



ULUSLARARASI 3B YAZICI TEKNOLOJİLERİ  
VE DİJİTAL ENDÜSTRİ DERGİSİ

INTERNATIONAL JOURNAL OF 3D PRINTING  
TECHNOLOGIES AND DIGITAL INDUSTRY

ISSN:2602-3350 (Online)

URL: <https://dergipark.org.tr/ij3dptdi>

# HEDEFE ODAKLANAN İNSANSIZ HAVA ARACIN ÜÇ BOYUTLU BASKI TEKNOLOJİSİ İLE ÜRETİMİ VE KONTROLÜ

PRODUCTION AND CONTROL OF TARGET-FOCUSED  
UNMANNED AERIAL VEHICLE USING 3D PRINTING  
TECHNOLOGIES

**Yazarlar (Authors):** Remzi ERKUT <sup>ID</sup>\*, Batuhan EFENDİOĞLU <sup>ID</sup>, Hüseyin Serhat  
YILMAZ <sup>ID</sup> Koray ÖZSOY <sup>ID</sup>

**Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article):** Erkut R.,  
Efendioğlu B., Yılmaz H. S., Özsoy K., "Hedefe Odaklanan İnsansız Hava Aracın Üç  
Boyutlu Baskı Teknolojisi ile Üretimi ve Kontrolü" *Int. J. of 3D Printing Tech. Dig. Ind.*,  
7(3): 571-587, (2023).

DOI: 10.46519/ij3dptdi.1377060

Araştırma Makale/ Research Article

Erişim Linki: (To link to this article): <https://dergipark.org.tr/en/pub/ij3dptdi/archive>

# HEDEFE ODAKLANAN İNSANSIZ HAVA ARACIN ÜÇ BOYUTLU BASKI TEKNOLOJİSİ İLE ÜRETİMİ VE KONTROLÜ

Remzi ERKUT <sup>a\*</sup>, Batuhan EFENDİOĞLU <sup>a</sup>, Hüseyin Serhat YILMAZ <sup>a</sup>, Koray ÖZSOY <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisi Bölümü, Türkiye

<sup>b</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Isparta OSB MYO, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Türkiye

\* Sorumlu Yazar: [remzierkut6@gmail.com](mailto:remzierkut6@gmail.com)

(Geliş/Received: 16.10.23; Düzeltme/Revised: 21.11.23; Kabul/Accepted: 15.12.23)

## ÖZ

Bu çalışmanın amacı, askeri, savunma ve havacılık personellerin yakın temaslarda sıcak çatışmalarda, askeri personellerden önde giderek üzerindeki hedefe otonom yönelen silah mekanizması ile düşmanı etkisiz hale getirip can kaybını azaltacağı, istihbarat sağlayabileceği ve aldığı istihbaratı mobil uygulama aracılığı ile diğer personeller ile paylaşabileceği kontrollü, kolay taşınması ve kurulmasıdır. Gelişen teknoloji ile İnsansız Hava Aracı (İHA)'lar ihtiyacın olduğu alanlarda geliştirilerek günümüzde kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle savunma sanayi alanında kendini ispat ettiği için kullanımı bu alanda yaygınlaşmış ve ülkeler için vazgeçilmez bir silah olmuştur. İHA'ların kullanımı ile uçuş maliyetleri azaltılmış olup yapılacak olan işler daha hızlı ve ucuz bir şekilde yapılmaya başlanmıştır. Bu etkene paralel olarak kullanımı artmıştır. Çalışmada tehlike teşkil eden malzemeleri tespit eden özgün bir görüntü işleme yazılımı gerçekleştirilmiştir. Tehlike teşkil eden maddeye doğru yönelen silah mekanizması, bu sayede silah mekanizmasını yönlendirmek için ekstra bir çaba sarf edilmesini önleyecek olup askeri personelin yalnızca ateş etme talimatını beklemiştir. Yazılım kısmının doğruluk değerlerinin belirlenebilmesi için yeterince deneme yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Silah, İHA, Otonom, Döner Kanat, 3B Yazıcı.

## PRODUCTION AND CONTROL OF TARGET-FOCUSED UNMANNED AERIAL VEHICLE USING 3D PRINTING TECHNOLOGIES

### ABSTRACT

The aim of this study is to carry the military, defense and aviation personnel in close contact, in hot conflicts, in a controlled and easy way, where they can go ahead of the military personnel and neutralize the enemy with the weapon mechanism that autonomously targets the target, reduce the loss of life, provide intelligence and share the intelligence they receive with other personnel through the mobile application. With the developing technology, Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) have been developed and started to be used in areas where they are needed. Since it has proven itself especially in the field of defense industry, its use has become widespread in this field and has become an indispensable weapon for countries. With the use of UAVs, flight costs have been reduced and work has begun to be done faster and cheaper. In parallel with this factor, its use has increased. In the study, a unique image processing software was developed to detect hazardous materials. The weapon mechanism, which is directed towards the dangerous substance, will thus prevent any extra effort to direct the weapon mechanism, and the military personnel will only wait for the instruction to fire. Enough trials have been made to determine the accuracy values of the software part.

**Keywords:** Gun, UAV, Autonomous, Rotary Wing, 3D Printing.

## 1. GİRİŞ

Savunma sanayi, ülke güvenliği için gerekli görülen savunma araç-gereçlerinin üretimi ve hizmetlerin sunulmasıyla bağlantılı olarak genel kapsamda endüstriyel iş çevresini içine alan bir sektördür. Askeri teknolojilerdeki kayda değer ilerlemeler, modern savunma sanayiye geçişi hızlandırmıştır. Devletler savunma sanayiye silahlı kuvvetlerinin ihtiyaçlarını özgün tasarlanmış sistemler ile minimum maliyetle karşılayabilmenin yanı sıra bağımsız politikalar uygulayabilmek için desteklemektedirler. Tarih boyunca ve günümüzde savunma sanayinin, ülkelerin güvenliği ve uluslararası politikalarda etkinliği bakımından sahip olduğu önem, ülkelerin savunma sanayilerini yenilikçi ürünler ortaya koymaya, teknoloji transferine ve savunma teknolojilerine egemen olmaya yöneltmiştir. Gelişmiş ülkeler savunma sanayii alanında bugün de büyük bir rekabet içerisindeyler. Gelişmekte olan ülkeler ise benzer bir tutumu kendi savunma sanayileri konusunda göstermektedirler [1-2].

Savunma sanayi, ülkenin güvenliği için savunma gereçlerine ihtiyaç duyan güvenlik personellerinin ihtiyacı karşılamak için sunulan bir sektördür. Savunma sanayi devlet tarafından bağımsız bir yol izleyebilmek adına desteklenen bir sektördür. Bu sektör askeri personellerin ihtiyaçlarına göre şekillenebilmektedir. Aynı zamanda bu sektörün gelişmesi devletler için büyük bir önem arz etmektedir. Çünkü bu sektörün gelişmesi ve yenilikçi ürünlerin ortaya konması bu alanda dışa bağımlılığı azaltıp egemen olmaya yöneltmektedir [1-2]. Savunma sektöründe dünya çapında artan harcamalar nedeniyle, devletlerin ulusal savunma sanayilerinin ulusal ekonomiler, güvenlik, savunma ve dış politika üzerindeki etkilerini yeniden değerlendirmeleri gerekebilir [3]. Askeri teknolojilerdeki kayda değer ilerlemeler, modern savunma sanayiye geçişi hızlandırmıştır. Devletler savunma sanayiye silahlı kuvvetlerinin ihtiyaçlarını özgün tasarlanmış sistemler ile minimum maliyetle karşılayabilmenin yanı sıra bağımsız politikalar uygulayabilmek için desteklemektedirler. Bu ihtiyaçlardan biri de savaş uçakları ve benzeri türevleridir [1,4].

Gelişen teknoloji ile havacılık sektörü de ihtiyaca göre şekillenip gelişmiştir. Bu gelişmelerin bazıları aerodinamik, aviyonik

sistem ve elektronik-silah sistemleridir. Bu sistemleri bulunduran uçaklar savaş uçağı kapsamına girmektedir. Bu sistemler ile bu uçaklar değişik şekilde sınıflandırılabilir. Av uçakları, bombardıman uçakları, taarruz ve karakol uçakları, keşif uçakları, ulaştırma uçakları, eğitim uçakları, helikopterler olarak sınıflandırılabilir. Fakat bu günlerde yoğun olarak gündemde olan insansız hava araçları daha çok ilgi görmektedir [5].

