





**T.C.**

**ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**

**MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**

**MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**TEZ ADI**

STEWART PLATFORM

**HAZIRLAYAN**

MUHARREM KURT 130607021

UFUK GEZER 130607049

BENAN ALTINBAŞ 120607324

MAHMUT CEM CİNER 120607316

**DANIŞMAN**

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Kürşat YALÇIN

NİĞDE 2017

**T.C.**  
**ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**  
**..... MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**BİTİRME TEZİ KABUL VE ONAY BELGESİ**

Bölümümüz

.....  
.....numaralı.....  
öğrencileri .....’nın,  
.....başlıklı Bitirme Tezi çalışması aşağıdaki jüri  
üyeleri tarafından .....Mühendisliği Bölümü’nde Bitirme Tezi  
olarak Oy Birliği/Oy Çokluğu ile kabul edilmiştir.

Danışman :

Üye :

Üye :

Tezin savunulduğu Tarih: .....

Bitirme Tezi dersi kapsamında yapılan bu çalışma, ilgili jüriler tarafından  
değerlendirme sonucunda.....Mühendisliği Bölümü’nde Bitirme Tezi  
çalışması olarak kabul edilmiştir...../...../.....

**Bölüm Başkanı**

**İmza**

## **DOĞRULUK BEYANI**

Bitirme tezi olarak sunduğumuz bu çalışmayı tüm akademik kurallara ve Ömer Halisdemir Üniversitesi Yayın Etiği Komisyonu Yönergesi'ne uygun olarak gerçekleştirdiğimizi ve sunduğumuzu; bu kurallar ve ilkelere aykırı hiç bir yol ve yardıma başvurmaksızın bizzat hazırladığımızı beyan ederiz. Tezimle ilgili yaptığım beyana aykırı bir durum saptanırsa ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımızı bildiririz. ... /.../...

MUHARREM KURT

UFUK GEZER

BENAN ALTINBAŞ

MAHMUT CEM CİNER

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği bölümünde Bitirme Tezi kapsamında hazırlanmıştır. Bu çalışmanın hazırlanması sırasında yardımlarını hiçbir zaman bizden esirgemeyen değerli hocamız Yrd. Doç. Dr. Mehmet Kürşat YALÇIN' a teşekkür ederiz.

Ayrıca çalışmalarımız sırasında bizden hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen bölümümüz öğrencisi Davut YÜKSEKKAYA' ya ve bizden her türlü maddi ve manevi desteği esirgemeyen ailelerimize teşekkür ederiz.

## İÇİNDEKİLER

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| DOĞRULUK BEYANI .....                                         | iv  |
| TEŞEKKÜR .....                                                | v   |
| İÇİNDEKİLER .....                                             | vi  |
| ŞEKİLLER LİSTESİ .....                                        | vii |
| ÖNSÖZ .....                                                   | ix  |
| AMAÇ .....                                                    | x   |
| ÖZET .....                                                    | 1   |
| ABSTRACT .....                                                | 2   |
| 1 GİRİŞ .....                                                 | 3   |
| 1.1 Genel Hususlar .....                                      | 3   |
| 1.2 Paralel Mekanizmalar .....                                | 3   |
| 1.3 Seri Mekanizmalar .....                                   | 4   |
| 1.4 Stewart Platform Mekanizması .....                        | 5   |
| 1.5 Stewart Platform Mekanizmalarının Kullanım Alanları ..... | 6   |
| 2 LİTERATÜR TARAMASI .....                                    | 7   |
| 3 INERTİAL MEASUREMENT UNIT(IMU) .....                        | 9   |
| 3.1 Accelerometer .....                                       | 10  |
| 3.2 Gyroscopes .....                                          | 13  |
| 4 SİSTEM TASARIMI .....                                       | 15  |
| 4.1 Mekanik Çizimler Ve Parametre Seçimleri .....             | 15  |
| 4.2 Sistemin Elektrik Bağlantı Şeması .....                   | 16  |
| 4.3 Sistemin Test Düzeneği .....                              | 17  |
| 5 PROJE İŞ-ZAMAN PLANI .....                                  | 19  |
| 6 SONUÇ .....                                                 | 19  |
| 7 KAYNAKLAR .....                                             | 23  |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1 Stewart Platform Mekanizması.....                                            | 3  |
| Şekil 1.1 3 Serbestlik Dereceli RRR ‘Agile Eye’ .....                                | 4  |
| Şekil 1.2 3 Serbest Dereceli PRRR ‘Tripteron’ .....                                  | 4  |
| Şekil 1.3 a) Kuka-160 seri robot b)Puma tipi seri robot c)Adept Scara seri robot ... | 5  |
| Şekil 1.4 Stewart Platform Mekanizması.....                                          | 6  |
| Şekil 1.5 1960 ‘da sunulan ilk oktahedral yapıdaki uçuş simülatörü.....              | 6  |
| Şekil 1.6 Ortopedide kullanılan CRIGOS robotunun testi.....                          | 7  |
| Şekil 3.1 Hava araçlarında kullanılan IMU.....                                       | 9  |
| Şekil 3.2 uzayda hareketsiz duran küre.....                                          | 11 |
| Şekil 3.3 1g lik kuvvet uygulanmış kuvvet.....                                       | 11 |
| Şekil 3.4 1 g lik kuvvet uygulanmış kuvvet.....                                      | 12 |
| Şekil 3.5 Küreye 45° ile ½ kuvvet uygulanmış .....                                   | 13 |
| Şekil 3.6 Gyroscope .....                                                            | 13 |
| Şekil 3.7 IMU Elektrik Bağlantı Şeması.....                                          | 14 |
| Şekil 4.1 : Çizilmiş olan sistemin katı model hali.....                              | 15 |
| Şekil 4.2 Elektrik Bağlantı Şeması .....                                             | 16 |
| Şekil 4.3 Katı Modeli Çizilen Sistemin Montajı.....                                  | 17 |
| Şekil 4.4 Montajı ve Boyası Tamamlanmış Sistem .....                                 | 18 |
| Şekil 6.1:Sistemin son halinin bir görünüşü .....                                    | 20 |
| Şekil 6.2:Sistemin Son Halinin Bir Görünüşü .....                                    | 20 |
| Şekil 6.3:Sistemin son halinin bir görünüşü. ....                                    | 21 |

## **TABLÖLAR LİSTESİ**

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| Tablo 5.1 Proje İş-Zaman Planı..... | 19 |
| Tablo 6.1 Fiyat Listesi .....       | 22 |

## ÖNSÖZ

Stewart Platform Mekanizması ilk olarak Uçuş simülatörlerinde uzaysal hareketleri simüle edebilmek amacıyla geliştirilmiş paralel bir mekanizmadır. Zaman içerisinde bu tip paralel mekanizmalara rağbet artmış, tıp sektöründen deniz araştırmalarında, yapı sektöründe, uzay araştırmalarında kullanılagelmiştir. Stewart Platformu üzerine yapılan araştırmalar zamanla bu mekanizmanın evrim geçirerek birçok sayıda ve farklı tiplerde paralel mekanizmalar olarak karşımıza çıkmasını sağlamıştır. Bu mekanizmalar üzerinde yapılan teorik ve deneysel çalışmalar mekanizmanın uzaysal hareketlerini ve dinamiklerini daha iyi anlaşılır bir hale getirmiştir.

## AMAÇ

Uçak similatöründeki gibi, similasyonu yerine 3 Öteleme 3 Dönme ile tek bir noktadan Stewart Platform kullanılarak kontrolü sağlanacaktır. Böylelikle uçuş eğitimleri similasyonları daha kolay bir şekilde yapılabilecektir.

