

# İnsansız Hava Aracı Kullanarak Görüntü İşleme ile Nesne Algılama

*Kerim ÖZTÜRK ; Resul TAŞ*

Elektrik – Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Erzurum Teknik Üniversitesi

## **Özet:**

Dünya’da ve ülkemizde hızla gelişmekte olan hava araçlarında yeni yeni kullanılmakta olan multikopter sistemler, askeri ve sivil birçok alanda faaliyet göstermektedir. Multikopter sistemini tasarlarken birden fazla birbirine bağlı parametreler mevcuttur. Proje kapsamında multikopter bir sistemi kullanarak yerdeki nesnelere sayma işlemi yapıldı.

Projede, yerden belirli bir metre yükseklikte görüntü alacağımızdan dolayı havada sabit durabilecek veya sarsıntısı çok az olacak bir insansız hava aracına ihtiyaç duyulmaktadır. Bundan dolayı proje için multikopter sistemleri tercih edildi. Multikopter sistemlerde de gerek hareket kontrol rahatlığı gerek ise maliyet açısından Quadkopter (Türkçesini parantez içine yazın) tercih edildi.

Quadkopter’in hareket edebilmesi için ivmeölçer, barometre, manyetometre ve jiroskop gibi sensörlere ihtiyaç vardır. Bu sensörlerin ayrı ayrı alınıp kontrol edilmesi imkânsız olduğundan dolayı bütün bu sensörleri üzerinde barındıran bir kart seçildi. Görüntü işleme de anlık olarak görüntüyü işleyebilecek seviyede bir kart seçildi. Quadkopter’in tahmini ağırlığı hesaplanarak buna göre motor, pil ve ESC (parantez içinde açık halini yazın) seçimi yapıldı.

Bu projede, çeşitli alanlarda kullanılabilecek ve talebe uygun şekilde geliştirilebilecek bir sistem yapmayı amaçlandı.

**Anahtar Kelimeler:** Quadkopter ; Görüntü İşleme ; Raspberry Pi ; Li-Po Pil ; ESC ;

## **Object Detection by Image Processing Using Unmanned Aerial Vehicle**

### **Abstract:**

Newly-used multicopter systems in the world and our country are active in many fields of military and civilian in the rapidly growing air vehicle systems. There are several interconnected parameters when designing the multicopter system. In the scope of the project, a process of counting objects in the ground by the use a multicopter system has been done.

In the project, it is aimed to image the ground at a certain height from the ground. Therefore, an unmanned aerial vehicle that is able to stabilize in the air or have less jarring has to be made. Therefore, multicopter systems are preferred for the project. Quadcopter was preferred because of the lower cost and the need for multifunctional systems to be controlled. In order to move the quadcopter, sensors such as accelerometer, barometer, magnetometer, and gyroscope are necessary. Since it is impossible to receive and control these sensors separately, a card containing all these sensors is selected. For image processing, a card is selected which is capable of real time processing. Estimating the weight of the quadcopter, the engine, battery and ESC were selected accordingly.

In this project, it was aimed to make a system that can be used in various fields and can be enhanced in accordance with the demands.

**Key words:** Image Process; Radiators; Quadcopter; ESC; Li-Po battery; Raspberry Pi

## **İnsansız Hava Aracı Kullanarak Görüntü İşleme İle Nesne Algılama**

Birden çok motora sahip hareketli kanatlı insansız hava araçlarına multikopter sistemler denir. Dikey ekseninde iniş ve kalkış yapabilen, 3 ekseninde hareket edebilen motorlarındaki pervaneler sayesinde itki kuvveti oluşturarak uçuş işlemini bir kumanda vasıtasıyla veya otonom olarak gerçekleştirebilen insansız hava araçlarıdır.

Projemizde hem maliyet hem de kontrol rahatlığı açısından quadkopter seçildi. Quadkopter'in seçilmesindeki bir diğer etmen havada asılı kalabilmesi yada çok az sallanması sayesinde daha rahat görüntü alabilmemizdir. Quadkopterin daha düzgün ve istenilen şekilde hareket edebilmesi ve dengesini kaybetmemesi için 2 motoru saat yönünde, 2 motoru ise saat yönünün tersine dönmektedir. Bu şekilde helikopterlerde kuyrukta olan motorun oluşturduğu dengesizlik etkisi ortadan kaldırılmış olur [1].

