, konum, kamera görüntüsü) verilerinin gösterilmesi ve araca hareket komutları verilebilmesi için arayüz tasarlanmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Karaağaç çalışmasında İHA'ların insanlı uçaklara ve uydulara göre avantajlarını incelemiştir [8]. İnsanlı uçaklara göre avantajlarının işletme maliyeti, uzun uçuş süresi ve insan kaynaklı hata riskinin azlığı olarak belirtmiştir. Uydulara göre avantajlarının ise düşük tedarik, idame ve işletme maliyeti, elde edilen verilerin daha doğru ve kaliteli olması ve daha yüksek manevra kabiliyetinin bulunması olarak ifade etmiştir.

SSM çalışmasında [7] İHA sistemlerinin görev alanlarını askeri ve sivil kullanım olarak ayırmıştır. Askeri kullanım alanlarının Keşif/Gözetleme desteği, taarruz, hedef benzetimi, elektronik harp ve özel görevler olduğunu; Sivil kullanım alanlarının ise jeolojik araştırmalar, atmosfer araştırmaları, deniz devriyesi, uluslararası sınır devriyesi, uyuşturucu trafiği izleme, yol trafiği izleme, afet operasyon yönetimi, ekin ve hasat durumu izleme, arazi haritalama ve yüksek voltajlı güç hattı izleme olduğunu belirtmiştir. Korkmaz da çalışmasında [9] geçmişten günümüze İHA'ların tarihi sürecine odaklanmış ve özellikle sivil amaçlı İHA'ların kullanım alanlarını incelemiştir.

Literatürde İHA'lar ile alakalı tasarım çalışmaları da bulunmaktadır. Akşar çalışmasında [10] İHA kanat tasarımının uçuş süresi, kalkış hızı ve manevra kabiliyeti üzerine etkilerini incelemiş ve her üç parametreye de önemli oranda etki ettiğini göstermiştir. Ağır yük taşıyacak İHA'ların kanatlarına flapler eklenebileceği ve böylece İHA'nın yük kapasitesinin iki katına çıkarılabileceği hesaplanmıştır. İHA'nın pistten kısa sürede kalkması gerekiyorsa kanat tasarımında vstall hızını etkileyecek değişikliklerin yapılabileceği belirtilmiştir. İHA'nın sürüklenme katsayısının azaltılarak yakıt tüketiminin azaltılabileceği de eklenmiştir. Tüm İHA özellikleri sabit kalmak şartıyla havada kalma süresi arttırılmak istenirse kanat tasarımı ile bunun sağlanabileceği de ortaya konmuştur. Acar çalışmasında [11] kanat bağlantı açılarının önemine vurgu yapmış olup, 4 motorlu, 1.3 m kanat açıklığına, 1.45 m gövde uzunluğuna, 1 kg yük kapasitesine sahip toplamda 4.5 kg ağırlığında VTOL türünde bir İHA tasarlamıştır. Kanat bağlantı açıları 5 farklı değer ile Ansys Fluent programında incelenmiş olup en iyi değer 0 derece olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, optimum dihedral açısının optimum yine 0 derece, burulma açısı olarak da 10 derecenin en iyi değeri verdiğini belirtmiştir. Özbek de çalışmasında [12] elektromekanik doğa benzetimli gözlem yapan mini İHA tasarımı yapmış olup, İHA'yı yapısal ve aerodinamik olarak incelemiştir. İHA'ya kanat çırpma özelliği eklenerek doğaya en uygun, yenilikçi ve performanslı bir tasarıma ulaşılmıştır. Kanat çırparak ve süzülerek yapılan uçuş denemelerinde incelenen taşıma analizlerinde kanatların süzülme hareketi sırasında 11 N, aşağı hareketi sırasında 20 N ve yukarı hareketi sırasında 6 N kuvvet ürettiği görülmüştür. Bu uçuşlar esnasında İHA'nın 1.12 kg ağırlıkla havada kalabildiği ve 200 gram faydalı yük taşıyabildiği de görülmüştür. Pala çalışmasında uçuşu gerçekleştirmek üzere 4 rotor arasındaki itki değişiminin kullanıldığı ve mod geçişi karmaşıklığını azaltan 3 sabit kanatlı bir sistem kullanmıştır [13]. Tasarımın tilt-rotor benzeri tasarımlardan en büyük farkının, motor itki düzleminin bütün gövdeyle beraber değişmesi olduğunu da belirtmiştir. Tasarlanın İHA'nın havada kalma süresi 15 dk ve uçuş mesafesi de 10 km olarak gerçekleşmiştir. İslan ise kanat gövde tipindeki İHA'nın yapısal tasarımını incelemiş, kompozit malzeme kullanımının önemine değinmiştir [14]. İslan çalışmasında ayrıca kompozit malzeme kullanımının avantaj ve dezavantajlarını da sıralamıştır.