İnsansız hava aracı (İHA) fiziksel olarak içinde insan bulunmayan bir tür uçan araçtır. Günümüzde teknolojinin ilerlemesi ile gelişen İHA'lar gözetleme, keşif, askeri amaçlar, taşımacılık, zirai ilaçlama, kamera çekimi, yangın söndürme gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. İHA'lar gerçekleştirdiği göreve bağlı olarak birçok çeşidi geliştirilmiştir. Sabit kanat İHA'lar, genellikle itki sistemi olarak bir motor ve pervane kullanan orman çöl şehir dahil çok çeşitli olası operasyonel ortamlarda görev yapabilen kanat ve gövde kuyruktan oluşan İHA'lardır. Döner kanat İHA'lar, dikey iniş kalkış yapıp havada asılı kalabilen yüksek manevra kabiliyeti olan İHA'lardır [6]. İHA'lar ekonomi ve personel açısından çok önemlidir. Özellikle ekonomik bağlamda insansız hava araçları diğer hava araçlarına göre çok daha uygundur. Bunun yanı sıra insansız hava araçlarının uçuş maliyetleri de çok düşüktür. Başlangıçta potansiyel faydaları çok geç görülen İnsansız Hava Aracı (İHA) sistemleri, 2000'li yılların başından itibaren hızla yayılmış, sistemlerin sayısı ve çeşitleri artarken aynı zamanda kabiliyetleri de oldukça gelişmiştir [7]. İHA'ların çeşitlerinin artmasıyla ve kabiliyetlerinin gelişmeleriyle birlikte ülkeler için bu sistemler savunma sanayinde önemli bir kuvvet çarpanı olarak ortaya çıkmış ve askeri güvenlik ortamına yeni bir anlayış getirmiştir [8]. İHA'ların askeri güvenlik ortamına girmesiyle ve başarılı sonuçlar elde etmesiyle birlikte bu teknoloji üstünde yoğunlaşmıştır.

Sadece drone üreticileri değil, İHA'lara uygulama odaklı unsurlar dahil eden İnsansız Hava Sistemi (UAS) sağlayıcıları ihtiyacı karşılamak için İHA'lara yapacakları göreve göre özellikler eklenmiştir [9]. Döner kanat, sabit kanat, VTOL gibi çeşitleri sayabiliriz. Bu çeşitlendirmeler ile boyut ve tasarımlarında değişiklikler olmaktadır [6]. İHA kontrol modları olarak Manual Mode, Autotune Mode,

AUTO Mode olmak üzere genel anlamda ayırabiliriz. manual mode, Hava aracı kontrol kumandası üzerinden direk kullanıcı tarafından kontrol edildiği mod diyebiliriz. Autotune ise havada herhangi bir müdahale gerekmeden PID kontrolcüler üzerinden İHA'nın kendini kontrol etmesi diyebiliriz. Auto mode ise haritadan işaretlenen konumlar ve irtifa aracılığıyla kendi kendine hareket ettiği moddur.

Günümüzde gelişen teknoloji ile birçok İHA otomatik pilot ve GPS/IMU sistemlerine sahiptir. Bu sistemler sayesinde uçuş öncesi hazırlanan uçuş planına göre otomatik uçuş yapılabilmekte ve toplanan görüntülerin yaklaşık koordinatları belirlenebilmektedir. Ayrıca GPS/IMU sistemi sayesinde görüntü alımı esnasında İHA'larda meydana gelen dönüklükler belirlenebilmektedir [10].

Hava aracı üzerinde bulunan kontrol servo motorların direkt olarak RC kumandadan gelen komutlar kontrol edildiği uçuş modudur. Autotune Uçağın havada hiçbir müdahale gerekmesizden otonom olarak ROLL ve PITCH eksenlerinde PID ayarlarının yapılmasını sağlar. Uçağı ilk olarak manuel olarak kalkışı gerçekleştirilir. Sonrasında, istenilen irtifaya gelindiğinde autotune modu aktif edilerek havada PID ayarları yapılır. AUTO Mode Yer istasyonunda uçağın belirlenen konumda ve irtifada istenilen görevi otonom olarak gerçekleştirdiği moddur. AUTO modu kullanmadan önce cihazın GPS ve IMU kalibrasyonu kontrol edilmelidir [11].

İHA'lar ilk olarak askeri amaçlı olarak üretilmeye başlanmıştır. İlk insansız hava aracının 1916 yılında uçuşulmasından sonra İHA'lar askeri amaçlar için kullanılmıştır. 1950'li yıllardan sonra ise insansız hava araçları sivil amaçlar için kullanılmaya başlanmıştır. İHA'ları görüntüleme alanında kullanmada sınırlamak imkansızdır [12]. Bunun sonucunda gereken ihtiyaçlar dahilinde İHA'lar geliştirilip kullanılmıştır. Büyük Ölçekli Harita Yapımı, Arkeolojik Alanların Belgelenmesi, Orman Alanlarına Yönelik Uygulamalar, Tarımsal Uygulamalar, Afet Yönetimi gibi alanlar örnek verilebilir. Ülkemizde ağırlıklı olarak savunma sanayide kullanılan İHA'lar ve bunun en önemli yürütücüsü BAYKAR'dır [13]. İHA'lar ile toplanan veriler, veri düzeltme, veri birleştirme, veri anlamlandırma gibi işlemlere tabi

tutulmaktadır. Yüksek boyutlarda ve karmaşık yapıdaki veriler, bilgisayar yazılımları sayesinde işlenip daha anlaşılabilir ve ölçeklenebilir yapılara dönüştürülmektedir. Bu verilerin anlamlı hale getirilmesiyle de karar destek sistemleri (DSS), coğrafi bilgi sistemleri (GIS), iş zekâsı sistemleri (BIS), yapay zekâ sistemleri (AIS) gibi endüstri 4.0 uygulamalarının başarısı artmaktadır ve kullanım alanı genişlemektedir [14]. Savunma sanayide kullanılmakta olan İHA'ların özelliklerini inceleyecek olursak Baykar Bayraktar TB2 27000 feet, Bayraktar Akıncı 40000 feet yükseklikte görev almaktadırlar [15] ve üretim maliyetleri 6-10 milyon dolar arasındadır [16].

Çalışmada, daha kolay taşınabilmesi için manuel açılır kapanır kol mekanizması ve kolay hareket edebilmesi için servo motor yardımı ile hareket eden ayak mekanizması olan döner kanat İHA üretimi yapılmıştır ve üzerine silah, kamera cihazı entegre edilmiştir. Çalışmada, tasarlanan döner kanat İHA'nın tasarımında gövdesinde karbonfiber plakalar kollarında ile karbonfiber borular kullanılmıştır. Silah mekanizmalarını ve manevra kabiliyetini arttırması için güçlü fırçasız DC motorlar kullanılmıştır. Genel kontrol için ise pixhawk kontrol kartı kullanılmıştır. Tasarlanan silah mekanizması ve ayak mekanizması için servo motorlar kullanılmıştır. Yazılım kısmında ise YOLOv5 kullanılmış olup görüntülerimizi etiketlemek ve hazır hale getirmek için roboflow sitesinden faydalanılmıştır. Kameradan alınan veriler direkt olarak bilgisayarımıza gelip bilgisayar üzerinden işleme yapılmıştır. Görüntü işleme teknikleri kullanılarak silah ve kamera sistemi birbiri entegre edilmiş ve kamera tehdit algıladığında silah hedefe otomatik yönlendirilmiştir.

## 2. MATERYEL VE METOT

### 2.1. Materyal

Çalışmada, materyal olarak Üç boyutlu yazıcı, Fırçasız DC motorları ve sürücülerini ve uzaktan ölçüm ve iletişim sistemi kullanılmıştır.

#### 2.1.1. Üç Boyutlu (3B) Yazıcı

Çalışmada İHA'nın parçalarının 3B yazıcı ile üretim aşamaları Şekil 1'de görüntüsü, 3B yazıcının teknik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Şekil 2'de 3B yazıcı ile üretilmiş gövde bağlantı parçası verilmiştir.