### **A.Quadkopterin Dikey Eksende Hareketi**

Quadkopterin 4 motorunun aynı anda aynı devirde dönmesiyle oluşan harekete denir. Bu hareket dikine iniş ve dikine kalkış hareketidir. Dikine iniş ve kalkış, bozucu etkinin olmadığı durumda sorunsuz olarak gerçekleşmektedir. Bozucu etkinin olduğu durumda ise otonom kontrolde kontrol kartı, manuel kontrolde ise kumanda ile dengelemeye çalışılacaktır [1].

### **b. Quadrokopterin Boylamsal Eksende Hareketi**

Quadkopterin boylamsal eksen hareketi ileri geri hareketi olarak tanımlanır.

### **c.Quadrokopterin Yanal Eksende Hareketi**

Quadkopterlerin yatay ekseninde yapmış olduğu hareketler sağa gidiş sola gidiş ve kendi etrafındaki dönmesi olarak düşünülebilir. Uçaklarda bu hareketlere yaw (rudder, dikey ekseninde dengede durması) ve roll (aileron,yalpa) hareketleridir. Ancak, bu hareketler quadkopterdeki motor sayısının uçaktakine göre fazla olmasından dolayı farklıdır. Bundan dolayı roll hareketi ile quadkopter sağ,sol

ilerleme hareketini yapar iken , yaw hareketi ile kendi etrafında dönüş hareketini gerçekleştirir. Quadkopterdeki roll hareketine sapma hareketide denir [1].

## **2.Quadkopter Dizaynı**

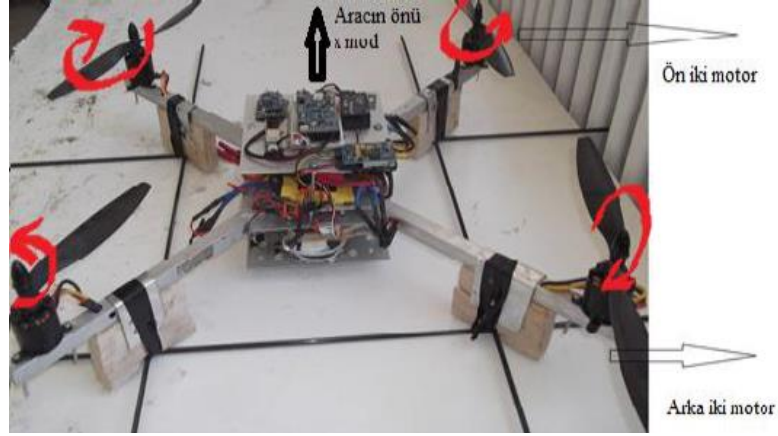
İnsansız hava araçlarında dizayn, aracın kullanım yerine göre değişiklik göstermektedir. Dar alanlarda kullanım yapılacaksa pervaneler korumaya alınmalıdır. Kullanılacak pil li-po gibi patlayıcı özelliği olan bataryalar ise bu bataryalar özelliklerine göre ısı üretmeyecek şekilde hava alan maddelerle korumaya alınmalıdır. Cihazda oluşacak titreşimleri engellemek için motorlar, kanatlara özel civatalar yardımı ile takılmalı ve sağlamlığı iyice arttırılmalıdır. Uçuş kartının sarsıntılar tarafından aldığı verilerin değişmemesi için uçuş kartı yumuşak malzemeler ile şaseye monte edilmelidir. Şase ise sürtünmeden etkilenip dengesi bozulmaması için karbon gibi kağıt ve sürtünme katsayısı düşük olan maddeler ile kaplanmalıdır [1].

## **3.Quadkopter Tipleri**

Quadkopterler çoğunlukla “+” ve “x” tipi olarak 2 şekilde üretilirler. Bu tip quadkopterler sağ sol gibi hareketlerin kaç adet motor yardımıyla yapıldığını gösterir.