Elmas çalışmasında [15] dik-uçarların çalışma ilkelerini incelemiştir. Çalışmada, hareket denklemleri ve eksen takımları arasındaki matematiksel ilişki gösterilerek serbestlik açılarıyla ilişkili eşitlikler elde edilmiştir. Performans özelliklerini incelemek için "eCalc" isimli program kullanılmıştır. Yer

istasyonu yazılımı olarak da Mision Planner isimli program kullanılmıştır. Önal da VTOL bir İHA'nın optimum uçuş parametrelerinin belirlenmesi üzerine çalışmıştır [16]. Dikey kalkış yapan İHA'nın 12° hücum açısı ve 7,8 m/s hız ile en az güce ihtiyaç duyduğunu belirtmiş ve seyir uçuşu için de gerekli gücün 17,6 kW olduğunu hesaplamıştır. Ayrıca, azami menzil için en verimli enerji sarfiyatı için de 8° hücum açısı ve 8,9 m/s hız belirlemiş ve bu durumda enerji sarfiyatının 2,24 kJ/m olduğunu hesaplamıştır. Baykara çalışmasında [17] 1 saat dayanım süresine sahip, 450 knot hıza ve 15000 ft yüksekliğe çıkabilen bir İHA tasarımı gerçeklemiştir. Farklı konfigürasyonlara sahip prototiplerin rüzgâr tüneline testinin maliyetli olacağından FloEFD HAD yazılımı ile farklı konfigürasyonlardaki araçların limit hız tepkileri incelenmiştir. Ceylan çalışmasında [18] turbojet ve pervaneli yüksek irtifa tasarımları incelemiş olup, 1,5 m kanat açıklığı olan, 3.1 kg itki üretebilen, 2.2 kg ağırlığında, 25 dk uçuş yapabilen ölçekli ve pervaneli bir model oluşturmuştur. Konar ise çalışmasında [19] İHA'ların menzil ve uçuş sürelerinin iyileştirilmesi konusunda termal hava akımlarını incelemiş, stabil ve manuel uçuş modlarında termal hava akımı kullanımı ile yapılan uçuşta %61 daha fazla bir uçuş süresi elde etmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Tasarım Ergonomisi

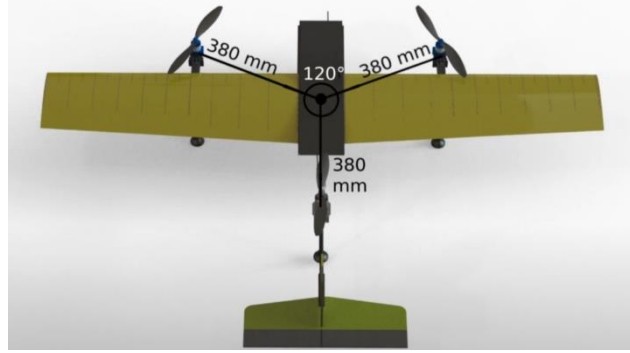
Tasarlanacak İHA'nın amacının sipariş noktalarına iniş yapabilmesi olmasından dolayı araç seçimi bu noktada en önemli kriterlerden birisi haline gelmektedir. Siparişlerin verildiği noktalarda iniş kalkış pistleri bulunmayacağından dolayı, aracın dikey kalkış ve iniş özelliklerine sahip olması çok önemlidir. Kalkış ve iniş için piste ihtiyaç duymaması ve multicopterlerden çok daha hızlı hareket edebilmesi VTOL araçları daha verimli kılmaktadır. Tasarlanan İHA'da, dikey kalkış özelliğinden ödün verilmeden standart VTOL araçlardan daha az motor sayısı ile ekonomiklik ve sadelik hedeflenmiştir. Araç önünde bulunan 2 adet motora tilt hareketi verilerek, yatay hareketi sağlamak için ekstra bir motordan kar sağlanmıştır.

3.2. Tasarım Aşamaları

Araç tasarımına öncelikle elektronik donanımların boyutları ve ağırlıkları hesaplanarak başlanmıştır. Balsa malzemeden üretilen gövdenin şase görevi görmesi için koza geçmeli gövde yöntemine göre parçaların çizimi Solidworks isimli CAD programı ile gerçekleştirilmiştir. Uçak üzerindeki şase bağlantı elemanları da programda çizilip STL formatına dönüştürüldükten sonra FDM baskıya hazır hale getirilmiştir.