Şekil 1. 3B yazıcı imalat görüntüleri Motor tutucu imalatı

Çizelge 1. 3B Yazıcının Teknik Özellikleri

Adı	Birim	Boyutlar
Baskı alanı	mm	220x220x250
Tabaka kalınlığı	mikron	20
Materyal		PLA/ABS/HIPS/WOOD/PC/PVC
Baskı teknolojisi		Fused filament fabrication (FFF)
Uyumlu filament çapı	mm	1,75
Nozzle çapları	mm	0,2/0,3/0,4
Ağırlık	kg	8,5
Yapı plakası		110 °C ısıtmalı cam yapı plakası (max)
Maksimum güç çıkışı	W	360
Dosya transferi		SD kart
Baskı yazılımı		Cura/Tronxy slicer

Çalışmada İHA'nın parçalarının üç boyutlu baskı teknolojilerinden ergiyik biriktirme modelleme (FDM) yazıcıda kullanılan filament

malzemesi PLA'nın teknik özellikleri Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. PLA ve Filamentlerin Teknik Özellikleri

Baskı sıcaklığı (°C)	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Bozulma sıcaklığı (°C,0,45 MPa)	Gerilme direnci (MPa)	Kopma uzaması (%)	Eğilme direnci (MPa)	Etki dayanıklılığı (kJ/m <sup>2</sup> )
205-225	1,24	52	60	29	87	7



Şekil 2. Gövde bağlantı parçası

### 2.1.2. Fırçasız DC Motorları ve Sürücüleri

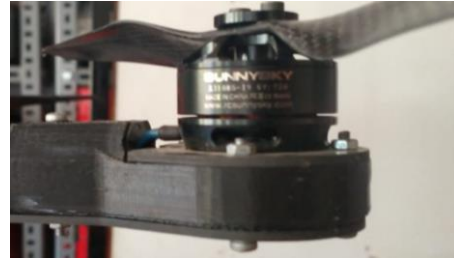
Electronic speed controller (ESC) yani elektrikli hız kontrol cihazı, fırçalı veya fırçasız bir elektrikli motora giden hızı kontrol eden ve bataryadan gelen akımı düzenleyen devre kartıdır. Bu devre kartı motorun tersine dönmesini ve dinamik frenleme yapmasını da sağlar. Motorların hızını ve yönünü ESC ile kontrol edilebilmektedir. Çalışmada kullanılan motorlarımızın akım grafikleri incelendiğinde 25A ESC kullanımı uygun görülmüştür. Şekil 3'de İHA'da kullanılan ESC verilmiştir.

### 2.1.2.1 Devre kesici

Bir devre kesici, bir elektrik panelinde, elektrik kablolarından gönderilen amper (amper) miktarını izleyen ve kontrol eden elektrikli bir cihazdır. Elektrik kablolarında bir aşırı gerilim meydana gelirse, kesici açılacaktır. Bu, "açık" konumda olan bir kesicinin "kapalı" konuma çevrileceği ve kesiciden çıkan elektrik gücünü keseceği anlamına gelir. Aşırı akım durumları, bir devrenin normalden daha yüksek bir akım taşımaya neden olan durumlardır. Bu durumlar genellikle kısa devreler veya aşırı yüklenmelerden kaynaklanır. Kısa devreler, bir devrenin iki noktasının doğrudan bağlantıya gelmesi sonucu meydana gelirken, aşırı yüklenmeler ise bir devrenin tasarlanan kapasitesinden daha fazla bir yük taşımaya neden olan durumlardır. Temel olarak, devre kesici bir güvenlik cihazıdır. Gerekli hesaplamalar yapıldığında 100A devre kesici uygun görülmüştür. Yapılan hesaplamalarda bataryanın maksimum sürekli akım taşıma kapasitesi 37Wh (3.7\*10) olarak hesaplanmış olup ve aynı zamanda motorların maksimum akım taşıma kapasitede göz önünde bulundurulduğunda (4\*16,5) 100A lik devre kesici uygun görülmüştür. Şekil 4'te İHA'da kullanılan 100 amperlik devre kesici verilmiştir.



Şekil 4. Devre Kesici



Şekil 5. Fırçasız DC motor

### 2.1.2.2 Fırçasız DC Motor

İHA'nın havada uçuş süresi ve bundan alınacak verim doğrultusunda "SUNNYSKY X3108S 720kV fırçasız Motor" kullanılmıştır. Kullanılan motor 81 gr'dır. Stator çapı 31mm, mil çapı 4mm'dir ve 325W gücünde ve maksimum sürekli ekeceği akım 16.5A'dır. Besleme gerilimi 14.4V'dir. Çizelge 3'de motorun değerleri verilmiştir. Şekil 5'de İHA'da kullanılan DC fırçasız motor verilmiştir.

Çizelge 3. Fırçasız DC Motor Özellikleri

Stator Diameter	31mm
Stator Thickness	8mm
No. of Stator Arms	12
Motor Kv	720
No-Load Current (A/10V)	0.6A
Motor Resistance	132mOhm
Max Continuous Current	22A/30S
Max Continuous Power	325W
Weight	81g
Outside Diameter	37,8
Shaft Diameter	4mm
Body Length	26.5
Overall Shaft Length	33mm
Max Lipo Cell	3-4S



Şekil 3. ESC görüntüsü

### 2.1.2.3 Pervane

Pervane seçiminde fırçasız DC motor datasheet'den tavsiye edilmesi, itki-ağırlık hesaplamaları yapıldığında ve diğer bileşenler ile uyumlu olması açısından etkili olmuştur. Bunun yanında karbon fiber yapısı kullanımı ile malzemenin sertliği yüksek ve hafif olduğundan dolayı hem motorun stabil çalışmasında hem de dayanıklılık anlamında bu pervane seçilmiştir. Şekil 6'da İHA'da kullanılan pervane verilmiştir.





Şekil 6. Pervane

### 2.1.3. Uzaktan Erişim Kumanda

Çalışmada en önemli husus haberleşmeyi doğru ve anlık olarak yapmaktır. Bu sebeple 2.4GHz bandında ve 10 kanallı Flysky markalı FS i6x modellenli kumandayı tercih edilmiştir. Drona servo motorları kontrol etmek için fazla çıkışa ihtiyaç duyulmuştur. Bu yüzden 10 kanallı bir kumanda tercih edilmiştir. Şekil 7’de kullanılan kumanda verilmiştir.

#### 2.1.3.1 Kamera

Çalışmada, çevre analizi yapabilme, alınacak görüntüyü net işleyebilmesi gibi sebeplerden dolayı Sjam-4000 marka ve modellenli kamerayı tercih edilmiştir. Kamera 170° açılı olmasından dolayı geniş alan taraması yapabilecektir.

#### 2.1.3.2 GPS Modülü

GPS modülü, uydular ile arasındaki mesafeyi ölçerek anlık İHA konumu belirlemeye çalışan bir mekanizmadır. İHA’da istenilen en önemli özelliklerinden biri bulunduğu konumun bilinmesidir. Bunun yanında alan taraması için ihtiyaçları karşılamasıdır. Bu sebeple “Ublox Neo M8n” GPS modülünü tercih edilmiştir. GPS’in İzleme hassasiyeti: -161 dBm, yakalama hassasiyeti: -148dBm’dir. Şekil 8’de GPS görüntüsü verilmiştir.



Şekil 7. Kumanda



Şekil 8. GPS Modülü

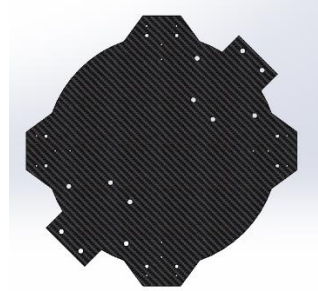
## 2.2 METOT

### 2.2.1 Mekanik Tasarım ve İmalat

Çalışmanın metot, mekanik sistemlerin tasarımı gövde, kol, ayak, motor tutucular, kol ve ayak mekanizmalarını, silah mekanizmasının tasarımını ve imalatını kapsamaktadır. Ayrıca çalışmada Şekil 9’da gösterildiği gibi tüm materyalleri üzerinde barındıracak ve hedefe otonom odaklanan İHA çalışmasını sağlayacak şekilde ana gövdenin mekanik tasarımı Solidworks programı kullanarak çizilmiştir.

### 2.2.2 Gövde Tasarım ve İmalatı

Gövde dört kanatlı (quadcopter) olarak tasarlanmıştır. Literatür ışığında gövde sağlamlığı ve hafifliği açısından karbon fiber madde kullanılmıştır. Şekil 10’da gösterildiği gibi hazır olarak alınan karbon fiber plaka belirlenen ölçü ve şekilde CNC kesim gerçekleştirilmiştir.



Şekil 9. Ana gövde tasarım görüntüsü

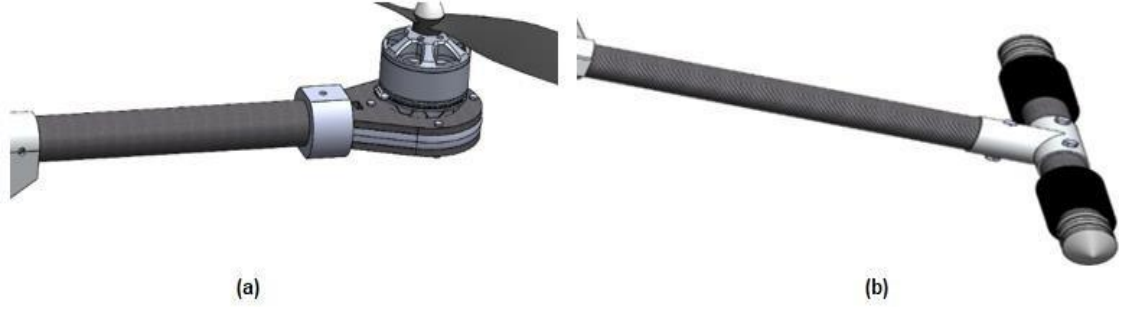


Şekil 10. Üretim süreci görüntüsü

### 2.2.3 Kol ve ayak tasarımı ve imalatı

Döner kanatlı İHA'nın düzgün biçimde aerodinamik olması açısından kol ve ayaklar silindirik tasarlanmıştır. Hazır olarak alınan

karbon fiber borular uygun biçimde kesilmiştir. Ayrıca en az 650 mm olacak şekilde kol ve iniş takımları testere ile kesilmiştir.