## ÖZET

Stewart Platform Mekanizması alt kısmı hareketsiz bir plakaya bağlı, üst kısmı ise uzaysal hareketi sağlaması amacıyla hazırlanmış bir uç işlevciye bağlı altı adet doğrusal tahrik elemanından oluşan; üç öteleme ve üç dönme hareketi yapmaya imkân veren paralel bir mekanizmadır. Bu mekanizma ilk olarak 1965 'de D.Stewart tarafından uçuş simülatörü olarak sunulmuş ve zamanla önemi artmıştır. Bu çalışmada Stewart Platformunun kinematik ve dinamik davranışları incelenmiş, bu davranışlar bilgisayar ortamında gerçek zamanlı olarak simüle edilmiştir. Ayrıca platformun bağ-grafik modeli çıkartılmış ve mekanizmanın çalışma uzayı tayin edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** SPM, stewart platform mekanizması, bağ-grafik, bondgraph, 3x3 stewart platformu, ters kinematik analiz, düz kinematik analiz, dinamik analiz, çalışma uzayı analizi.

## ABSTRACT

The Stewart Platform Mechanism is a parallel mechanism which has six actuators mounted on a fixed plate and an end effector for spatial motion. This mechanism was first proposed as a flight Simulator in 1965 by D.Stewart and in the course of time many researchers have studied on this mechanism. In this study, kinematic and dynamic behavior of a Stewart Platform Mechanism was explained and these kinematic and dynamic characteristics of Stewart Platform Mechanism were observed with computer based real time simulations. Furthermore Bondgraph modelling was applied on this mechanism and the workspace of platform was obtained.

**Keywords:** SPM, Stewart platform mechanism, 3x3 Stewart platform, inverse kinematic analysis, direct kinematic analysis, dynamic analysis, bondgraph, workspace analysis.

# 1 GİRİŞ

## 1.1 Genel Hususlar

### 1.2 Paralel Mekanizmalar

Uç işlevcinin (hareketli platformun) en az iki bağımsız eleman ile sabit bir koordinat sistemine bağlanmasıyla oluşan kinematik zincire paralel mekanizma adı verilir. Bu tür kinematik zincirlerden en çok kullanım alanı bulan Stewart'ın geliştirdiği mekanizmadır(B.Dasgupta, 1998).

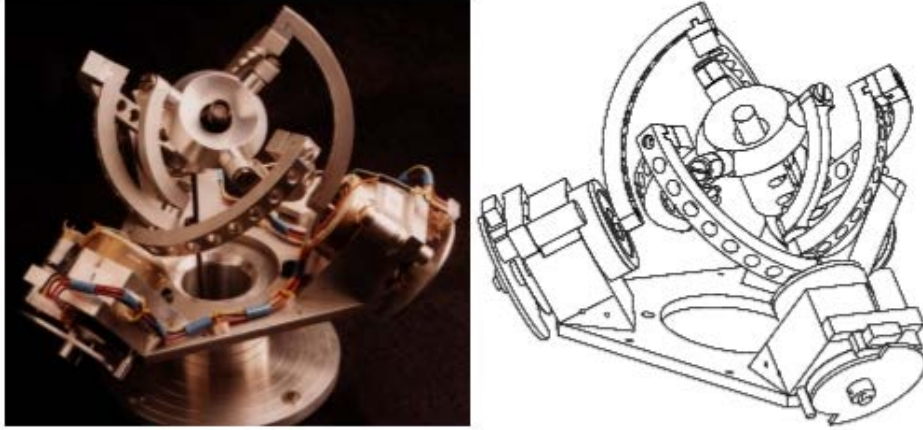
Paralel mekanizmalar ilk kez ortaya çıkışından itibaren birçok kullanım alanı bulmuştur. Çoğunlukla uçuş simülatörlerinde kullanılmakla beraber, titreşim sönümleyici olarak, Büyük teleskoplarda teleskop aynasının hassas olarak konumlandırılmasında, uydularda ve tıp sektöründeki birçok robot destekli cerrahi alanda kullanılmaya devam etmektedir. Kullanım alanları her geçen gün ilerleyen teknoloji ile birlikte çoğalmaktadır.

Paralel mekanizmaların serbestlik derecesi eyleyici tipi ve sayısı ile direkt olarak ilişkilendirilemez. Serbestlik derecesi eyleyicilerin bağlanma şekli, bağlantılarda kullanılan yatak tipi ve çoğunlukla da sistem geometrisine bağlı olarak değişir.

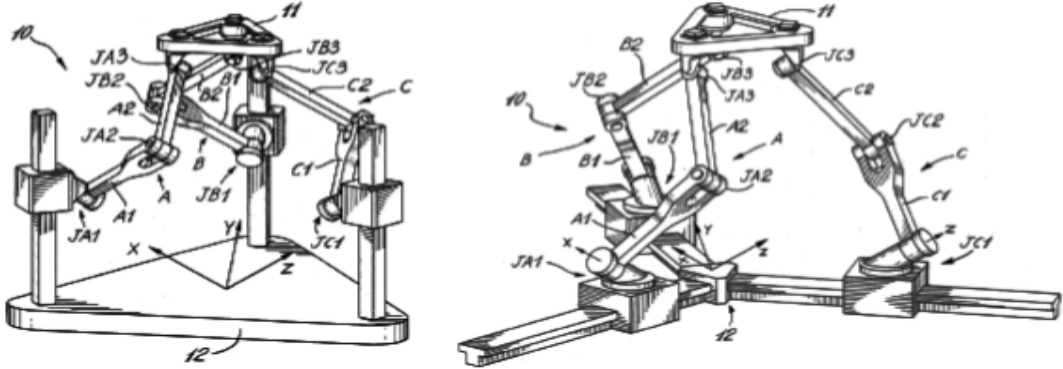
Paralel mekanizmalara örnek olarak Stewart Platform Mekanizması (Şekil 1.1), “Agile Eye” (Şekil 1.2), “Tripteron” (Şekil 1.3) gösterilebilir.



**Şekil 1 Stewart Platform Mekanizması**



Şekil 1.1 3 Serbestlik Dereceli RRR ‘Agile Eye’



Şekil 1.2 3 Serbest Dereceli PRRR ‘Tripteron’

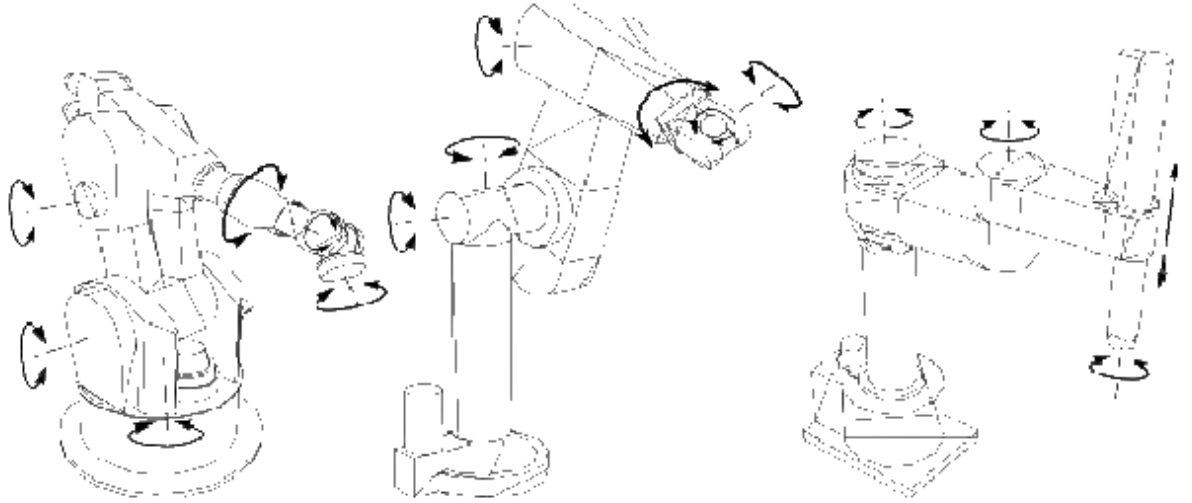
### 1.3 Seri Mekanizmalar

Uç işlevcinin birden fazla ve birbiri ardına bağlandığı hareket elemanlarının oluşturduğu kinematik yapıya seri mekanizma adı verilir.