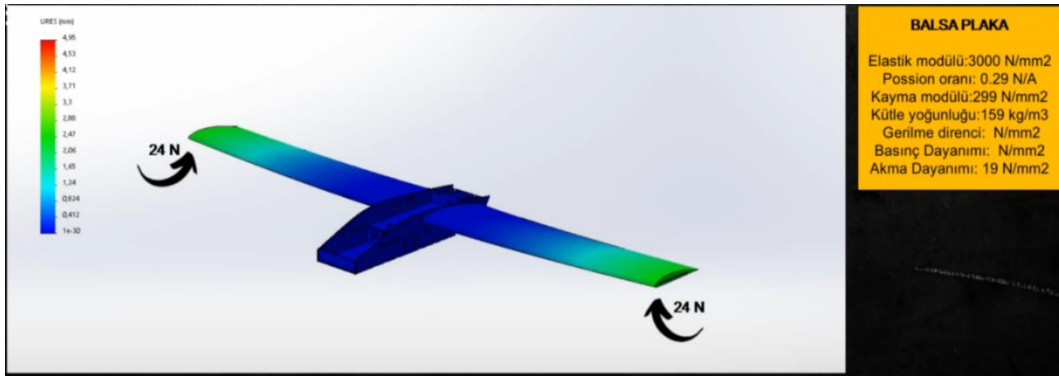
İHA'da hafiflik ve üretim kolaylığı açısından flat elevator ve rudder tasarımı kullanılmıştır. Hesaplanan reynold sayısı ve 15 m/s seyir hızı için s7055 profili tercih edilmiştir. 1.4 m kanat açıklığı 0,34 m² kanat alanı ve 1,20 m uzunluğa sahip İHA'nın motorları ağırlık merkezine göre konumlandırılmıştır. Üretim için gerekli olan profiller Dxf formatında alınarak üretim planı çıkarılmıştır. Gövde boyutları için elektronik donanımların ölçüleri ve ağırlıkları hesaplanmış, sonrasında aerodinamik esaslar göz önüne alınarak geometrisi tasarlanmıştır. CAD programı üzerinden tüm bileşenler çizilmiş veya hazır bulunan çizimleri kullanılarak gövde içerisi optimum şekilde kullanılmıştır.

Tüm İHA bileşenlerinin yerleşimi yapıldıktan sonra dikey kalkışı sağlayacak 3 dikey motorun konumları Şekil 1'de görüldüğü biçimde uçağın ağırlık merkezine göre 120 derecelik açıya denk gelecek şekilde gerçekleştirilmiştir. İcra edilecek görevde faydalı yük (yemek) taşımak için de gövde altına yük taşıma haznesi tasarlanıp yerleştirilmiştir.

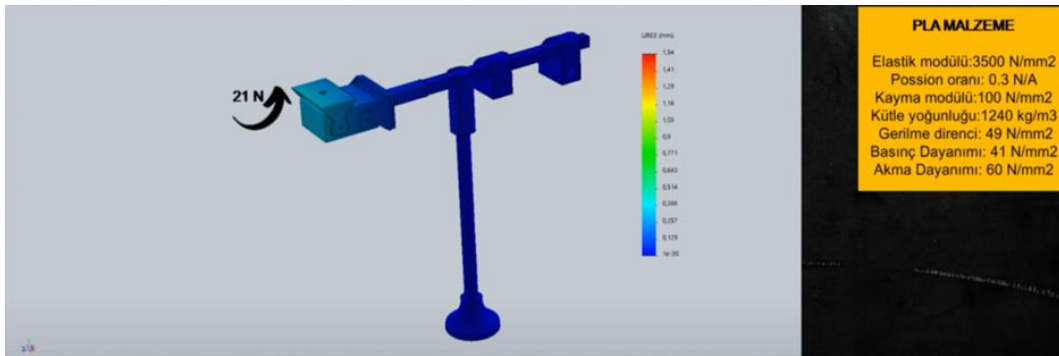


Şekil 1. 3 dikey motor konumları.

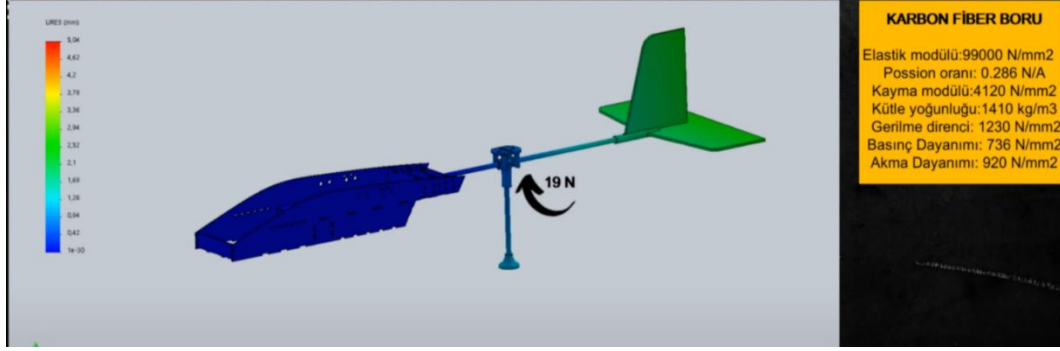
SolidWorks yazılımı ile İHA üzerine analizler yapılmış olup, Şekil 2’de kanat analizi, Şekil 3 ve Şekil 4’te gövde analizleri, Şekil 5’de İHA üzerindeki hız vektörleri ve Şekil 6’da İHA parametre değerleri gösterilmiştir.