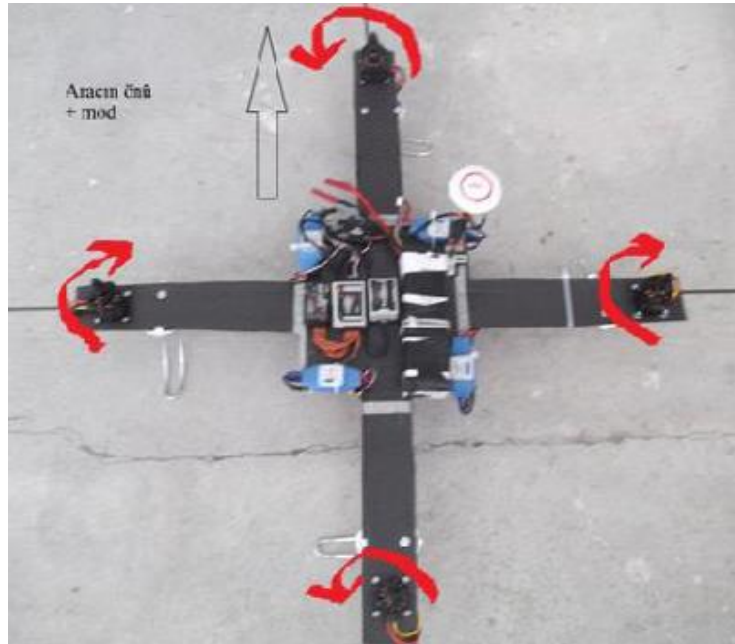
### **“X” Tipi Quadrokopter**

“x” tipi quadkopterde aracın ön tarafına 2 motor arasına denk gelecek şekilde seçilir ve kontrol kartının önü bu tarafa çevrilir.Bu şekilde istenilen harekette ön 2 motor hareket eder.Quadkopter herhangi bir yöne dönüşte mutlaka 2 motorun hız ayarını yapacağı için quadkopterin yükünü bu iki motor paylaşır.Bu sayede 2 motorda fazla yorulmaz.Ayrıca bu sayede quadkopter daha hızlı hareket etmiş olur. Bu tip quadkopterde ön sağ ve karşılığı sol arka motor saat yönünün tersine diğer iki motor ise saat yönünde döner [1].



### a) + tip quadrokoopter

'+' tipi quadrokoopterlerde aracın önü tek motor tarafına bakmaktadır ve kontrol kartıda bu yöne çevrilir. Bu quadrokoopter kontrol tipinde herhangi bir yöne dönüş hareketlerinde tek motora yüklenilir. Bundan dolayı motorlar yorulmuş olur. Aynı zamanda x tipi'ne göre quadrokoopter dönüşü tek motorla sağladığı için daha yavaş hareket eder. Quadrokoopter dönüşlerde istenilen yönde hareket etmek için o yönün tersindeki motorlar daha fazla döndürmeye başlar. Bundan dolayı sistem yorulmaya daha fazla güç tüketmeye başlar. Ön ve arkadaki motor saat yönünde, sağ ve sol motor saat yönünün tersi yönde döner [1].



#### 4.Quadkopterde Kullanılan Malzemeler

Quadrokopterlerde temel olarak kullanılan malzemeler Őu Őekildedir;

- Li-po pil
- Fırçasız motor
- Elektronik hız kontrol ünitesi (ESC)
- Güç Dağıtım Kartı
- Pervaneler
- Kumanda (En az 6 kanal)
- Uçuş Kontrol kartı
- Seri Kamera

##### a. Lion Polymer Pil (Lİ-PO)

Li-Po piller lityum maddesinden üretilirler. Lityum maddesi doğadaki en hafif metaldir. Aynı zamanda alkali metal olan Lityum, su ya da su buharı ile karşılaşır tepkimeye girerek hidrojen gazı açığa çıkarır. Hidrojen gazı açığa çıkardığında ise oksijenle etkileşiminde alev alabilir. Li-Po piller alev aldığında su ile müdahale edilmemelidir. D tipi yangın tüpü ile müdahale edilmelidir.