Paralel mekanizmalarla karşılaştırıldığında seri mekanizmaların gerek çalışma uzayı bakımından ve gerekse kontrol kolaylığı bakımından avantajı fazladır. Yapılan kinematik hesaplamalardan seri mekanizmaların düz kinematiği gerek işlem yükü bakımından gerekse sonuca gitmek bakımından paralel mekanizmalara nazaran daha kolaydır.

Antromorfik yapıda olmaları, başka bir deyişle omuz, dirsek, bilek eklemlerinin bulunması seri robotların uzaysal hareket yeteneğini artırmaktadır. Bu eklemlerde uygun yataklar kullanılarak serbestlik derecesi arttırılabilir. Yük taşıma kapasitelerine göre ağırlıklarının az olması ise paralel mekanizmaların avantajlarından biridir.

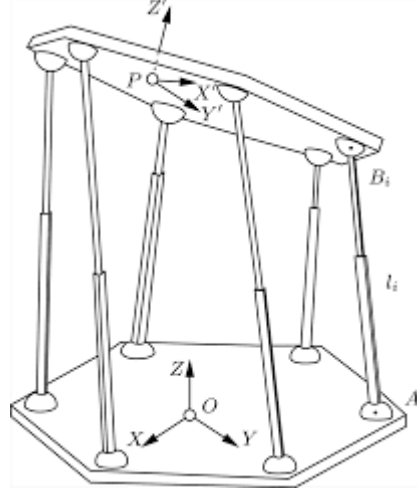
Seri mekanizmalar en basitinden en karmaşığına kadar endüstriyel alanda, askeri alanda ve sağlık alanında yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Şekil 1.4’ de bazı seri mekanizmalar verilmiştir.



**Şekil 1.3 a) Kuka-160 seri robot b)Puma tipi seri robot c)Adept Scara seri robot**

#### **1.4 Stewart Platform Mekanizması**

Paralel mekanizmaların uçuş simülatörlerinde kullanılması fikri ilk olarak 1965 yılında Stewart tarafından (E.Anlı ve H.Alp, 2005) ortaya atılmıştır. Bu mekanizma altı serbestlik dereceli (üçü öteleme eksen, üçü dönme eksen) olmak üzere sabit bir alt platforma 6 adet tahrik elemanının bağlanması ve bu eyleyicilerin de hareketli bir üst platforma bağlanmasıyla oluşur.



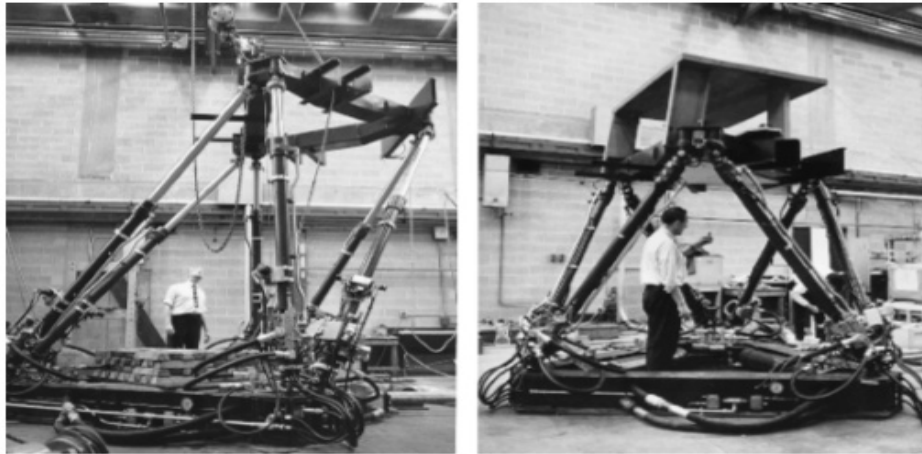
**Şekil 1.4 Stewart Platform Mekanizması**

Stewart bu mekanizmanın eksenleri aktifken bütün serbestlik derecelerinin kontrol edilebileceğini, bu elemanlar sabitken platformun sabit konumda kalacağını ispatlamıştır (E.Anlı, H.Alp, 2005) .

### **1.5 Stewart Platform Mekanizmalarının Kullanım Alanları**

Stewart Platform Mekanizması ortaya çıkışından itibaren birçok sahada kullanım alanı bulmuştur. Uzaysal hareket yapabilen ve çalışma uzayının büyük olmasının çok önemsenmediği durumlarda araştırmacıların ilgisini çekmiş ve çekmektedir.

Stewart platformu ilk olarak uçuş simülatörü olarak ortaya çıkmış bir mekanizmadır . Yapmış olduğu altı eksenli uzaysal hareket ile ilk ortaya çıkışından itibaren bu alanda kullanılmaya devam etmektedir.



**Şekil 1.5 1960 'da sunulan ilk oktahedral yapıdaki uçuş simülatörü**

Uçuş simülatörlerinin yanı sıra uydu sistemlerinde vericilerin hassas olarak konumlandırılmasında, aynı şekilde uzay gözlem istasyonlarındaki büyük çaplı teleskopların aynalarının konumlandırılmasında kullanılmaktadır. Sanayide ise çeşitli parça işleme tezgâhlarında kesme takımlarının konumlandırılmasında kullanım alanı mevcut olup henüz yaygınlaşmamıştır.

Bütün bu kullanım alanlarının yanı sıra askeri alandaki araştırma faaliyetlerinde ve tıp sahasında ise mikrocerrahi alanı bu mekanizmanın rağbet gördüğü alanlardır.



**Şekil 1.6 Ortopedide kullanılan CRIGOS robotunun testi**

## **2 LİTERATÜR TARAMASI**

-Stewart platformun kinematik ve dinamik davranışları incelenmiş ve bu davranışları bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Bağ-grafik modeli çıkartılıp çalışma uzayı tayin edilmiştir.[1]

-Stewart platformun kinematik ve dinamik analizi ve kontrolü yapılmıştır. Matlab ve simulink programlarıyla elde edilen matematik model kullanarak gerçekleştirilmiştir.[2]

-Stewart platform mekanizmasının yeni bir geometrik yaklaşım kullanarak elde edilmiştir.[3]