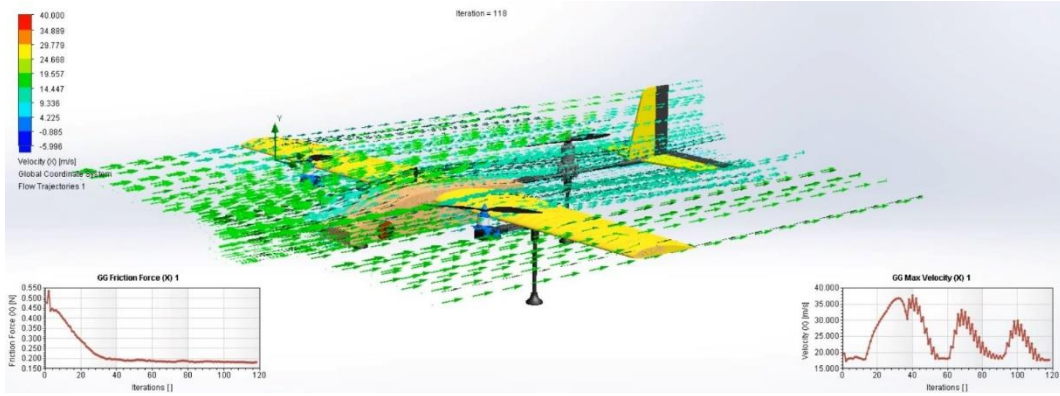
Şekil 2. Kanat analizi.



Şekil 3. Gövde analizi 1.



Şekil 4. Gövde analizi 2.

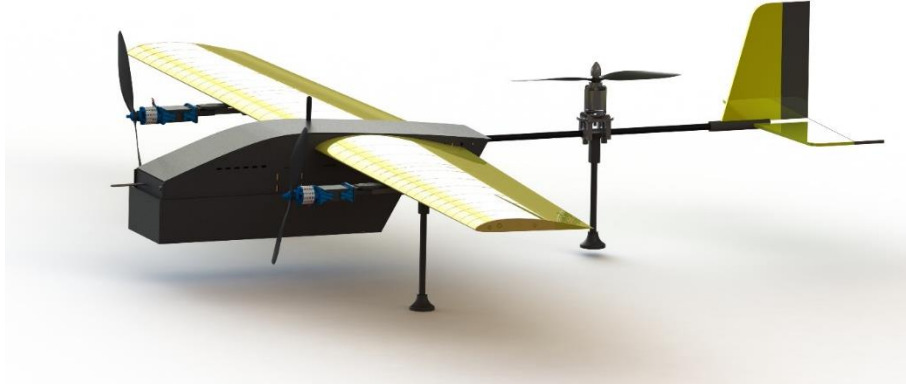


Şekil 5. İHA üzerindeki hız vektörleri.

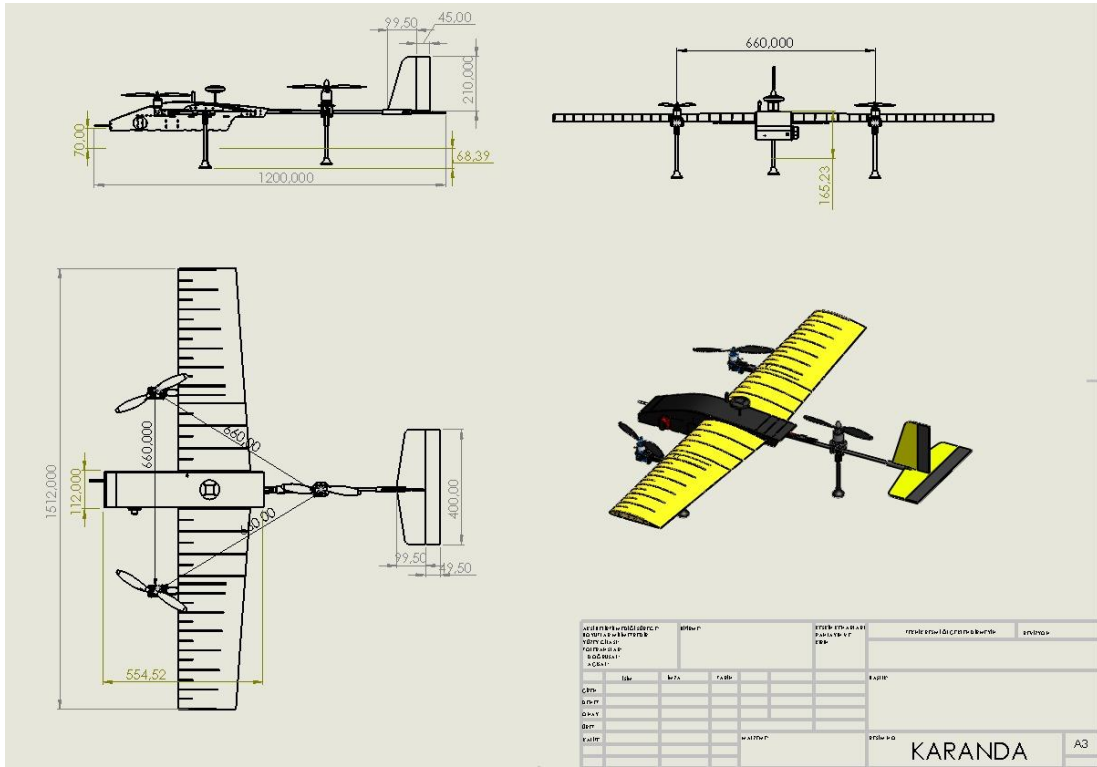
Name	Current Value	Progress	Criterion	Averaged Value
GG Force (Y) 1	13.5338 N	Achieved (IT = 53)	2.0691 N	12.7349 N
GG Friction Force (X) 1	0.639669 N	Achieved (IT = 63)	0.083627 N	0.622548 N
GG Max Temperature (Fluid)	293.649 K	Achieved (IT = 64)	0.0122523 K	293.649 K
GG Max Total Pressure 1	106312 Pa	Achieved (IT = 44)	5897.78 Pa	106731 Pa
GG Max Velocity (X) 1	35.2696 m/s	Achieved (IT = 62)	2.3334 m/s	35.5621 m/s
GG Max Velocity (Y) 1	12.568 m/s	95%	0.536004 m/s	12.2305 m/s
GG Max Velocity (Z) 1	10.9277 m/s	Achieved (IT = 164)	1.19291 m/s	11.4426 m/s
GG Max Velocity 1	44.6174 m/s	87%	4.12671 m/s	46.9495 m/s