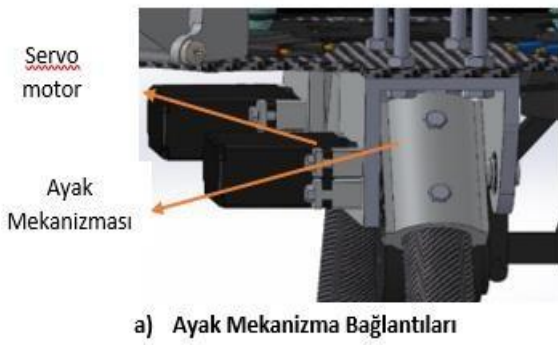


Şekil 11.Kol, ayak tasarımı ve imalatı

### 2.2.4 Servo Motor Kontrollü Ayak Mekanizması Tasarımı ve İmalatı

Açılır kapanır ayak mekanizması tasarlayarak İHA daha aerodinamik hale getirilmiştir. Servo motor sayesinde ayak havada 90 derece

bir açığa sahiptir. Ayakların havada olması ile İHA'ya aerodinamik ve manevra kabiliyeti sağlayacaktır.



Şekil 12. Ayak tasarımı

Mekanizmanın parçaları üretim kolaylığı, maliyet açısından avantajlı olduğu için 3D yazıcıdan ve daha sağlam olduğu için ABS'den

üretilmektedir. Bu mekanizmalar Şekil 13'te gösterilmiştir.





Şekil 13. Ayak Tasarımı ve İmalatı

### 2.2.5 Silah mekanizması tasarımı imalatı ve Pervane

Silahın hareketini sağlamak için fırçasız DC motorlar ile mekanizması tasarlanmıştır. Silah mekanizması tasarımı Şekil 14'te verilmiştir. Servo motorların kablolarından dolayı silah mekanizması iki eksende 180 derece döner

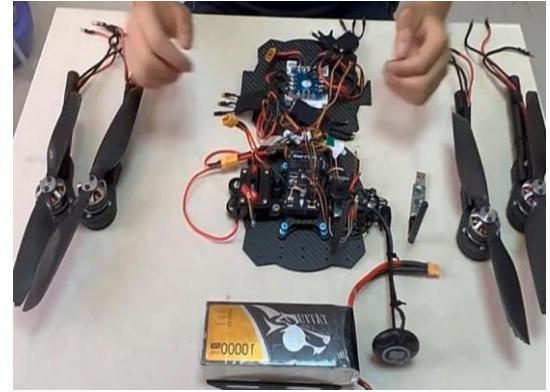
olacaktır. Silah mekanizmasının parçaları 3B yazıcıdan üretilmiştir. Üretilen silah mekanizması Şekil 15'te verilmiştir. Şekil 16'de silah mekanizması ile İHA üzerine monte edilen havalı tabanca verilmiştir.



Şekil 14. Silah mekanizmasının tasarım görüntüleri



Şekil 15. Silah mekanizmasının montaj görüntüsü



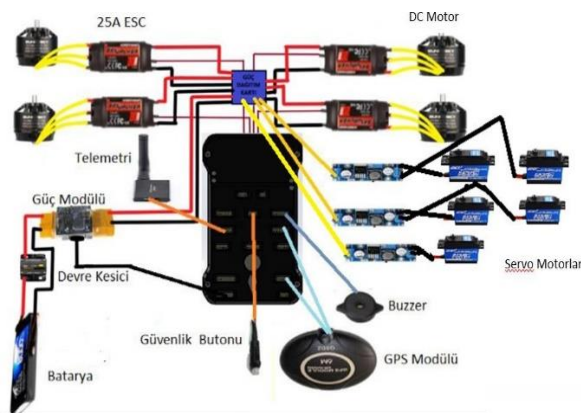
Şekil 17. Elektronik sistem tasarımı



Şekil 16. Silah görüntüsü

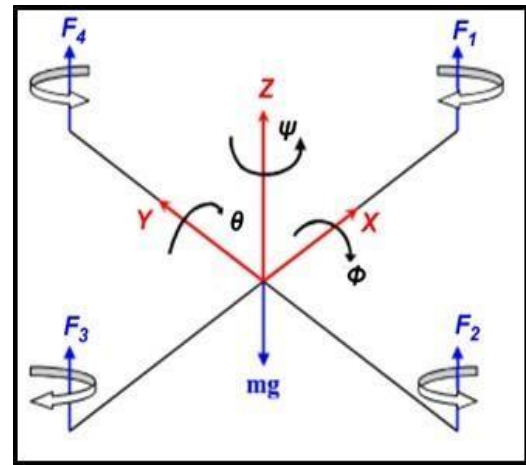
### 2.3. Elektronik Sistem Tasarımı

Çalışmada elektronik sistem tasarımı ve imalatı aşaması tüm iş paketlerinde yer alan elektronik sistemlerin tasarımını kapsamaktadır. Şekil 17'de İHA'nın üzerinde yapılacak olan elektronik sistem tasarımı gösterilmiştir.



Hedefe otonom odaklanan insansız hava aracının montaj aşamasında iken, elektronik sistem yerleşimi Şekil 17'de detaylı biçimde gösterilmiştir.

### i. İtki – Performans Hesaplamaları

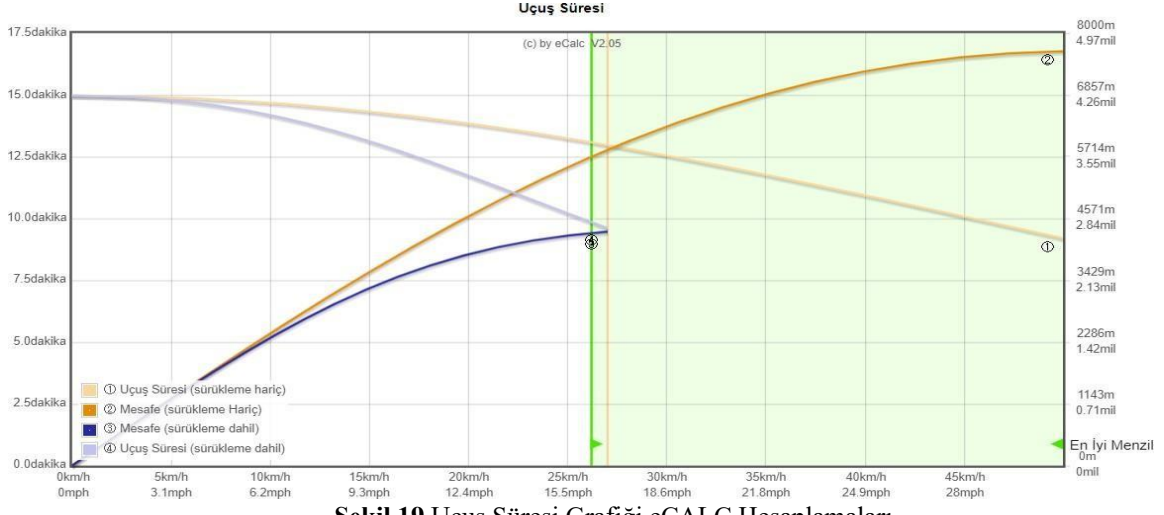


Şekil 18. Motorların Hareketleri

İHA Temel Hareket Koşulları; Hareket koşullarında ağırlık ve tasarım esas alınmaktadır. Gerekli koşullar aşağıdadır.