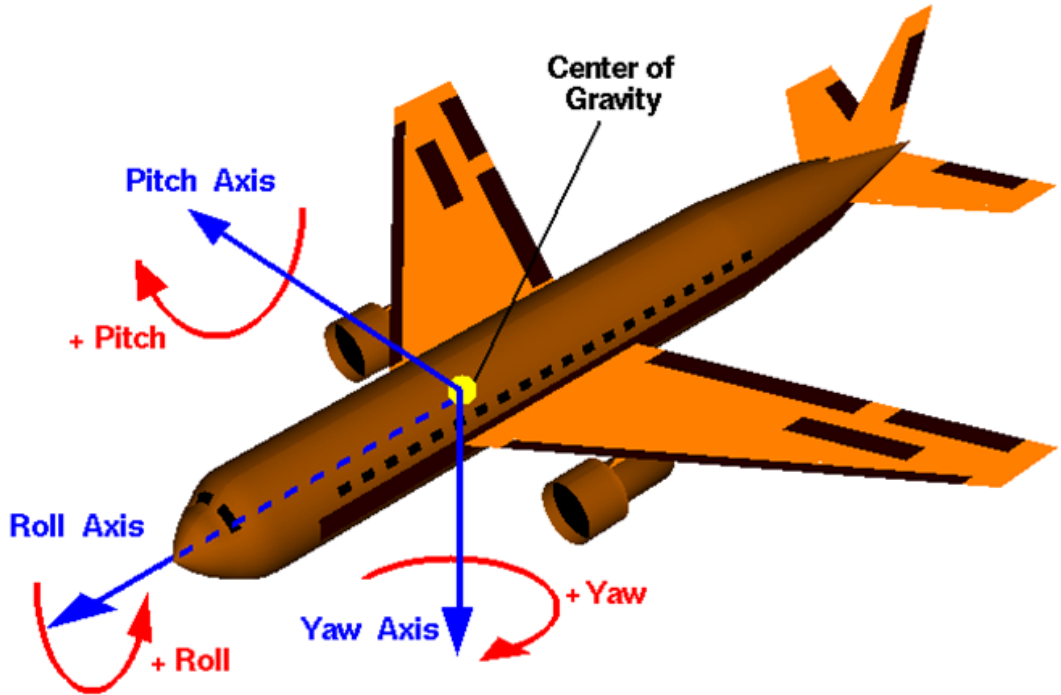
- Bu çalışma farklı bacak sayısına sahip tüm GSP mekanizmalarının kolaylıkla tasarlanabilmesini sağlayan bağlantı matrisi algoritması geliştirilmiştir.[4]
- Robotik cerrahi alanında kuvvet ve konum kontrolü yapan stewart platform geliştirilmiştir. [5]
- 3x3 stewart platformun kinematik davranışları Newton-Raphson ve sinir ağıları yardımıyla Matlab ve Visuel Basic programları kullanılarak çözülmüştür.[6]
- Paralel manipülatörlerin belirlenen kriterleri karşılayacak şekilde tasarlanması amacıyla yapılmıştır.[7]
- Stewart Platformu modelleme ve benzetim,dinamik analizi ve tekillik arama yolu ile ayrıntılı incelenmiştir.[8]
- Bu çalışmada tüm sistemin tasarımı ve analizi yapılmış,kontrol yöntemi geliştirilmiş ve sistem kurulup test edilerek doğrulanmıştır.[9]
- Modern tanklarda kullanılan iki eksenli stabilizenin performans testlerinin yapılabileceği hareket similatörünün modellenmesi ve kontrolü gerçekleştirilmiştir.[10]
- Tank kulesi ve namlusunun dinamik davranışları test edilerek hareket similatörü geliştirilmiştir.[11]
- Stewart Platforma dayak manipulatörlerin, düz pozisyon analizi ve ters pozisyon analizi çözümü çalışılmıştır.[12]
- Stewart Platformu mekanizmasının similasyonu için gerekli ileri ve ters kinematiğinin hızlı ve hassas hesap yönetimi üzerine geliştirilmiştir.[13]
- 6-3 SPM'nin düz ve ters kinematiği verilmiştir. Yapay sinir ağıları detaylı bir şekilde açıklanmış ve 6 - 3 Stewart platform mekanizmasının yalnızca dönme, yalnızca ötelenme ve genel hareketlerinin düz kinematik problemlerine uygulanmıştır.[14]
- Matlab, SimMechanics ve SolidWorks programları ile 6x6 Stewart Platformun yazılımsal olarak ters ve düz kinematik analizini modellenmesi,benzetimi ve gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir.[15]

### 3 INERTIAL MEASUREMENT UNIT(IMU)

Jiroskop ve ivmeölçer tek başlarına güvenli ve stabil veriler sağlayamazlar. Bu yüzden birbirlerini referans alarak iki **sensör** birleştirilir ve hız, pozisyon gibi bilgiler tek bir birimden yani IMU'dan alınır. Degrees of Freedom (DOF) terimi IMU'nun serbestlik derecesini niteler.Örneğin; 3 eksen gyro ve 3 eksen ivmeölçerli bir IMU 6DOF olarak ifade edilir.

Hava araçlarının en temel elektronik ekipmanı olan IMU modulleridir. IMU modullerinin hayati önem taşımasının sebebi, modüllerin yönelim açılarını hesaplamak için kullanılmasıdır. En büyük yolcu uçağından, roketten en küçük bir quadrokoptere kadar tüm hava araçları stabil ve sağlıklı bir uçuş için bu modullerden birine sahip olmalıdırlar.

IMU ingilizcedeki "Inertial Mesurament Unit" kelime grubunun kısaltılmış halidir. IMU ile bir cismin uzaydaki 3 boyutlu yönelimi bulunabilir. 3 boyutlu yönelimi anlatmanın en kolay yolu Euler Açılarını kullanmaktır. Havacılık sektöründe sıklıkla Euler açılarının özelleşmiş bir versiyonu olan "Yaw, Pitch, Roll" açıları kullanılmaktadır.



Şekil 3.1 Hava araçlarında kullanılan IMU

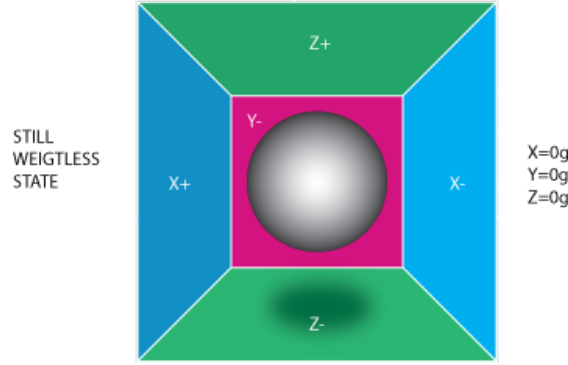
İvme ölçer ile Pitch ve Roll açısı tespit edilebilir fakat hareket anında gürültü oluşur ve doğru bilgi elde edilemez, Gyro ise 3 eksenindeki açısal hızları verir. Eğer ilk açı bilinmiyorsa sadece gyro ile şu anki açılar hesaplanamaz, sadece açısal hız üzerinden açısal açı değişimi hesaplanabilir. Gyronun ikinci kötü özelliği ise "Drift" özelliğidir. Gyro sabit duran bir cisimde bile küçük de olsa açısal hızlar hesaplar. Bu nedenle sadece Gyroya bağlı sistemlerde hesaplanan açılar yavaş yavaş kayar. Bunu engellemek için bazı filtreler kullanılır. Bu filtrelerin amacı Gyro üzerinden verileri alıp ivme ölçer üzerinden bu verileri düzeltmektir. Böylece drift engellenmiş olur ve sadece ivmeölçere bağlı olunmadığı için hareket halindeki gürültü sonuçlardan kurtulmuş olur. Fakat ivmeölçer sadece pitch ve roll açılarını hesaplayabildiği için yaw eksenine referans olamaz. Yaw eksenine referans olması için kullanılan modül magnetrometredir. Bu sayede değişik algoritmalar ve filtreler kullanılarak gyro üzerinden hesaplanan açısal değişimler, pitch ve roll eksenlerinde ivmeölçer, yaw ekseninde ise magnetrometre tarafından düzeltilerek yönelim açılarının hesaplanması sağlanır.