Şekil 6. İHA parametre değerleri.

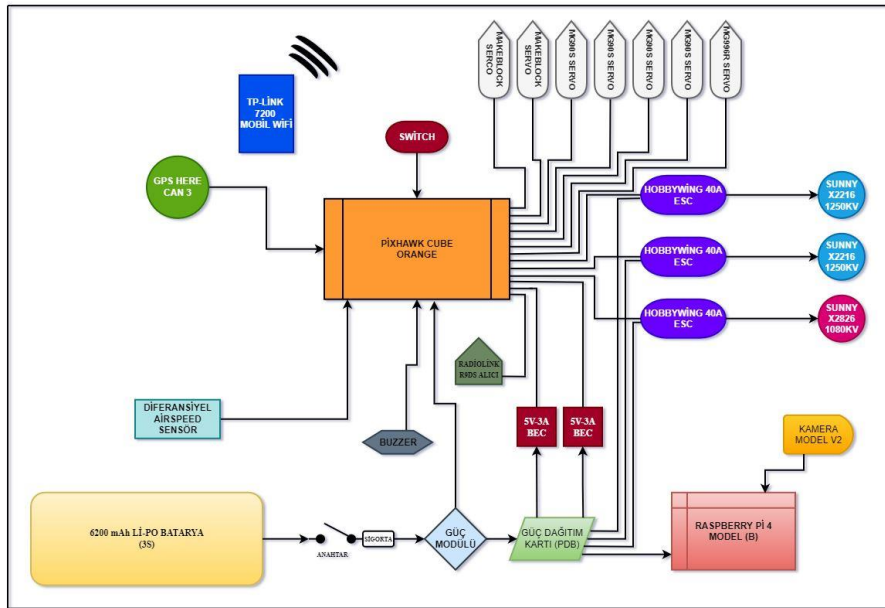
Tasarım aşamaları sonucunda oluşan İHA'nın render hali Şekil 7'de ve teknik çizimi Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 7. İHA Tasarım (Render).



Raspberry Pi 4b kullanılmıştır. Yüksek veri oranı ve pozisyon tutarlılığından dolayı Here 3 Can GPS modülü kullanılmıştır. Hava aracında gerekli itki için, ön motorlar SunnySky x2216, arka motor ise Sunnysky x2826 olarak tercih edilmiştir. Motor verilerinden alınan bilgiler doğrultusunda maksimum akım değerlerini karşılayan Hobbywing Xrotor 40a ESC tercih edilmiştir. 6 dk olarak öngürülen görev süresi boyunca gerekecek gücü sağlayabilmesi için Leopard 3s 6200 mAh Lipo batarya tercih edilmiştir. Uçuş esnasında anlık verilerin yer istasyonuna iletilmesi için alışıla gelmiş telemetri modelleri yerine internet üzerinden haberleşme sağlanmıştır. Bernoulli ilkesine dayanarak basınç farkı ile hız ölçümüne olanak sağlayacak olan “Diferansiyel Airspeed Sensör” kullanılmıştır. Aracımızda kontrol yüzeyleri hareketi için 2 kg torka sahip 4 adet mg90s servo motor, dikey kalkış modundan yatay uçuş moduna geçerken hareketin sağlanabilmesi için 15 kg torka sahip 2 adet Makeblock Robot Servo ve faydalı yük haznesinin hareketini sağlayan 15 kg torka sahip mg996r servo motor kullanılmıştır. İHA üzerindeki güç dağıtımı 14, 16 ve 22 awg kablolar ile sağlanmıştır. Kabloalama arasında ise xt60 güç konektörü kullanılmıştır. Li-Po batarya üzerinden sağlanacak olan gücün bütün sistemlere aktarılmasında 264 A matek pdb kullanılmıştır. Opto tipi Esclerde bec bulunmadığından dolayı servolar için 2 adet 5V-3A BEC, Raspberry Pi için ise pdb üzerindeki BEC kullanılmıştır. Hava aracı üzerinde bulunacak olan tüm motorların maksimum akım değeri 120 A’dır. Bu değer göze alındığında sistem güvenliğini sağlamak amacıyla 200 A sigorta ve anahtar kullanılmıştır. 2.4 Ghz frekansa ve 3,4 km menzile sahip “RadioLink R9DS” alıcı kullanılmıştır. Kamera olarak Raspberry Pi 4 ile uyumlu 1920x1080 Pixel çözünürlük ve sabit odak özelliklerinden dolayı model v2 kamera tercih edilmiştir. İHA elektronik devre şeması Şekil 9’da gösterilmiştir.