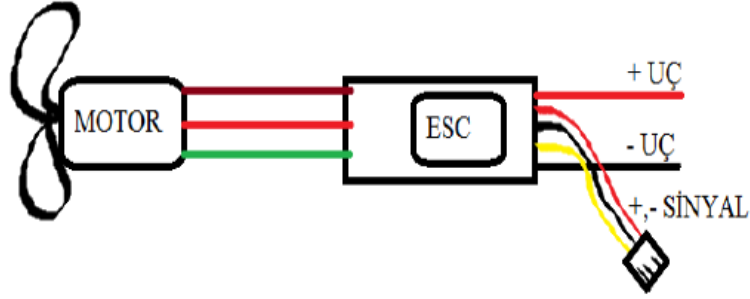
Li-Po bataryalar küçük hacimli olmasının yanı sıra diğer pillere oranla daha fazla enerji depolarlar. Bu özellikleri sayesinde kullanım alanı oldukça geniştir. Li-Po pili diğer pillerden ayıran özelliklerinden biri ise kullanılmadıkları süre zarfından çok az miktarda deşarj olurlar.

Li-Po pillerde hücre başına 3.7 V bulunmaktadır. Ayrıca Li-Po pillerde deşarj katsayısı bulunur. Kısacası pil kendini ne kadar hızda boşaltabileceğini göstermektedir. Örneğin pil üzerinde 4000 maH 25C yazıyor ise pil kendini

4Ah\*25=100A'lik bir güç verebilmektedir. Ancak aynı oranda pilin kullanım süresi de azalmış olur [1].

### b. Hız Kontrol Ünitesi (ESC)

Fırçasız motorların hızının ayarlanmasını sağlayan sürücü kartına ESC denilmektedir. Bataryadan almış olduğu enerjiyi, gönderilen PWM sinyaline göre motorlara yönlendirir. Bu sayede kumandadan veya kontrol kartından gelen bilgiyi yorumlayarak akım geçişini sağlar. Fabrika üretimine göre ESC' ler programlanabilir veya hazır programlanmış halde olabilir [2].



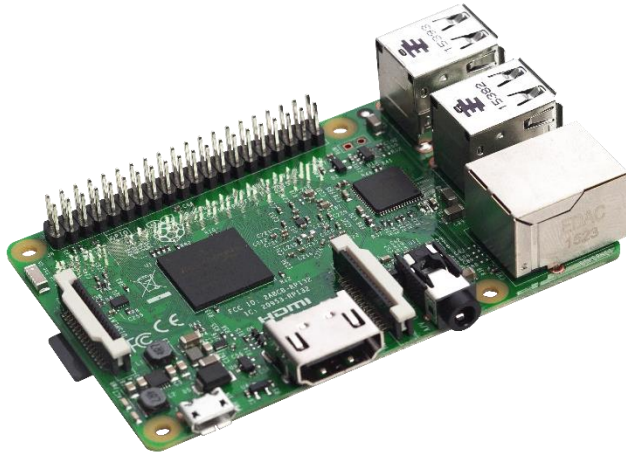
### c. Fırçasız Motorlar

Fırçasız elektrik motorları manyetik alan özelliğinden faydalanarak elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren elektrik makineleridir. Fırçasız motorlar adından da anlaşılacağı gibi fırça olmadan elektronik aksamlar içeren motorlardır. Bunlar fırçalı motorlardan farkı, akım çeviren parçaların fırça değil elektronik olmasıdır. Fırçasız olmaları sayesinde sessiz çalışırlar, fırçalı motorlardaki gibi sürtünme kayıpları yoktur, fırçalı motorlardaki kıvılcımlar oluşmaz ve kolay soğutulabilirler.

Fırçasız DC motorlar diğer DC motorlardan farklı olarak direkt olarak bataryaya bağlanmazlar. Bu motorların dönüş hızı ESC adı verdiğimiz sürücüler vasıtasıyla PWM sinyali kullanılarak ayarlanır [3].



#### d. Raspberry Pi



Raspberry Pi, kredi kartı boyutlarında bir mini bilgisayardır. Kendi üzerinde Ethernet, HDMI ve USB portları bulunur. Üzerinde modele göre değişiklik gösteren ARM X işlemci, RAM ve GPIO pinleri bulunur. Raspberry Pi SD kart yardımıyla

kullanılabilir. Raspberry Pi, Windows, Linux veya kendi işletim sistemi olan Rasbian yüklenerek kullanılabilir. Ayrıca Java,Python, C/C++ gibi hemen hemen bütün programlama dillerine uygundur.