### 3.1 Accelerometer

Accelerometerlar üzerlerine düşen statik(yerçekimi) veya dinamik (aniden hızlanma veya durma) ivmeyi ölçmektedirler. Sensörden aldığımız değer  $m/s^2$  veya yer çekimi (g-Force) türünden ifade edilebilir. Uygulamalarda genelde yerçekimi türünden ifade edilmektedir. Eğer uzayda veya herhangi bir çekim alanının kapsamında değilseniz sensör üzerine 1g lik bir yerçekimi kuvveti etki etmektedir. Buda hepimizin bildiği gibi yaklaşık olarak  $9.8m/s^2$  dir ve dünyadaki bulunduğunuz noktaya göre değişiklik göstermektedir. Sensör sürekli olarak yer çekimi etkisi altında kaldığından eğim ölçer (örneğin yeni nesil akıllı cep telefonlarında kullanılmaktadır ve siz telefonu dikey veya yatay konuma getirdiğinizde telefonun ekranı hareketinize göre değişmektedir)

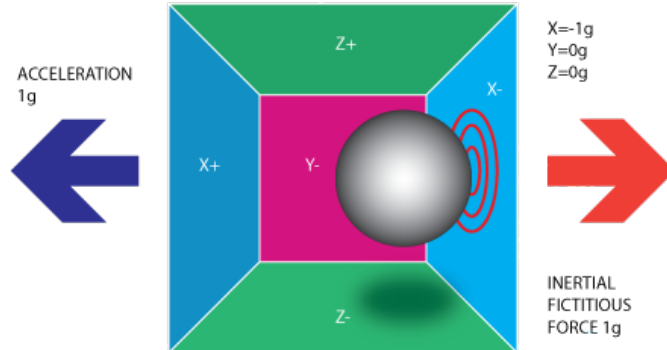
Uzayda olduğunuzu düşünün. Herhangi bir çekim etkisi yok ve ağırlığınız 0 dır. Önünüzde de aşağıdaki şekildeki gibi bir kutu, kutunun ortasında bir küre

olduğunu hayal edin. Herhangi bir çekim etkisi olmadığından küre herhangi bir yüzeye temas etmeden hareketsiz bir şekilde durmaktadır. Kürenin hareketini görebilmek için kutunun +Y yönünde kalan yüzeyinde kesip atalım.



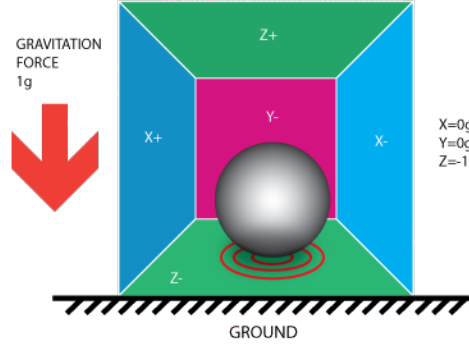
**Şekil 3.2 uzayda hareketsiz duran küre**

Kutuyu elinizde tutup +X yönünde 1g kuvveti ile hızlandırdığımızda küre kutunun – X yüzeyine eylemsizlikten dolayı 1g lik bir kuvvet uygulayacaktır.



**Şekil 3.3 1g lik kuvvet uygulanmış kuvvet**

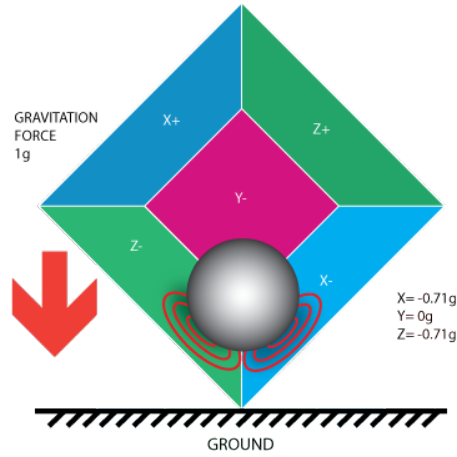
Şimdi kutumuzu alıp dünyaya dönelim. Kutuyu yere koyduğumuzda dünyamızın 1g lik yer çekimi kuvvetinden dolayı küre  $-Z$  yüzeyine 1g kuvvet uygular.



**Şekil 3.4 1 g lik kuvvet uygulanmış kuvvet**

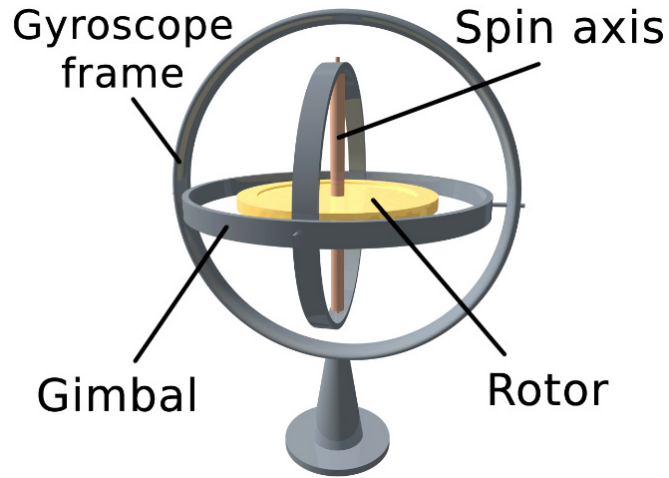
İvmeölçerlerde benzer bir şekilde çalışmaktadır. Yüzeyleri basınca, manyetik alana tepki verecek şekilde yapılmaktadır ve ivmeölçerde bu tepkiyi ölçerek bize bir değer vermektedir. Sensörün yer yüzü ile yaptığı açı değiştiğinde sensörün eksenlerine uygulanan kuvvette değişecektir ve bizde yeni değerleri okuyarak yeryüzü ile yaptığımız açıyı trigonometri yardımıyla hesaplarız.

Örneğin kutumuzu 45 derece sağa doğru çevirdiğimizi düşünelim. Bu durumda kürenin  $-X$  ve  $-Z$  yüzeylerine kök içinde  $\frac{1}{2}$  lik bir kuvvet uygulanır oda 0,707g ye eşittir.



Şekil 3.5 Küreye 45° ile ½ kuvvet uygulanmış

### 3.2 Gyroscopes



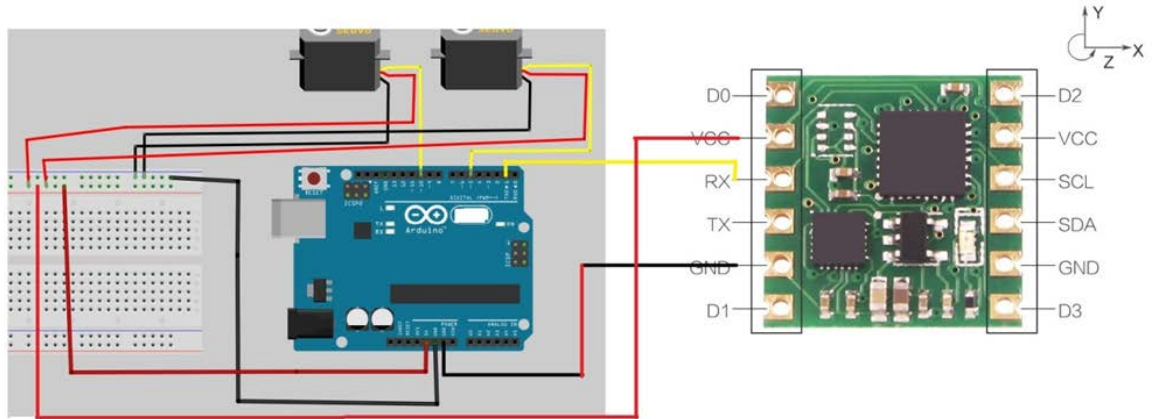
Şekil 3.6 Gyroscope

Gyroscopelar; basitçe bir tekerleğin eksenini etrafında hızlıca döndürülmesi sonucu ortaya çıkarlar. Tekerleğin etrafındaki çembere dik açıyla kenetlenmiş başka bir çember ve bu çemberlere dik açıyla tutturulmuş başka bir çember jiroskobu modeller. Jiroskobun öne çıkan iki özelliği vardır. Yatay ekseninde dönmekte olan bir