Şekil 9. İHA elektronik devre şeması.

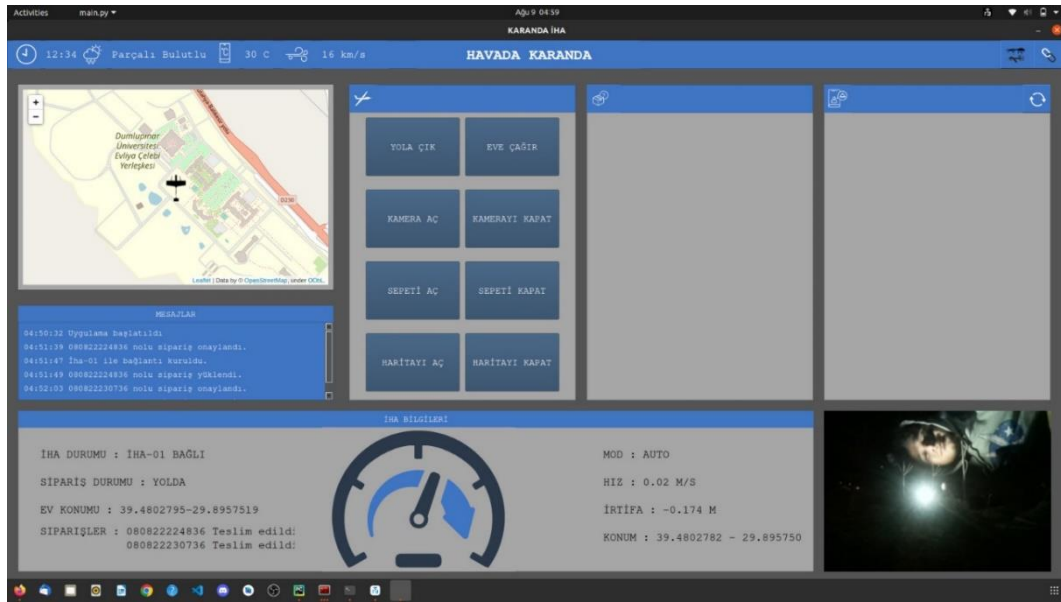
3.4. Haberleşme ve Kontrol

İnsansız hava aracında taşınabilir 4.5 G mobil Wifi modülü kullanılmıştır. Raspberry Pi taşınabilir dağıtıcı yardımı ile internet erişimine açıktır. Pixhawk'dan alınan uçuş verileri Raspberry Pi üzerinden bulut teknolojisi kullanılarak internete aktarılmakta ve Raspberry Pi üzerinde haberleşme yazılımları

ile aracımız teorik olarak sınırsız bir menzile sahip olmaktadır. Ayrıca yer istasyonu olarak internet erişimi olan tüm cihazlar kullanılabilir. Araç tamamen otonom uçuş yapmasına karşın oluşabilecek risk anlarında araç kontrolünün pilot tarafından devir alınabilmesi için 2.4 Ghz frekansa ve 3,4 km menzile sahip "RadioLink R9DS" alıcı kullanılmıştır.