Raspberry Pi'yi Arduino'dan ayıran en önemli özellikleri, işlemci gücü ve birden fazla programı aynı anda çalıştırabilmesidir. Raspberry Pi' dan çok daha üstün kartlar olmasına rağmen maliyet açısından Arduino ve diğer geliştirme kartları arasında yer alır. Klavye-fare ve HDMI bağlanarak bir bilgisayar gibi açılır ve kullanılır. Üzerinde bulunan GPIO pinlerinin ise çeşitli görevleri vardır ve bu



pinlerin birçoğu kontrol edilebilmektedir. Bu pinlere çeşitli sensörler bağlayarak projede bulunun sensörlerden gerekli bilgiler alınabilir veya gerekli birimlere ADC/DAC veri gönderimi yapılabilir. Ayrıca kendi üzerinde WIFI de mevcuttur[4].

#### e. ArduPilot



ArduPilot Mega Arduino'nun üretmiş olduğu bir karttır. Bu kartın üzerinde ivmeölçer, jiroskop, barometre ve manyetometre gibi sensörler bulunur. Bu sensörler sayesinde insansız deniz, hava ve kara araçlarına otonom kontrol veya uzaktan

manuel kontrol sağlanabilir. Sensörler arasında  $I^2C$  haberleşmesi yapılır. Bilindiği üzere bu sensörleri ayrı ayrı alıp kontrol etmek zordur. APM ise bize bu sensörleri tek kart üzerinde sunarak kullanım kolaylığı sağlamaktadır.

APM üzerinde ATmega2560 mikrokontrolcü bulunmaktadır. Yukarıda sayılan sensörlerin yanısıra APM'ye harici sensör ,GPS ve telemetri bağlantısı yapılabilen hazır portlar bulunmaktadır. İnsansız araçında kullanılan motorlar için ESC ve kontrol için kullanılan servo motorlar için bağlantı noktaları kart üzerinde bulunmaktadır. Kartın kullanımını kolaylaştırmak amacı ile firmware yükleme yazılımları mevcuttur. Aşağıda kart ile ilgili teknik bilgiler yer almaktadır [5].

## Özellikler:

- Tamamen açık kaynak kodlu, uçak, multikopter (quadcopter, tricopter, hexacopter vb.), helikopter ve kara araçlarını destekler
- Kolay kullanımlı yer istasyonu ve firmware yükleme yazılımları
- Görev planlayıcı ile 3 boyutlu waypoint tanımlama seçeneği (otonom uçuş için)
- İki yönlü telemetri desteği (MAVLink protokolü)
- Otonom kalkış, iniş ve özel komutlar (havadan görüntüleme uygulamaları için)
- 8-kanal PWM, S-BUS, PPM ve Spektrum Satellite alıcı desteği
- 4MB dahili bellek (data-logging için)
- 6-DOF MPU6000 ivmeölçer/jiroskop sensörü
- 3-DOF HMC5883L-TR manyetometre sensörü (pusula)
- MS5611-01BA03 barometrik basınç sensörü (irtifa sabitlemek için)
- Harici GPS bağlantısı destekler

## f. RC Kumanda

Kullanıcıların ekipmanlarını uzaktan kontrol edebilmek için kullandıkları kablosuz haberleşme aracıdır. Bu sistemler kullanım yerine ve kullanım frekansına göre çeşitlilik gösterir. RC Kumandalar osilatör ile oluşturulan taşıyıcı frekansa göndermek istediğimiz bilgiyi aktarıp paketleyerek veriyi göndermektedir. Kablosuz olarak gönderildikten sonra alıcıda bu sinyalin çözülüp kullanılması esasına dayanır.

Kumandalarda 2 farklı kısım bulunur. Bunların biri verici (Tx) diğeri ise alıcı (Rx)'dir. Vericiden gönderilen sinyal alıcı tarafından alınıp çözümlenerek işlenir. Alıcı ve vericinin üzerine takılan kristal sayesinde hangi frekansta haberleşeceği belirlenir. Bu frekansa kanal denir [6].