jiroskopa yatay eksen doğrultusunda bir kuvvet uyguladığımızda yatay eksen etrafında dönmek yerine eksen etrafında dönmeye başlar. Diğer bir özelliği ise jiroskopun dönmeye başladığı eksenin jiroskobun durduğu yüzey ne açıyla oynatılırsa oynatılsın jiroskobun dönüş eksenini sabit kalır. Bu özelliğinden dolayı uyduların sürekli olarak dünyaya dönük kalması, uçaklarda ve çeşitli araçlarda yapay ufuk oluşturulması ve otopilot gibi uygulamalarda kullanılmaktadır.

Biz jireskobu bir şeyin bir eksen etrafında ne kadar hızla döndüğünü başka bir deyişle açısal hızını öğrenmek için kullanıyoruz. Bu hız dakikadaki dönüş sayısı (RPM) yada saniyedeki dönüş derecesi ( $^{\circ}/sn$ ) olarak ifade edilmektedir.

### 3.3 IMU Sisteminin Elektrik Bağlantı Şeması



Şekil 3.7 IMU Elektrik Bağlantı Şeması

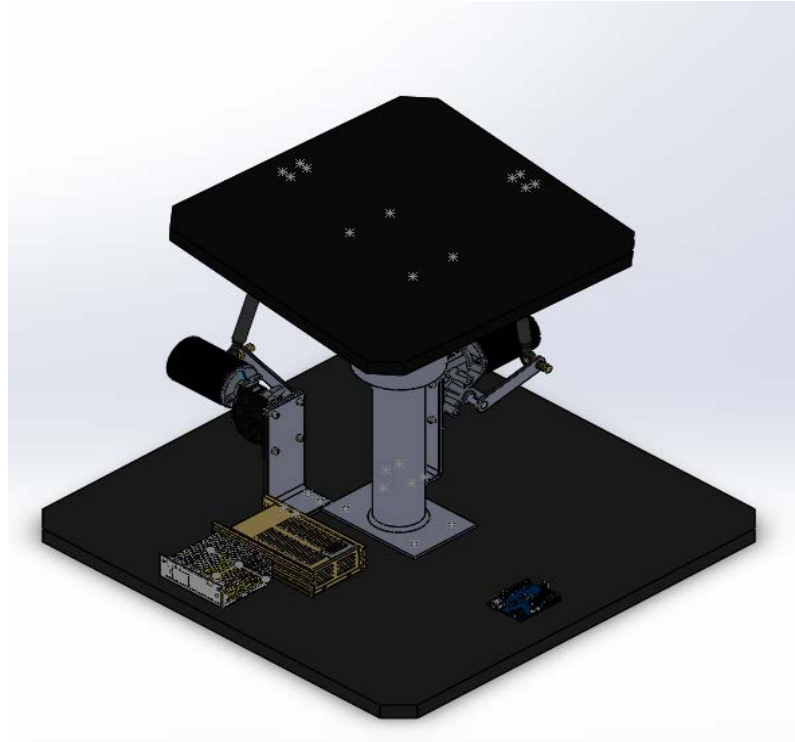
## 4 SİSTEM TASARIMI

### 4.1 Mekanik Çizimler Ve Parametre Seçimleri

Sistem 2 eksenli olarak tasarlanmıştır. (roll,pitch eksenleri.)

Bu sistemin tasarımındaki komponentleri kabaca sayılırsa;

- 2 adet motor
- Biri üst ve biri alt tarafa olmak üzere 2 adet platform
- 5V 5A ve 12V 30A güç kaynakları
- Motor sürücü (12V 30A)
- Arduino Mega ve Arduino Uno
- Lazer sistemi



Şekil 4.1 : Çizilmiş olan sistemin katı model hali

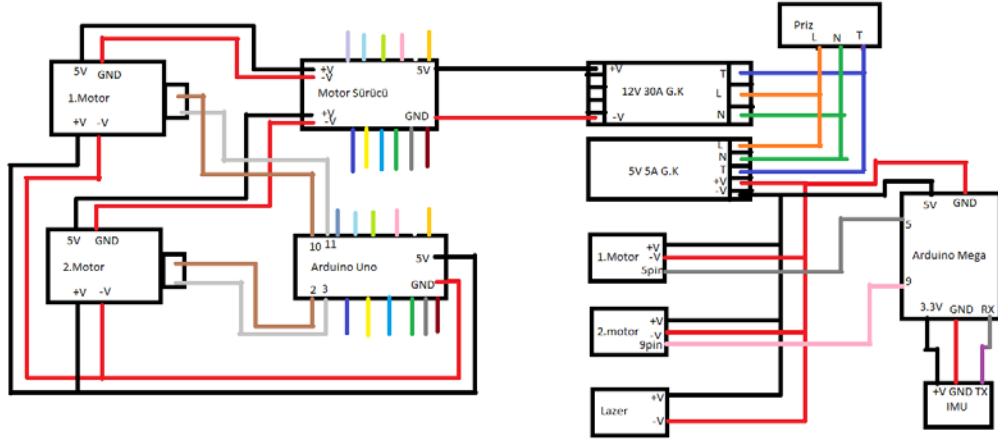
Bu sistem SolidWorks katı modelleme programında çizilmiş, tasarlanmıştır.

Sistemi kısaca anlatacak olursak ; arduino programında yazmış olduğumuz kodları motor sürücülere aktararak, güç kaynağı(12V 30A) ile besleyerek sistemin roll,pitch hareketlerini yapmasını sağladık.

Tasarlanmış olan sistemimizde üst platforma lazer sistemini ekleyerek Arduino programı ile IMU kodlarını yazarak Lazer sistemini çalıştırdık.

Platform hareket ettiği halde IMU sistemimiz sayesinde lazer hedefi sabit kalarak stabilizasyon işlemini tamamladık.

#### 4.2 Sistemin Elektrik Bağlantı Şeması



Şekil 4.2 Elektrik Bağlantı Şeması

Sistemde görüldüğü gibi ;

- Prizden aldığımız bağlantılar ile Güç kaynaklarımızı besledik.
- Güç kaynağı bağlantısı ile Motor sürücüyü beslendi.
- Motor sürücü bağlantıları ile Arduino bağlantıları bağlandı.
- 1.Motor ve 2.Motorun (+) (-) bağlantıları Motor sürücü bağlantılarına bağlandı.
- 1.Motor ve 2.Motor (+) (-) bağlantıları Arduino Uno bağlantılarına bağlandı.

- 1.Motor ve 2.Motor encoder bağlantıları Arduino Uno bağlantılarına bağlandı.
- 12V 30A Güç kaynağı ile 5V 5A Güç kaynağını birbirine bağlantısı yapıldı.
- 5V 5A Güç kaynağından alınan bağlantılar ile Arduino Mega ve lazer sisteminin (+) ile (-) uçlarını lehimledikten sonra bağlantısı tamamlandı.
- IMU bağlantısı Arduino Megaya bağlandı.