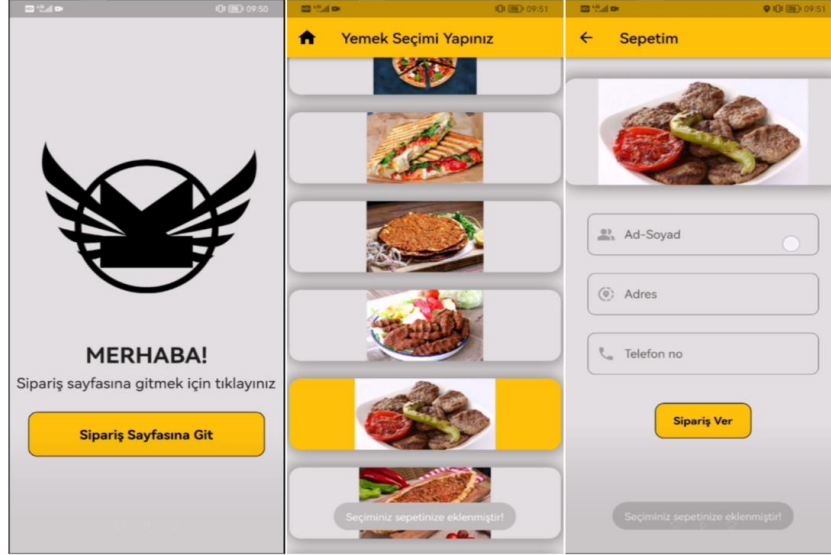
3.5. Yönetim Yazılımı ve Mobil Yazılım

Tasarlanan İHA'yı kontrol etmek için yazılan arayüz vasıtası ile mobil uygulama üzerinden sipariş alınıp ilgili adrese teslim edilebilmektedir. Yazılım, Firebase veri tabanına aktarılan sipariş ve konum verilerini çekerek, alınan koordinatlara göre uçuş görevini arayüz üzerinde bulunan "yola çık" komutu ile başlatılmaktadır. Arayüz yazılımı için Python ve QT Kütüphanesi, QR kod okutulması için OpenCV ve otonom uçuş için ise DroneKit kütüphanesi kullanılmıştır. Uçak ile bağlantı TCP port ile internet üzerinden sağlanmıştır. Şekil 10'da görüldüğü üzere arayüz üzerinde bulunan kısımlar: araç üzerinde bulunan yük (yemek) haznesinin hareketleri için açma/kapatma butonları ve İHA'nın anlık olarak hız, irtifa, konum ve kamera görüntüsünü görüntüleyebildiğimiz alanlardır.

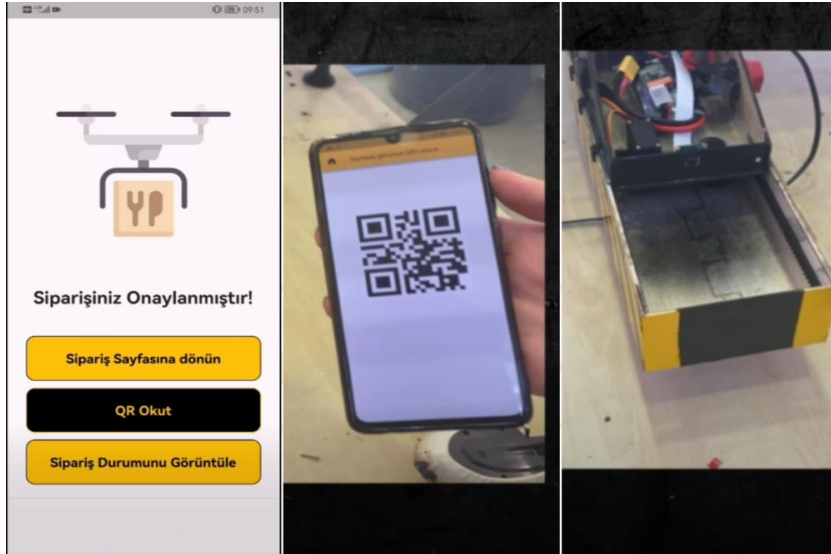


Şekil 10. İHA'nın anlık olarak hız, irtifa, konum ve kamera görüntüsü.

Siparişleri almak ve teslim etmek için geliştirilen mobil uygulama yazılımında Flutter teknolojisi kullanılmıştır. Menü sayfasından yapılan seçimle sepetim sayfasında alınan kullanıcı ve konum bilgisi Firebase veri tabanına kayıt edilmiştir. Şekil 11'de görüldüğü gibi Mobil uygulamada kullanım kolaylığı açısından giriş, menü, sepetim ve sipariş teslimat sayfaları bulunmaktadır. Şekil 12'de de mobil uygulama onay sayfası ve QR kodu görülmektedir.



Şekil 11. Mobil uygulama giriş ve menü sayfaları.



Şekil 12. Mobil uygulama onay sayfası ve QR kodu.

Şekil 12’de görülen mobil uygulama üzerinden sipariş verme işlemi tamamlandıktan sonra bilgilendirme sayfasında bulunan “QR Okut” butonuna basıldığında ekrana gelen QR kodu, aracın önünde bulunan kameraya okutulduğunda faydalı yük haznesi açılmaktadır.

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Yapılan uçuşlardan alınan veriler ile uçuş performans parametreleri Tablo 1’de verilmiştir. Üretimi gerçekleştirilen İHA otonom bir şekilde uçabilmekte ve hedeflenen görevleri başarılı bir şekilde gerçekleştirebilmektedir.

Tablo 1. Uçuş performans parametreleri.

Uçuş süresi	6,3 dk
Seyir hızı	14 m/s
Stall hızı	10,382 m/s
Seyir irtifası	30 m
Dönüş yarıçapı	20 m

Bu çalışmada kurye, kargocu, postacı vb kişi ve kurumlara destek olacak olan, trafik sorunu olmayan düşük maliyetli, hızlı ve lojistik bir VTOL İHA geliştirilmiştir. Bu doğrultuda QR kod aktivasyonla yük taşıma haznesi bulunan VTOL İHA tasarımı yapılmış ve üretimi gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen İHA 30 m irtifaya, 14 m/s yatay hıza ve yüksek manevra kabiliyetine sahip olmuştur. İHA' nın kanat açıklığı 1400 mm, uzunluğu 1200 mm ve ağırlığı 3 kg olacak şekilde üretilmiştir.