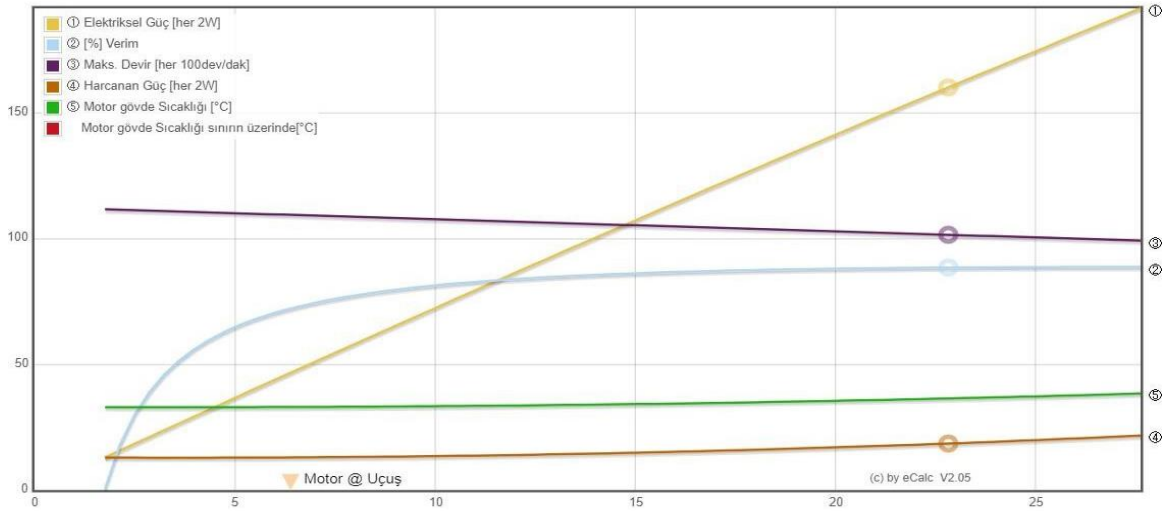
$$F_{net} = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 \quad (1)$$

- $F_{net} = W > \text{Dengede Kalma}$
- $F_{net} > W > \text{Yükselme}$
- $F_{net} < W > \text{Alçalma}$
- $F_2 + F_3 > F_1 + F_4 > \text{İleri Yunuslama}$
- $F_1 + F_4 > F_2 + F_3 > \text{Geri Yunuslama}$
- $F_2 + F_3 > F_1 + F_4 > \text{İleri Yunuslama}$
- $F_1 + F_4 > F_2 + F_3 > \text{Geri Yunuslama}$



Denklem (1)'de eCALC hesaplamaları, planlanan rotayı, hava koşullarını ve İHA'nın teknik özellikleri gibi parametreleri içeren grafikte Şekil 20'de gösterilmiştir.

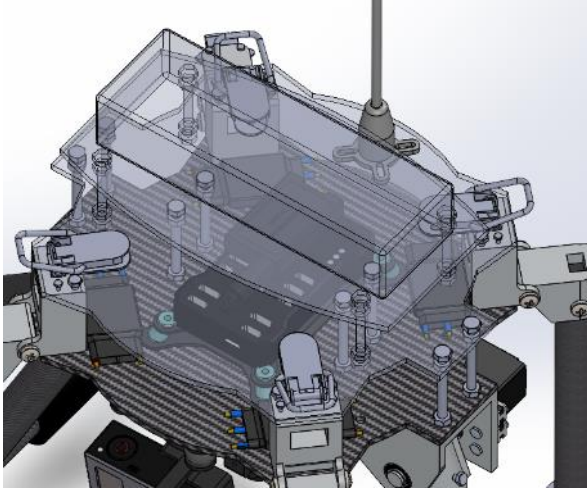
Hesaplamalar, motorun uçuş koşulları ve performans gereksinimleri gibi faktörlere bağlı olarak değişebilir.



Çizelge 2. Güç Performans verileri

Güç performans verileri	Optimum performans Verileri	Maksimum performans Verileri
GAZ YÜZDESİ	52%	100%
ESC AKIMI	6.41 A	23.01 A
ÇALIŞMA GERİLİMİ	14.21 V	14.03 V
MOTOR HIZI	5921 d/d	9935d/d
MOTOR GÜCÜ	93.6 W	285.6 W
GEZİNME SÜRESİ	11.4 dk	4.2 dk
GÜÇ-AĞIRLIK	151.9W/kg	516.4W/kg



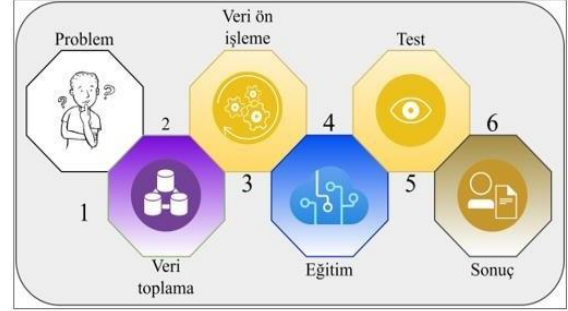


Şekil 21. Elektronik sistemin yerleşmiş

## 2.4. Yazılım

Yazılımda görüntü işleme kısmında Python dilinden faydandı. Çalışmada gerçekleştirilen CNN, GANs, RNN derin öğrenme modelleri için Python programlama dilinde bulunan Pytorch, OpenCv ve YoloV5 kütüphaneleri derin öğrenme modelin katmanlarını oluşturulmasına ait kütüphane bilgilerini içermektedir. Görüntü işleme alanında tehlikeli

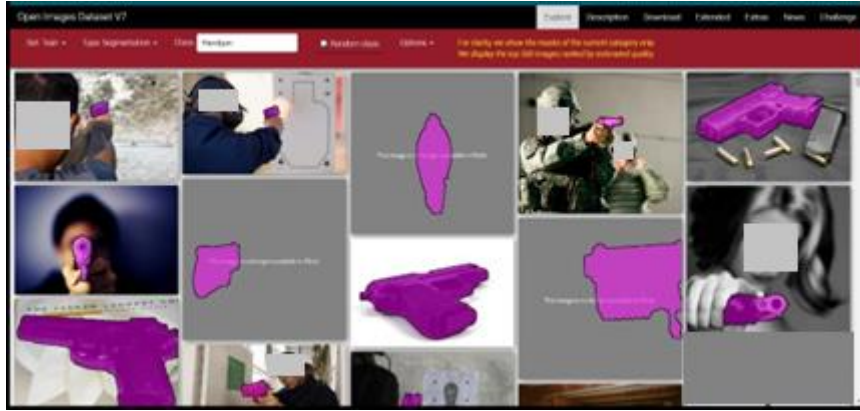
maddeleri tanıyabilmesi için bu kütüphanelerden faydalanılmıştır. Şekil 22’de model geliştirme akış diyagramı verilmiştir.



Şekil 22. Model geliştirme akış diyagramı

### 2.4.1. Veri seti

Model eğitimi için öncelikle bir datasetine ihtiyaç vardır. Bu dataseti Google’den ve farklı sitelerden elde edilen fotoğraflardan toplayarak bir dataset havuzu oluşturulmuştur. Kullanılan sitelerden örnek verecek olursak Google tarafından sağlanan “storage.googleapis” sitesidir. Çoğu fotoğraf bu siteden alınıp çalışmadaki model içine konulmuştur. Şekil 23’te görselde belirtilen site gösterilmiştir.