#### 4.3 Sistemin Test Düzeneği

Sistemin mekanik imalatı aşamaları anlatılacak olunursa;

Öncelikle marangozda alt ve üst plaka tasarım ölçülerine göre kesim yapılmıştır.

Motorları sabitlemek için L şeklinde plaka yaptırılmıştır. Roll ve pitch hareketlerini sağlayabilecek bir sistem tasarlanıp yapılmıştır. Bir ucu z rot diğer ucu da cıvata kaynatılarak somun ile sabitlenmiştir.Alt plaka ile üst plakayı Roll pitch hareketini sağlayacak sistem ile montajı tamamlandı. L plakalar alt plakaya sabitlendi. Sistemin alt , üst , orta sistem ve L plakaları boyama işlemi gerçekleşti. Motorlar L plakaya sabitlendi. Motorlar ile üst plakayı bir ucu z rot diğer ucu cıvata olan sistemin montajı yapıldı. Motor sürücü, Arduino ve Güç kaynakları alt plakaya monta edildi. Lazer sistemi üst plakaya monta edildikten sonra elektrik bağlantıları yapıldı.



Şekil 4.3 Katı Modeli Çizilen Sistemin Montajı



**Şekil 4.4 Montajı ve Boyası Tamamlanmış Sistem**

## 5 PROJE İŞ-ZAMAN PLANI

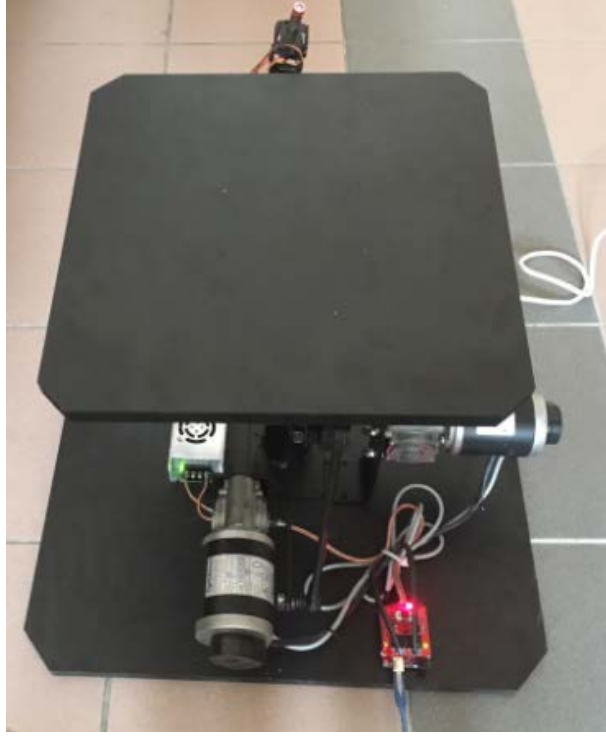
Yapılacak olan iş- zaman çizelgesi aşağıda verilmiştir.

| GÖREV ADI                      | Kasım 15 |      |       |       |       | Aralık 15 |       |       |       |     | Ocak 16 |      |      |      |     | Şubat 16 |      |      |     |      | Mart 16 |      |     |      |      | Nisan 16 |     |     |      |      | Mayıs 16 |  |  |  |  |
|--------------------------------|----------|------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-----|---------|------|------|------|-----|----------|------|------|-----|------|---------|------|-----|------|------|----------|-----|-----|------|------|----------|--|--|--|--|
|                                | 1.11     | 8.11 | 15.11 | 22.11 | 29.11 | 6.12      | 13.12 | 20.12 | 27.12 | 3.1 | 10.1    | 17.1 | 24.1 | 31.1 | 7.2 | 14.2     | 21.2 | 28.2 | 6.3 | 13.3 | 20.3    | 27.3 | 3.4 | 10.4 | 17.4 | 24.4     | 1.5 | 8.5 | 15.5 | 22.5 |          |  |  |  |  |
| 1 Araştırma                    |          |      |       |       |       |           |       |       |       |     |         |      |      |      |     |          |      |      |     |      |         |      |     |      |      |          |     |     |      |      |          |  |  |  |  |
| 2 Ön Tasarım                   |          |      |       |       |       |           |       |       |       |     |         |      |      |      |     |          |      |      |     |      |         |      |     |      |      |          |     |     |      |      |          |  |  |  |  |
| 3 Nihai Tasarım                |          |      |       |       |       |           |       |       |       |     |         |      |      |      |     |          |      |      |     |      |         |      |     |      |      |          |     |     |      |      |          |  |  |  |  |
| 4 Nihai Tasarım Malzeme Temini |          |      |       |       |       |           |       |       |       |     |         |      |      |      |     |          |      |      |     |      |         |      |     |      |      |          |     |     |      |      |          |  |  |  |  |
| 6 Kontrol Sistem Tasarımı      |          |      |       |       |       |           |       |       |       |     |         |      |      |      |     |          |      |      |     |      |         |      |     |      |      |          |     |     |      |      |          |  |  |  |  |
| 7 Kontrol Sistem Yazılımı      |          |      |       |       |       |           |       |       |       |     |         |      |      |      |     |          |      |      |     |      |         |      |     |      |      |          |     |     |      |      |          |  |  |  |  |
| 8 Sistem İmalatı               |          |      |       |       |       |           |       |       |       |     |         |      |      |      |     |          |      |      |     |      |         |      |     |      |      |          |     |     |      |      |          |  |  |  |  |
| 9 Sistem Testi                 |          |      |       |       |       |           |       |       |       |     |         |      |      |      |     |          |      |      |     |      |         |      |     |      |      |          |     |     |      |      |          |  |  |  |  |

Tablo 5.1 Proje İş-Zaman Planı

## 6 SONUÇ

Sistem, istenildiği bir şekilde tasarlanmış ve gerekli programlar ve montajlama işlemleri sonrası, sistemin son haline gelinmiştir.



**Şekil 6.1:Sistemin son halinin bir görünüşü**



**Şekil 6.2:Sistemin Son Halinin Bir Görünüşü**



**Şekil 6.3:Sistemin son halinin bir görünüşü.**

Sistemin son haline ulaşılabilmesi için, alınmış olan malzemelerin listesi, isimleri, adetleri, alındığı yerleri ve fiyatları aşağıdaki tabloda verilmiştir

| NUMARA | MALZEME<br>ADI                                         | ADET | ALINDIĞI YER                                                                                                                                        | FİYAT(TL) |
|--------|--------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1      | Mekanik<br>İmalat                                      | 1    | Mert Torna<br>Niğde/Merkez                                                                                                                          | 200 TL    |
| 2      | 24 V 140 W<br>Yatık<br>Redüktörlü<br>Motor             | 2    | Şalter Elektrik Makine<br>Sanayi ve Ticaret A.Ş<br>İstanbul/Başakşehir                                                                              | 600 TL    |
| 3      | SparkFun<br>Monster<br>Moto<br>Shield(Motor<br>Sürücü) | 1    | <a href="http://www.domirobot.com/sparkfun-monster-moto-shield-pmu2473">http://www.domirobot.com/<br/>sparkfun-monster-moto-<br/>shield-pmu2473</a> | 228.14 TL |

|   |                             |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |            |
|---|-----------------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4 | IMU                         | 1 | <a href="https://tr.aliexpress.com/item/JY901-MPU6050-module-angle-output-9-axis-Accelerometer-Gyroscope-Serial-port-TTL-IIC-Four-rotor-powerful/32605705939.html?trace=msiteDetail2pcDetail">https://tr.aliexpress.com/item/JY901-MPU6050-module-angle-output-9-axis-Accelerometer-Gyroscope-Serial-port-TTL-IIC-Four-rotor-powerful/32605705939.html?trace=msiteDetail2pcDetail</a> | 50 TL      |
| 5 | Boya Malzemeleri            | 1 | Niğde/Merkez                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 10 TL      |
| 6 | Arduino Uno                 | 2 | <a href="http://www.direnç.net/">http://www.direnç.net/</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 35 TL      |
| 7 | Arduino Mega-Kablolar-Board | 1 | <a href="http://www.direnç.net/">http://www.direnç.net/</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 70 TL      |
| 8 | Elektrik Malzemesi          | 1 | Niğde/Merkez                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 10 TL      |
| 9 | Güç Kaynakları              | 2 | <a href="http://www.gittigidiyor.com">www.gittigidiyor.com</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 88 TL      |
|   |                             |   | TOPLAM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1291.14 TL |