## Kumanda Tipleri

### PİSTOL (Tabanca ) Tasarımlı Kumanda



Pistol Kumanda şeklinden dolayı bu ismi almıştır. Direksiyon sistemli veya tetik sistemli kumandalar olarak da bilinirler. Genel olarak 3 veya 4 kanalıdır. Bu kanallardan servo ve gaz kontrolü yapılmaktadır.

### SİTCK (Çubuk) Tip Kumanda



Stick kumandalar en yaygın kullanımı olan kumandalardır. İstenilen özelliklere ve hassasiyete göre birçok çeşidi bulunmaktadır. Kumandadaki önemli özelliklerden biri olan kanal sayısı arttıkça kumandada kullanılabilen fonksiyonlar da artmaktadır. Ayrıca kumandadaki diğer bir önemli özellik ise programlanabilirlik özelliğidir.

## 5.OpenCV

Proje kapsamında OpenCV programı görüntü işlemek için kullanılmıştır. OpenCV gerçek zamanlı görüntü işleme kütüphanesidir. İlk olarak Intel tarafından geliştirilmiştir. Fakat zamanla Willow Garage tarafından da desteklenmiştir. Günümüzde ise Itseez tarafından geliştirilmektedir. OpenCV kütüphaneleri açık kaynak BSD lisansı altında tüm kullanıcılara ücretsiz olarak kullanımına sunulmuştur.

OpenCV ilk sürümünü 2000’de ortaya çıkardı. 2001 ve 2005 yılları arasında beş adet beta sürümü çıkarıldı. 2008 yılında Willow Garage firmasından destek aldı ve firma varlığını halen devam ettirmektedir. Ağustos 2012’de OpenCV, kar amacı gütmeyen bir vakıf tarafından devralındı.

OpenCV günümüzde dünyanın dört bir yanında kabul edilmektedir. 47 binden fazla kullanıcı topluluğuna ve yaklaşık 14 milyondan fazla indirme sayısına sahiptir. OpenCV bünyesinde 2500’den fazla algoritma bulundurur. OpenCV’yi diğer görüntü işleme kütüphanelerinden ayıran en belirgin özelliği performansdır. Gerçek zamanlı olarak görüntüye istenilen şekilde işleyebilir ve 3 boyutlu görüntü üzerinde işlem yapabilir.

OpenCV dili C++’dır. Ancak birçok programlama diline desteği bulunmaktadır. Bunların başında Python, Java ve MATLAB/OCTAVE ve dolaylı yoldan olsada C#,Perl, Ch,Haskell ve Ruby gibi dillere desteği bulunmaktadır. Ayrıca OpenCV , Nvidia CUDA ve OpenCL gibi donanım ivmelendirme kütüphanelerine de destek vermektedir. OpenCV Windows, Linux, MacOS, FreeBSD, NetBSD, OpenBSD, Android, IOS, Maemo ve BlackBerry 10 gibi platformlarda kullanılabilir[7].

OpenCV ile yapılabilecek fonksiyonel uygulamalar,

- 2D ve 3D araç kitleri (2D and 3D feature toolkits)
- Yüz tanıma sistemi (Facial recognition system)
- Hareket tanıma (Gesture recognition)
- İnsan-bilgisayar etkileşimi (HCI)
- Mobil robotik (Mobile robotics)

- Hareket anlama (Motion understanding)
- Nesne tanımlama (Object identification)
- Segmentasyon ve tanımlama (Segmentation and recognition)
- Kamera derinlik algılama (Stereopsis stereo vision: depth perception from 2 cameras)
- Hareket yapısı (SFM)
- Hareket izleme (Motion tracking)
- Artırılmış gerçeklik (Augmented reality)

## 6.Hesaplamalar

### a. Brushless DC motor

Brushless DC motorun gücü iyi hesaplanması gereken bir değerdir. Motor seçiminde KV değeri kullanıcılar için en önemli değerdir. KV değeri dakikada volt başına düşen dönme değerini göstermektedir. Bu değer quadkopterin thrust değerini belirlemektedir. Bunu arabalardaki beygir gücü gibi düşünebiliriz. Kullanacağımız Kv değerini seçmek için ilk olarak quadkopter'in toplam ağırlığı hesaplanmalıdır. Örneğin quadkopter 2 kg ağırlığında olsun .Quadkopterin ağırlığına %15-20 civarı bir değer daha eklenmelidir ( 2.4 kg olmaktadır). Bu değerın 2 katı alınır ve 4 motor kullanıyorsak 4'e bölünür (  $4.8 / 4 = 1.2 \text{ kg} = 1200 \text{ gr}$  olur). Seçilecek motorun KV değeri buna göre seçilmelidir[8].