Tasarımı ve üretimini gerçekleştirilen İHA ile toplamda 250 başarılı uçuş gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, ülkemizde gerçekleşen Havacılık, Uzay ve Teknoloji Festivali olan Teknofest’in Uluslararası Serbest Görev İnsansız Hava Araçları yarışmasına katılım sağlanmıştır. Hem yarışma finalistlerinin belirlendiği son aşama olan detaylı tasarım videosu başlığı altında gönderilen raporda hem de final yarışmalarında Türkiye birinciliği elde edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından #2022-08 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] Hacıoğlu, A. (2010). Gözetleme/saldırı amaçlı mini insansız hava aracı tasarımı ve üretimi. Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, 4(3), 1-6.
- [2] Demir M., Güneş, B. (2017). Zagi tipi bir insansız hava aracının (iha) tasarımı ve bilgisayar görmesine dayalı olarak kontrol yazılımının geliştirilmesi. Sakarya Üniversitesi, Bitirme Tezi.
- [3] Akpınar, M. ve Topal, A. (2021). Hale sınıfı insansız hava aracı teknolojisi ve konvansiyonel (geleneksel) savaştaki yeri. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, 3 (1), 17-22.
- [4] Karaağaç, C. (2016). İHA sistemleri yol haritası, geleceğin hava kuvvetleri 2016-2050. STM Future Technology Institute.

- [5] Kahveci, M., ve Can, N. (2017). İnsansız hava araçları: tarihçesi, tanımı, dünyada ve Türkiye'deki yasal durumu. Selçuk Üniversitesi. Müh. Bilim ve Teknik. Dergisi. 5(4), 511-535.
- [6] Kenaroğlu, Y. (2013). İnsansız hava aracı: ne kadar güvenilir?. Mühendis ve Makina, 54(636), 54-69.
- [7] SSM (2021). Türkiye iha sistemleri yol haritası 2011-2030, Savunma Sanayi Müsteşarlığı, http://www.ssm.gov.tr/_layouts/images/iha_ekatalog_web/files/assets/seo/toc.html, (Erişim tarihi: 01. 04. 2021).
- [8] Karaağaç, C. (2014). İHA sistemlerine genel bakış, İnsansız Hava Araçları Semineri, TÜTEV Türkiye Teknik Elemanlar Vakfı, Ankara, 19 Şubat 2014.
- [9] Korkmaz, Y., Iyibilgin, O., ve Findik, F. (2015). Geçmişten günümüze insansız hava araçlarının gelişimi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 20(2), 103-109.
- [10] Akşar, E. ve Selim, S. (2018). Sabit kanatlı insansız hava araçlarında (iha) kanat tasarımının uçuş süresi, manevra kabiliyeti, kalkış hızı (vstall) üzerine etkilerinin araştırılması, VII. Uzaktan Algılama CBS Sempozyumu, 1, 945-951.
- [11] Yazar, E. (2018). VTOL İHA'nın kanat bağlantı açılarının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [12] Özbek, E. (2018). Elektromekanik doğa benzetimli gözlem mini iha tasarımı: yapısal ve aerodinamik analizleri, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- [13] Pala, E., (2018). Dikey kalkış ve iniş yapabilen sabit kanatlı hava aracı tasarımı, kontrolü ve imalatı, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [14] Yılmaz İlaslan, A. G. ve Kandemir, İ. (2021). Kanat gövde tipindeki bir insansız hava aracının yapısal tasarımı ve analizi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Ejosat Özel Sayı 2021 (ICAENS), 775-780, DOI: 10.31590/ejosat.1011249
- [15] Elmas E.E., Alkan M., Bir insansız hava aracı sisteminin tasarımı, benzetimi ve gerçekleştirilmesi, Politeknik Dergisi, *(*) : *, (*). DOI: 10.2339/politeknik.1037319
- [16] Önal, M., Çoban, S., Yapıcı, A., Bilgiç, H.H. (2019). Dikey iniş kalkış yapabilen bir iha'nın azami menzili ve asgari güç gereksinimi için en uygun uçuş parametrelerinin belirlenmesi. Journal of Aviation, 3 (2), 106-112. DOI: 10.30518/jav.633775
- [17] Baykara, U., Alemdaroğlu, N. (2016). Yüksek hızlı sahte hedef iha tasarımı, Sürdürülebilir Havacılık Araştırmaları Dergisi, 1, 55-64.
- [18] Ceylan, A. (2019). Yüksek irtifa uzun menzil iha tasarımı ve uçuş testleri, Yüksek Lisans Tezi Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- [19] Konar, M., Kekeç E.T. (2021). İnsansız hava araçlarının uçuş süresinin termal hava akımları kullanılarak arttırımı, European Journal of Science and Technology, 23, 394-400.