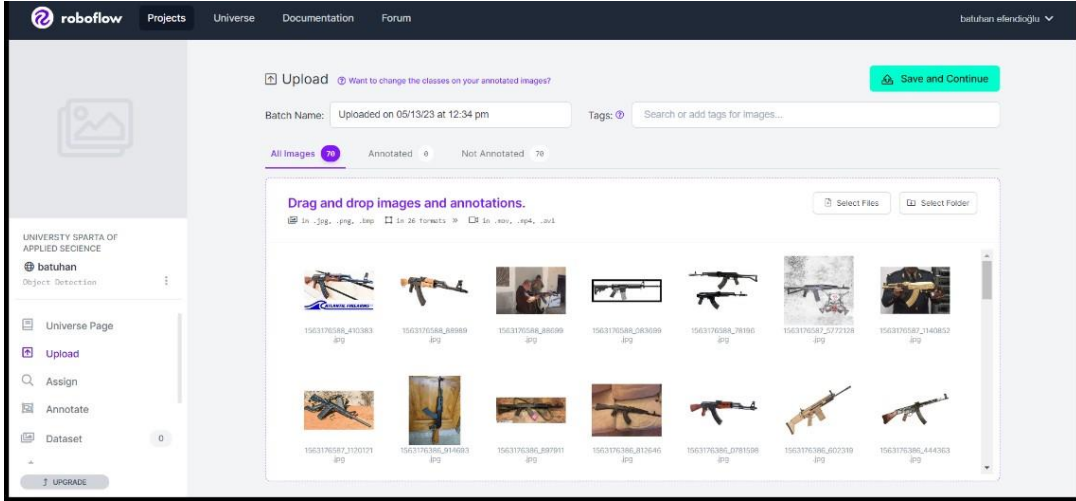


Şekil 23. Google tarafından sağlanan dataset sitesi

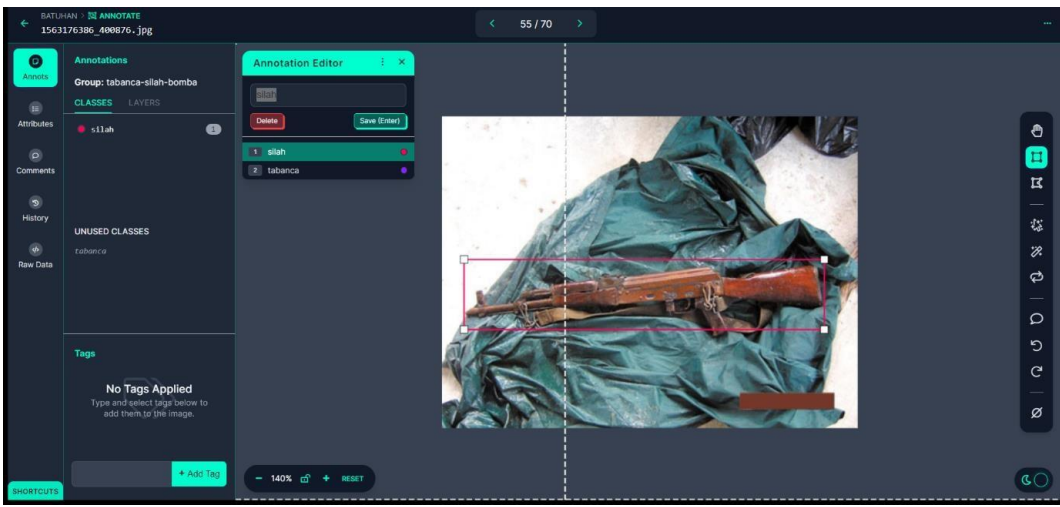
### 2.4.2. Verilerin Etiketlenmesi

Elde edilen fotoğraflar roboflow isimli site aracılığıyla etiketleme işlemleri yapılmıştır. Böylece web sitede elde edilen veriler çoğaltıp gerekli numaralar verilmiştir. Örneğin sağa döndür sola döndür yansıt renk ayarlamalarını vb. Böylece veri seti son halini getirilip ve

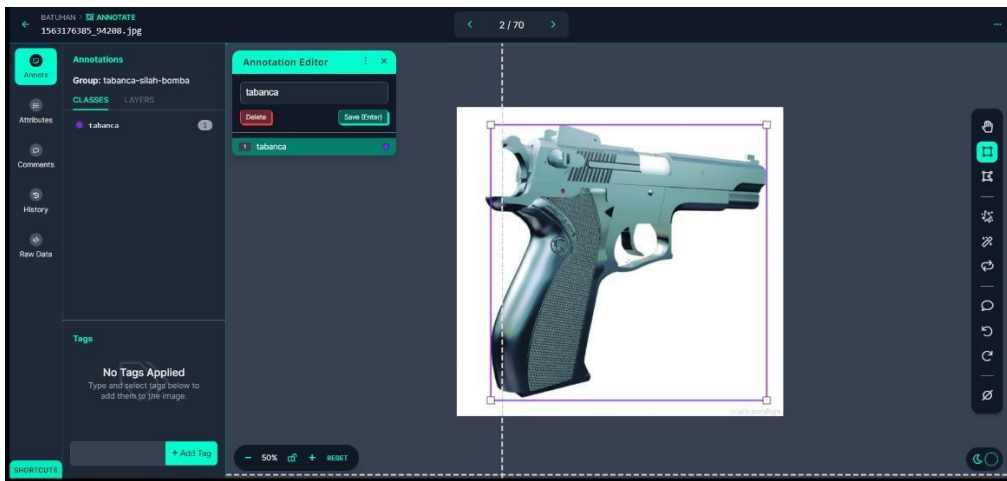
model eğitime hazır hale getirilmiştir. Şekil 24 de de görüldüğü üzere site üzerinden veriler eklenmiştir. Şekil 25’de gösterildiği gibi etiketleme işlemi yapılmıştır. Etiketleme işlemi sayesinde kamera tarafından görülecek olan fotoğrafların ne olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 24. Verilerin Roboflow'a eklenmesi



(a)

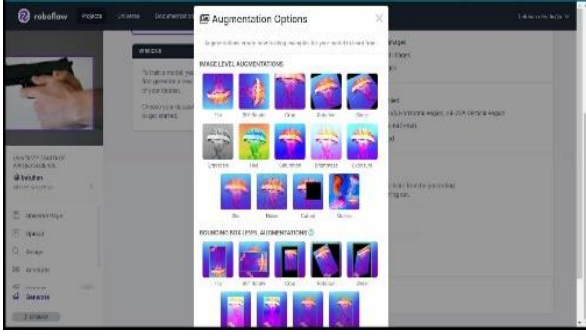


(b)

Şekil 25. Etiketleme işlemi a) pompalı silah, b) hafif ateşli silah

Şekil 26'de gösterildiği gibi etiketlenmiş fotoğraflar istenilen bir biçimde Augmentation ile çoğaltılmıştır. Bu çoğaltıma ile farklı formlarda gelecek olan verinin eğitilen model tarafından daha kolay tanınmasını sağlanmış olacaktır.





Şekil 26. Veri hazırlama işlemi

### 2.4.3. Modelin eğitilmesi

Elde edilen veriler son işlemi uyguladıktan sonra model eğitimi Şekil 27'da gösterildiği gibi açık kaynak kodlu Python programlama dili ile model eğitimi hazır hale getirilmiştir. Ayrıca veri seti uygun şekilde irdelenmiştir. Roboflow sitesinde oluşturulan veri setinde alınan kodu burada işlenmiştir.

```

+ Kod + Mein
[ ] | git clone https://github.com/ultralytics/yolov5
[ ] | git clone https://github.com/ultralytics/yolov5 # repository'yi klonluyoruz
[ ] | %cd yolov5
[ ] | %pip install -qr requirements.txt # gerekli kütüphaneleri install ediyoruz
[ ] | %pip install -q roboflow #roboflow u install ediyoruz
[ ] | import torch
[ ] | import os
[ ] | from IPython.display import Image, clear_output # resimleri görüntülemek için
[ ] | print(f"Setup complete. Using torch {torch.__version__} ({torch.cuda.get_device_properties(0).name if torch.cuda.is_available() else 'CPU'})")
[ ] | from roboflow import Roboflow
[ ] | rf = Roboflow(model_format="yolov5", notebook="ultralytics")
[ ] | # environment'i kuruyoruz
[ ] | os.environ["DATASET_DIRECTORY"] = "/content/datasets"
[ ] | !pip install roboflow
[ ] | from roboflow import Roboflow
[ ] | rf = Roboflow(api_key="DmV58414w0IYpR0i0a")
[ ] | project = rf.workspace("university-sparta-of-applied-science").project("batuhan")
[ ] | dataset = project.version(1).download("yolov5")

```

Şekil 27. Kütüphanelerin aktif edilip veri setimizin açılmaya başlanması

Elde edilen veri seti aktifleştirildikten sonra pytorch kütüphanesi üzerinden oluşturulan model kendi veri setimiz eklenmiştir. Şekil 28'de epoch sayısı batch size değeri ve diğer parametreler kullanıcı tarafından girilmiştir.

Daha sonra model eğitime başlamak için hazır hale getirilmiştir. 50 epoch sonunda Loss değerleri incelenmiştir. Ardından eğitilen model artık test verileri ile deneme aşamasına geçirilerek test edilmiştir.

```

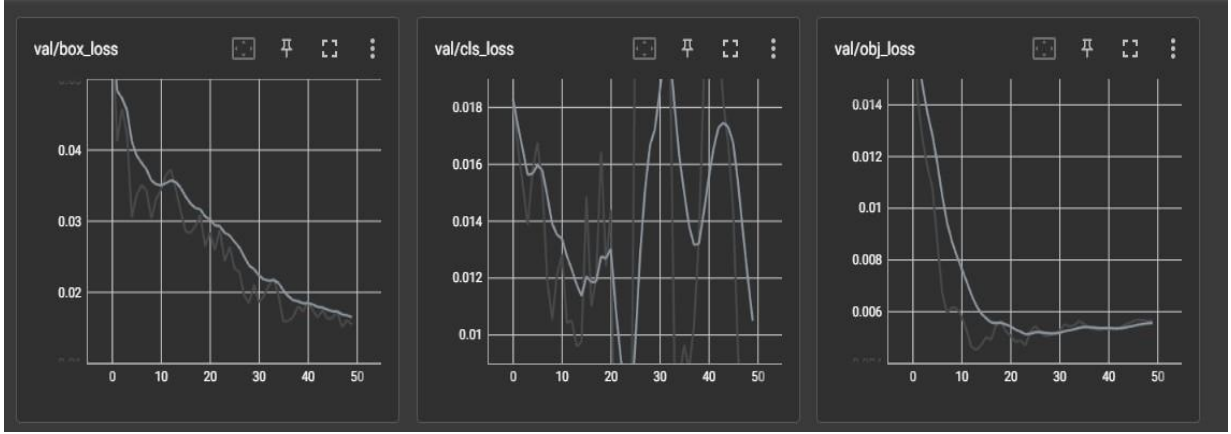
!python train.py --img 640 --batch 16 --epochs 50 --data (dataset.location)/data.yaml --weights yolov5.pt --cache