Herşey dahil seçilen quadkopter'in toplam ağırlığı;

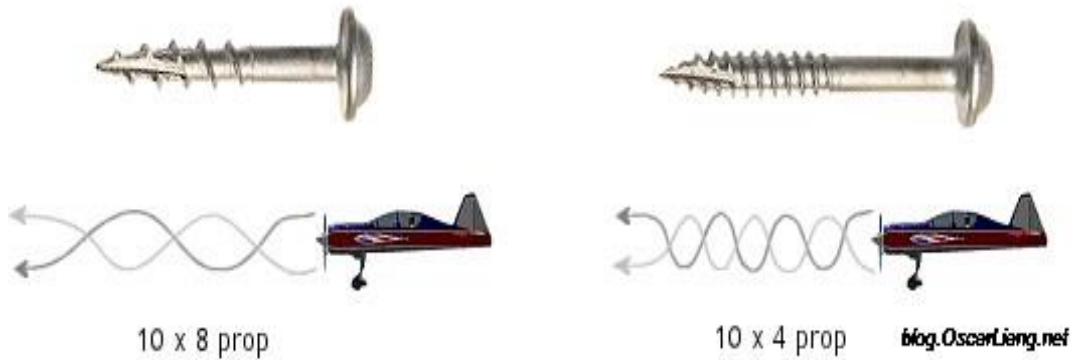
- ESC  $35\text{g} \times 4 = 140\text{g}$
- Lipo pil 350g
- DC Fırçasız motor  $60\text{g} \times 4 = 240\text{g}$
- Şase ve vidalar 200 g
- Kanatlar  $4 \times 20\text{g} = 80\text{g}$
- Ardupilot 40g
- Şase kaplama 200 g

Toplam ağırlık 1.250 Kg

Kullanılan quadkopter'in ağırlığı yaklaşık 1,25 kg olduğundan dolayı bu hesaplamalardan yaklaşık olarak  $1.5 \times 2 = 3$  kg elde edilmektedir. Bunu da 4 motora böldüğümüzde motor başına 700 gram gibi bir ağırlık düşecektir. Bu yüzden seçilen motorun ağırlık kaldırma değeri 700 gramın üstünde olmalıdır. Buradaki formülde 2 ile çarpılmasının sebebi ise ilk olarak yer çekimini yenmesi bu quadkopterin havada sabit tutmaya yetecek kadar gücünün olması , ikinci olarak ise quadkopteri havaya kaldırması gerektiği için ekstra harcanması gereken güçtür.

## b. Pervane

Pervane seçimi quadkopter için önemli hususlardan bir tanesidir. Çünkü motorlardan aldığı mekanik gücü hava akımını kullanarak hareket enerjisine çeviren parçalardır. Quadkopterde 4 adet pervane kullanıldı. Bu pervaneler birbirlerini etkileyerek havada sapsmalara neden olmaması için yanyana olan pervanelerin dönüş yönleri farklı seçilmiştir. Bunun için motor ile esc arasındaki kablolardan herhangi ikinin yeri değiştirilerek ayarlandı. Satın alınan pervanelerin üzerinde ise dönüş yönleri R (right) L (left) olarak harflerle belirtilmektedir. Bunun dışında pervanelerin üzerinde 1060 gibi sayılar bulunmaktadır. Bu sayıların ilk iki hanesi kanat boyunu inch cinsinden göstermektedir. Geriye kalan 2 sayı ise kanatın 1 rotasyonda aldığı yolu göstermektedir. Seçilen pervane 10 inch uzunluğunda ve pitch değeri 6.0 dır.