**Tablo 6.1 Fiyat Listesi**

## 7 KAYNAKLAR

- [1] [İBRAHİM YILDIZ,3x3 kuvvet geri beslemeli bir Stewart platformunun kinematik analizi, bağ-grafik modellenmesi ve simülasyonu/Yüksek lisans Tezi/Yıldız Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Makine Mühendisliği Anabilim Dalı/2007,201314]
- [2][AHMET ŞUMNU,Stewart platformun tasarımı ve analizi/Yüksek Lisans Tezi/Gaziantep Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Makine Mühendisliği Anabilim Dalı/2015,398917]
- [3][SERDAR AY, platform mekanizması çalışma uzay analizi/Doktora Tezi/Hava Harp Okulu Komutanlığı / Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü / Havacılık Mühendisliği Anabilim Dalı/2013,332406]
- [4][ALPASLAN BURAK İNNER,Stewart platform benzetim ve eniyileme yazılımının gerçekleştirilmesi/Doktora Tezi/Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Elektronik ve Bilgisayar Sistemleri Eğitimi Anabilim Dalı/2013,335442 ]
- [5][SELÇUK KİZİR, Medikal amaçlı haptik güdümlü empedans kuvvet kontrollü stewart platformunun geliştirilmesi ve kontrolü/Doktora Tezi/Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı / Yönetim ve Organizasyon Bilim Dalı/2012,323153]
- [6][İBRAHİM YILDIZ,Uzaysal hareket eden taşıtların stewart platform mekanizması ile tek noktadan kuvvet geri beslemeli kontrolü/Doktora Tezi/Yıldız Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Makine Teorisi ve Dinamiği Anabilim Dalı / Makine Teorisi ve Kontrol Bilim Dalı/2011,295837]
- [7][BURAK ULAŞ,Stewart Platformu tasarımı,Yüksek lisans Tezi,İstanbul Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Makine Mühendisliği Anabilim Dalı / Sistem Dinamiği ve Kontrol Bilim Dalı/2009,251328]
- [8][BURCU GÜNERİ, Stewart platformunun tekillik aramayı içeren tam dinamik analizi/Yüksek Lisans Tezi/ Dokuz Eylül Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Makine Mühendisliği Anabilim Dalı/2007,213141]
- [9][ÖZER ULUCAY,Stewart Platformu tasarım ve kontrolü/Yüksek Lisans Tezi/ Sabancı Üniversitesi / Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü/2006,185096]
- [10][ONUR ALBAYRAK, Bir Stewart Platformun modellenmesi ve kontrolü/Yüksek Lisans Tezi/ Orta Doğu Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Makine Mühendisliği Bölümü/2005,167042]

- [11][MEHMET ÖZDAĞLAR, Stewart Platformu biçimindeki bir hareket benzeticişinin dinamik modellenmesi ve kontrolü/Yüksek Lisans Tezi/ Orta Doğu Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü/2001,116127]
- [12][HÜSEYİN OVAYOLU, STEWART PLATFORMA DAYALI MEKANİZMALARIN/MANİPÜLATRRLERİN KİNEMATİK ANALİZİ/Yüksek Lisans Tezi/Gaziantep Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü/1997,65943]
- [13][HİLMİ KÖMÜRLÜÖĞLU, Deneyşel bir stewart platformunun kontrol ve simülasyon programlanması/Yüksek Lisans Tezi/Yıldız Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Makine Mühendisliği Anabilim Dalı/2007,213319]
- [14][Yüksek Lisans Tezi/İstanbul Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü/2005,166695]
- [15][CEVHER SUNGURAY, 6x6 Stewart platform mekaniğzmasının tasarımı, benzetimi ve gerçekleştirilmesi /Yüksek Lisans Tezi/Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Havacılık Bilimi ve Teknolojileri Anabilim Dalı/2015,398853]

## ÖZGEÇMİŞ



### **Kimlik Bilgileri**

Adı Soyadı: Ufuk GEZER

Baba Adı: Necati

Anne Adı: Ayşe

Doğum Yeri: İstanbul

Doğum Yılı: 24.12.1994

İlk ve orta öğrenimini İstanbul'da tamamladıktan sonra 2013 yılında Niğde Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümünde lisans öğrenimine başladı. 2017 yılında lisans öğrenimine devam etmektedir.

### **Haberleşme Bilgileri**

Adres: Aşağıkayabaşı mah. Alparslan Türkeş bul.No:16/a K:4 D:15 Niğde/Merkez

Telefon: (+90) 505 217 33 24

E-posta: ufukkgezerr@gmail.com

## ÖZGEÇMİŞ



### **Kimlik Bilgileri**

Adı Soyadı: Muharrem KURT

Baba Adı: Esat

Anne Adı: Esmâ

Doğum Yeri: Mersin

Doğum Yılı: 27.03.1995

İlk ve orta öğrenimini Mersin’da tamamladıktan sonra 2013 yılında Niğde Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümünde lisans öğrenimine başladı. 2017 yılında lisans öğrenimine devam etmektedir.

### **Haberleşme Bilgileri**

Adres: Şehitler mah. Kemali Ummiye cad. Çavdaroğlu Apt. D:23 Niğde/Merkez

Telefon: (+90) 534 553 52 78

E-posta: mrmkurt@gmail.com

## ÖZGEÇMİŞ



### **Kimlik Bilgileri**

Adı Soyadı: Mahmut Cem CİNER

Baba Adı: Memet

Anne Adı: Leyla

Doğum Yeri: Adıyaman

Doğum Yılı: 24.01.1993

Dumlupınar İlköğretim Okulu 1999-2007

Yahya Turan Anadolu Öğretmen Lisesi 2007-2011

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi 2012-...

### **Haberleşme Bilgileri**

Adres: Yenikent Erdemoğlu Mah. Villalar Sok. Ciner Apt. Kat:5 Daire No:5  
Niğde/Merkez

Telefon: (+90) 506 893 97 78

E-posta: mahmutcem@gmail.com

## ÖZGEÇMİŞ



### **Kimlik Bilgileri**

Adı Soyadı: Ümmü Benan Altınbaş

Baba Adı: Yavuz

Anne Adı: Fazilet

Doğum Yeri: İstanbul

Doğum Yılı: 07.11.1994

İlk ve orta öğrenimini İstanbul’da tamamladıktan sonra 2013 yılında Niğde Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümünde lisans öğrenimine başladı. 2017 yılında lisans öğrenimine devam etmektedir.

### **Haberleşme Bilgileri**

Adres: Hızırpaşa mah İstasyon cad no:60 Amasya/Merkez

Telefon: (+90) 545 925 19 94

E-posta: benan364@gmail.com