```

Epoch	GPU mem	box_loss	obj_loss	cls_loss	Instances	Size	100%	10/10	[00:05:00:00, 1.78it/s]
41/49	9.586	0.0232	0.01301	0.00392	31	640	100%	10/10	[00:05:00:00, 1.78it/s]
Class		Images	Instances	P	R	mAP50	mAP50-95	100%	1/1 [00:00:00:00, 4.13it/s]
all		13	14	0.962	0.889	0.892	0.624		
Epoch	GPU mem	box_loss	obj_loss	cls_loss	Instances	Size	100%	10/10	[00:05:00:00, 1.71it/s]
42/49	9.586	0.02437	0.0121	0.00177	41	640	100%	10/10	[00:05:00:00, 1.71it/s]
Class		Images	Instances	P	R	mAP50	mAP50-95	100%	1/1 [00:00:00:00, 4.23it/s]
all		13	14	0.962	0.889	0.894	0.634		
Epoch	GPU mem	box_loss	obj_loss	cls_loss	Instances	Size	100%	10/10	[00:05:00:00, 1.73it/s]
43/49	9.586	0.02367	0.01169	0.00192	33	640	100%	10/10	[00:05:00:00, 1.73it/s]
Class		Images	Instances	P	R	mAP50	mAP50-95	100%	1/1 [00:00:00:00, 3.55it/s]
all		13	14	0.958	0.889	0.894	0.622		
Epoch	GPU mem	box_loss	obj_loss	cls_loss	Instances	Size	100%	10/10	[00:05:00:00, 1.76it/s]
44/49	9.586	0.02807	0.01265	0.002808	28	640	100%	10/10	[00:05:00:00, 1.76it/s]
Class		Images	Instances	P	R	mAP50	mAP50-95	100%	1/1 [00:00:00:00, 4.12it/s]
all		13	14	0.962	0.889	0.891	0.662		
Epoch	GPU mem	box_loss	obj_loss	cls_loss	Instances	Size	100%	10/10	[00:05:00:00, 1.70it/s]
45/49	9.586	0.023	0.01199	0.00213	28	640	100%	10/10	[00:05:00:00, 1.70it/s]
Class		Images	Instances	P	R	mAP50	mAP50-95	100%	1/1 [00:00:00:00, 4.21it/s]
all		13	14	0.937	0.889	0.888	0.617		
Epoch	GPU mem	box_loss	obj_loss	cls_loss	Instances	Size	100%	10/10	[00:05:00:00, 1.77it/s]
46/49	9.586	0.02234	0.0118	0.002449	32	640	100%	10/10	[00:05:00:00, 1.77it/s]
Class		Images	Instances	P	R	mAP50	mAP50-95	100%	1/1 [00:00:00:00, 4.18it/s]
all		13	14	0.964	0.889	0.888	0.585		

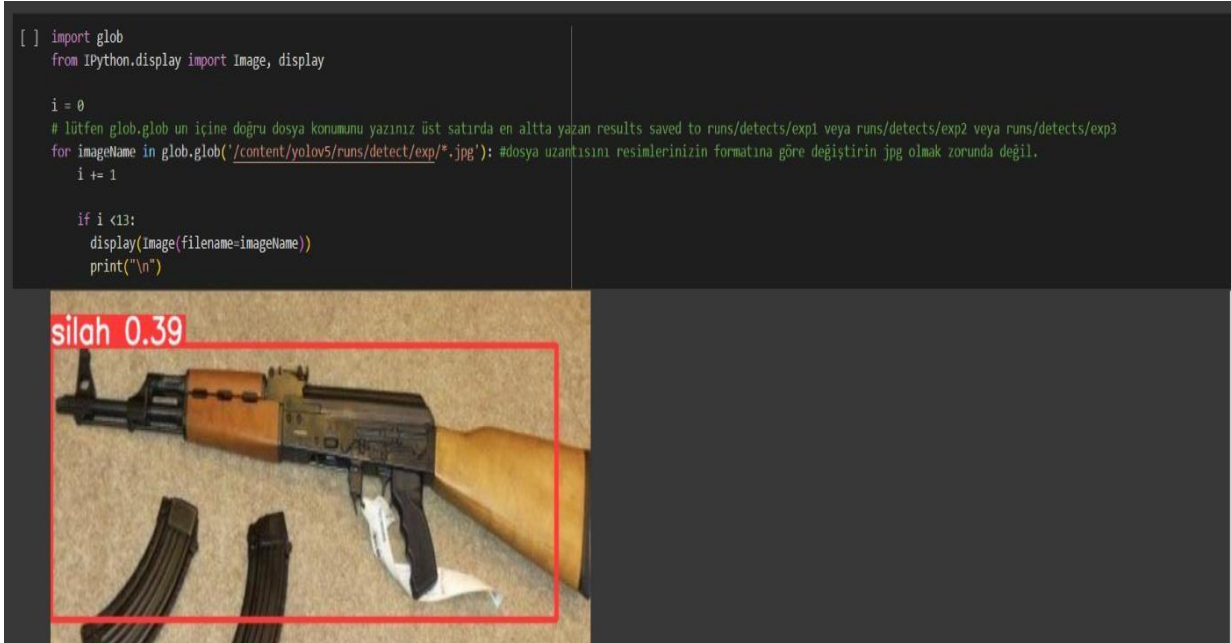
Şekil 28. Trainin veri seti ile model oluşturulması

Şekil 29 incelendiğinde elde edilen grafiklerde eğitim (train) veri seti ile eğitilmiş modelin loss grafikleri verilmiştir. Bilindiği üzere loss değeri ne kadar düşükse elde edilen model o kadar iyidir.



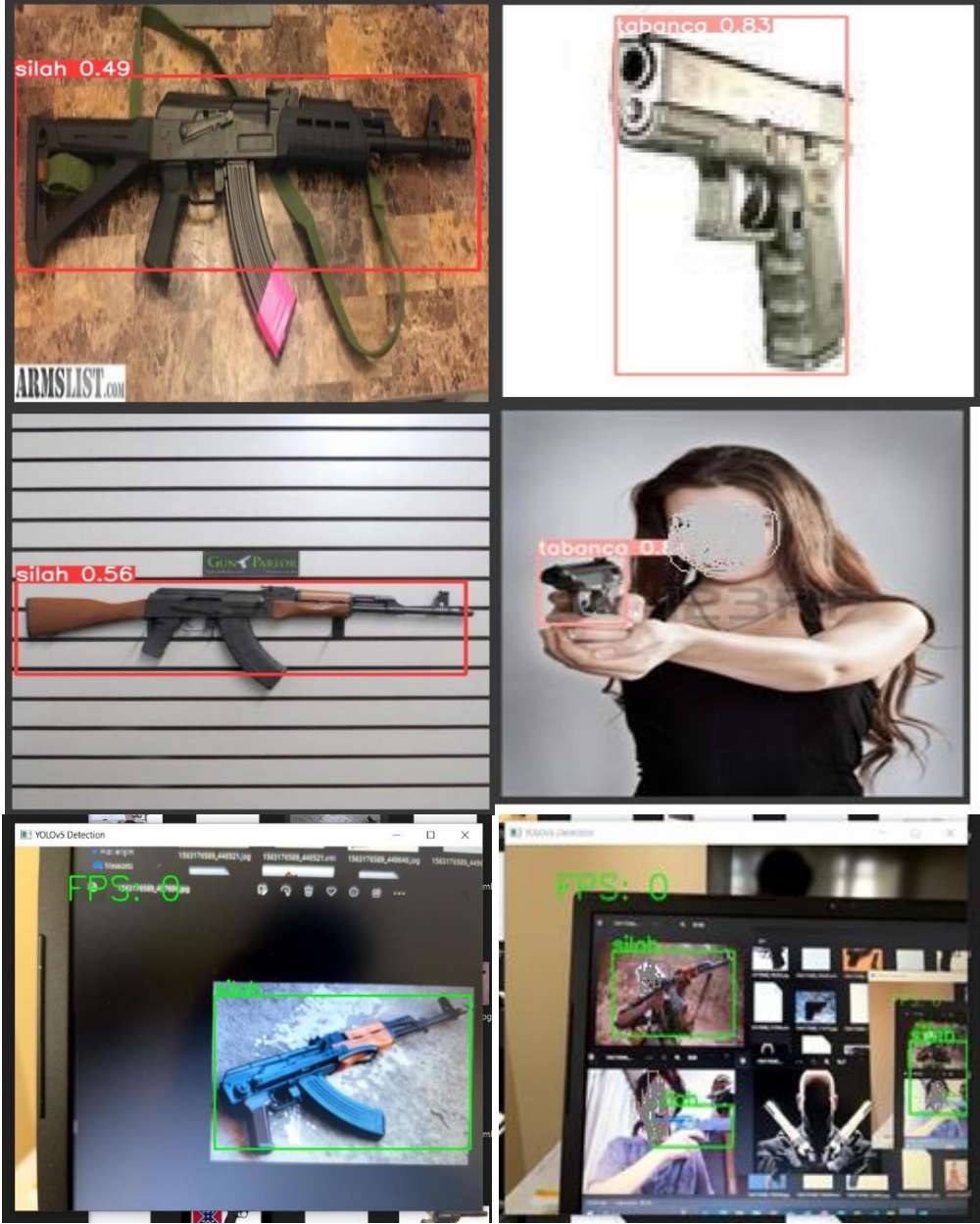
Şekil 29. Trainin veri seti ile model oluşturulmas