Resimden de anlaşılacağı üzere pitch değerini arttırdığımızda (soldaki resim) pervanemiz her dönüşünde çok daha yol alacaktır. Fakat motorlarımızı zorlayacak ve dönüş hızı yavaşlatacaktır. Sağdaki resimde ise pitch değeri düşük seçilmiştir. Aldığı yol az olmasına karşın dönüş hızı daha fazla olacağından aradaki açığı kapatabilmektedir. Seçilen pitch değeri quadkopterin şase büyüklüğünü ve motorun datasheet de yazan değerlerine bakarak en verimli şekilde ayarlamak gerekmektedir.<sup>[8]</sup>

### **c. Li-po pil**

Li-Po pil sistemin temel güç kaynağı olduğu için önemli parçalar arasında yer almaktadır. Quadkopterin uçuş süresini seçilen pilin değeri belirleyecektir. Ancak bu konuda dikkat edilmesi gerek hususlardan bir tanesi seçilen pilin güç değeri arttıkça ağırlığının ve fiyatının da artacak olmasıdır.

Pil konusunda ikinci önemli husus akımın kapasitesidir. Li-Po pillerin üzerlerinde deşarj katsayıları bulunmaktadır. Bu katsayı ile bilin üstündeki değeri çarpıldığında sisteme anlık olarak verebileceği akım değerini göstermektedir.<sup>[8]</sup>

Seçilen motorlar maksimum olarak 12A lik bir akım çekeceğini düşünülmektedir. Pil olarak 4000 mAh ve 20c değerinde bir pil seçilmiştir. Bu pil maksimum değerinde  $48A +$  (devredeki diğer malzemeler ve ısınma faktörü) 2A olmak üzere 50A'lik bir akım çekeceği düşünülmektedir. Bu durumda pil  $50/4=12.5$  , maksimum durumda 12.5 C'lik değer elde edileceği varsayılırsa  $60/12.5= 4.8$  dakika (4 dakika 48 saniye) uçuş süresi olacağı hesaplanmıştır. Bu durumda seçilen pilin normal durumda 5 dakikanın üstünde bir uçuş süresi sağlayacaktır.

## **Sonuçlar**

Yapılan tasarım ve yazılım sonucundaki gözlemlerimiz aşağıda özetlenmiş ve madde halinde sıralanmıştır:

- 1- Tasarım ve elektronik birimdeki kullanılan malzemelerdeki tolerans değerlerinden dolayı hesaplamalara eklemiş olduğumuz hata paylarının önemi gözlemlenmiştir.
- 2- Seçtiğimiz çeşitli Motorların verimliliğinin batarya üzerindeki etkisi gözlemlenmiştir
- 3- Farklı pervane boyutlarında quadkopterin verimliliği gözlemlenmiştir.
- 4- Görüntü işleme için kullandığımız Raspberry Pi'nin diğer geliştirme kartlarına göre yüksek verimde olduğu gözlemlenmiştir.

## **Teşekkür**

Bu alışma Erzurum Teknik Üniversitesinde yapılmıştır. Çalışma boyunca değerli fikirlerinden yararlanmış olduğumuz Öğretim Üyelerinden, projenin yapımını destekleyen Mühendislik ve Mimarlık Fakültesine sonsuz teşekkürlerimizi sunarız.



## Kaynaklar

- [1] [http://www.academia.edu/10150955/Quadcopter\\_nedir\\_nas%C4%B1\\_u%C3%A7ar\\_](http://www.academia.edu/10150955/Quadcopter_nedir_nas%C4%B1_u%C3%A7ar_)
- [2] <https://www.turkrc.com/esc-nedir/>
- [3] <http://www.elektrikrehberiniz.com/elektrik-motorlari/fircasiz-dc-motorlar-3835/>
- [4] <https://www.robotistan.com/raspberry-pi-3>
- [5] <http://www.robishop.com/ardupilot-mega-apm-26-set-gps>
- [6] <http://www.mersinmedya.com/yazarlar/sezgin-unver/rc-kumandalar-hakkinda-hersey/23/>
- [7] <http://ilkeraksoy.net/opencv-nedir/>
- [8] <http://turkisi.programlar.ntv.com.tr/drone-quadcopter-nasil-yapilir/>