Train setini eğittikten sonra genel veri setinin test kısmındaki resimlerin çıktısının sonucu Şekil 30'da gösterilmiştir. Bazı görsellerde düşük doğruluk gösterse de genel olarak nesne ayrımı yapabilmektedir.



Şekil 30. Modelin eğitim çıktısı

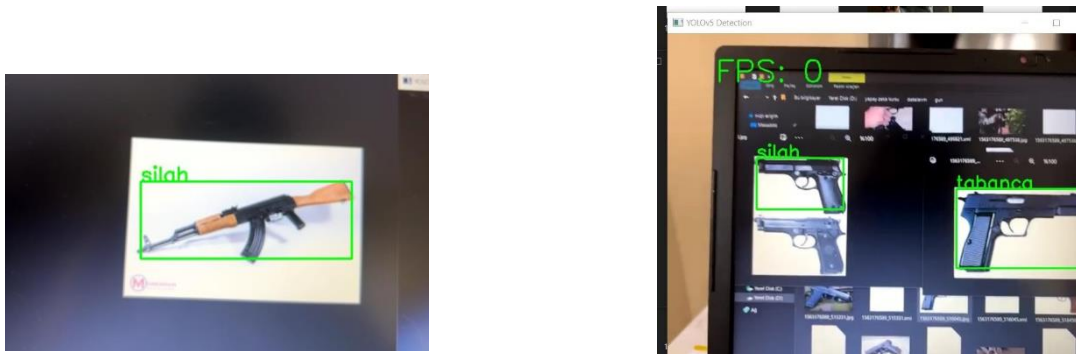
Model eğittikten sonra doğrulama (validation) bölümünde oluşan sonuçlar Şekil 31'de gösterilmiştir. Burada eğitilmiş model doğru validation kısmında oluşan fotoğraflarda ne kadar doğrulukta nasıl tahminler yaptığı tespit edilmiştir.



Şekil 31. Doğrulama (Validation) Sonuçları

#### 2.4.4. Model Gerçek Zamanlı (Real Time) Testleri

Çalışmada Şekil 32’de gösterildiği gibi gerçekleştirilen özgün yazılımda elde edilen model kaydettikten sonra real time denemek için farklı bir yazılım tasarlanmıştır.



Şekil 32. Gerçek zamanlı test görüntüleri

Geliştirilen model gerçek zamanlı test edildikten sonra elde edilen sonuçlar kaydedilmiştir. Bu aşamada denenmiş fotoğraflar eğitim (train) aşamasında model içindeki fotoğraflar değildir. Tamamen random (rastgele) fotoğraflar seçilmiştir.

### 3. SONUÇLAR

Silahlı hedefe otonom kilitlenen İHA'nın tasarımı ve imalatı yapılmış olup sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir. Silahlı otonom döner kanatlı İHA'lar geleceğin savunma teknolojisi olabilecektir. Çalışmada, silahlı otonom döner kanatlı İHA'ların gelecekte savunma ve güvenlik operasyonlarında önemli bir rol oynayabileceğini gösterilmiştir. Döner kanatlı İHA'nın hedefe odaklanma yetenekleri geliştirilmiştir. Ayrıca İHA'ların hedefe odaklanma yetenekleri sürekli olarak iyileştirilmektedir. Daha hassas sensörler ve gelişmiş yapay zekâ algoritmaları, hedef tanımlama ve takip konularında önemli bir rol oynamaktadır.

Silahlı otonom döner kanatlı İHA'lar, insansız olarak riskli bölgelerde görev yapabilme, uzun süre havada kalabilme ve düşman hedeflerine karşı etkili saldırı yetenekleri ile özel avantaj sunmaktadır. Döner kanatlı hedefe otonom silahlı İHA tasarımı ve 3B yazıcı ile imalatı, kontrol yazılımı ile operasyonel verimlilik, eğitim geliştirilmesi, ileri teknoloji ve Ar-Ge faaliyetlerine öncülük etmesi ve uluslararası iş birliği yapılmasına imkân sağlanmıştır.

### AÇIKLAMALAR

Çalışma TÜBİTAK 2209A programı kapsamında 1919B012205676 proje numarası ile desteklenmiştir.

### KAYNAKLAR

1. Baran T., "Türkiye'de Savunma Sanayi Sektörünün İncelenmesi ve Savunma Harcamalarının Ekonomi Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi", Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt 4, Sayı 2, Sayfa 58-81, 2018.
2. Eren H., Kılıç A., "Örgütlerde Yenilikçilik Ortamı: Özellikli Bir Sektör Olarak Savunma Sanayinde Durum", Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt 27, Sayı 3, Sayfa 221-244, 2013.
3. Donatas P., "Political Economy Theories In The Context Of Defence Industry", *Laisvalaikio tyrimai: elektroninis mokslo žurnalas*, Vol. 1, Issue 13, 2019.

4. Guray, O.F. ,1988, "Towards Establishing the Defence Industry: a Case Study in Turkey", Unpublished Master of Science Thesis, Bogazici University, Istanbul, TURKEY.

5. Çelikyay S., "Çok amaçlı savaş uçağı seçiminde çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin uygulanması", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2002.

6. <https://www.tdefenceagency.com/insansiz-hava-araclarinin-siniflandirilmesi/> , Erişim Tarihi: 12, December, 2023

7. Bayındır C., "İnsansız Teknolojilerin Harp Alanına Etkileri", Savunma Stratejileri, Sayfa 52-56, 2021.

8. Bakır G., "İnsansız Hava Araçlarının Savunma Sanayi Harcamasında Yeri Ve Önemi", Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi, Cilt 6, Sayı 2, Sayfa 127-134, 2019

9. del Cerro, J., Cruz Ulloa, C., Barrientos, A., & de León Rivas, J., "Unmanned aerial vehicles in agriculture: A survey", *Agronomy*, Vol. 11, Issue 2, Pages 203, 2021.

10. Xiang H., Tian L., "Development of a low-cost agricultural remote sensing system based on an autonomous unmanned aerial vehicle (UAV)", *Biosystems Engineering* Vol. 108, Issue 2, Pages 174-190, 2011.

11. Avdesodrone, <https://avdesodrone.com/ardupilot-mission-plannerda-sabit-kanatli-ihalar-icin-ucus-modlari/> Erişim Tarihi: 13 December, 2023

12. Akkamış, M., Çalışkan, S. "İnsansız hava araçları ve tarımsal uygulamalarda kullanımı", Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, Cilt 2, Sayı 1, Sayfa 8-16, 2020.

13. Çömert R., Avdan U., Şenkal E. İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları Ve Gelecekteki Beklentiler, IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2012), 16-19 Ekim, Zonguldak, 2012.

14. Villi, O., Yakar M., İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları ve Sensör Tipleri. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, *Cilt 4, Sayı 2, Sayfa 73-100*, 2022.

15. Ögel, S., Nuryyev, K. "Borsa İstanbul'da işlem gören savunma sanayi şirketlerinin Bulanık TOPSIS yöntemi ile finansal performans analizi", *Business & Management Studies: An International Journal*, Cilt 9, Sayı 1, Sayfa 307-326, 2021.

16. Ateş E., Türkiye'nin İnsansız Hava Aracı (İHA) İhracat Rekabet Gücünün Analizi. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, Cilt 3, Sayı 1, sayfa 7-16, 2021.