

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

**3D MOBİL LAZER TARAYICI**

Muhammed Ali ÇALIŞIR

130607006

**BİTİRME TEZİ**

**Yrd. Doç. Dr. Mehmet Kürşat Yalçın**

NİĞDE, 2017

**T.C.**  
**NİĞDE ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**  
**MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**  
**BİTİRME TEZİ KABUL VE ONAY BELGESİ**

Bölümümüz 130607006 numaralı öğrencisi Muhammed Ali ÇALIŞIR' ın, “3D Mobil Lazer Tarayıcı” başlıklı Bitirme Tezi çalışması aşağıdaki jüri üyeleri tarafından Mekatronik Mühendisliği Bölümü’nde Bitirme Tezi olarak Oy Birliği/Oy Çokluğu ile kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Mehmet Kürşat Yalçın  
İmzası

Danışman : Yrd. Doç. Dr. İlyas Kacar  
İmzası

Danışman : Öğr. Gör. Mehmet Ali Eroğlu  
İmzası

Tezin savunulduğu Tarih: .....

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

İmza  
Bölüm Başkanı  
Doç. Dr. Murat BARUT

## DOĞRULUK BEYANI

Bitirme tezi olarak sunduğum bu çalışmayı tüm akademik kurallara ve mer Halisdemir Üniversitesi Yayın Etiği Komisyonu Yönergesi' ne uygun olarak gerçekleştirdiğimi ve sunduğumu; bu kurallar ve ilkelere aykırı hiç bir yol ve yardıma başvurmaksızın bizzat hazırladığımı beyan ederim.

Tezimle ilgili yaptığım beyana aykırı bir durum saptanırsa ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm. ... /.../...

İmza

Muhammed Ali ÇALIŞIR

## TEŞEKKÜR

Lisans eğitimim boyunca desteğini hiç esirgemeyen, başta teknik ve sosyal konular olmak üzere bilgi, birikim, tecrübeleriyle her konuda yardımlarıyla öğrenim hayatıma katkıda bulunan ve ayrıca akademik danışmanım olarak bu projenin tamamlanması için her türlü imkanı sağlayan çok çok değerli kıymetli Yrd. Doç. Dr. Mehmet Kürşat YALÇIN hocama sonsuz teşekkür ederim.

Proje kapsamında SKY Robot Teknolojileri San. Tic. ve Ltd. Şti' nin sağlamış olduğu tüm maddi ve manevi destekler için sonsuz teşekkür ederim.

Sanayi danışmanım Sinek Yazılım San. ve Tic. Ltd. Şti. olarak desteğini hiç esirgemeyen Yüksek Mühendis Recai SİNEKLİ hocama ve ayrıca proje çalışması boyunca her konuda yardımcı olan Yüksek Mühendis Bauyrzhan ANARBAY'a gerekli yardımları için sonsuz teşekkür ederim.

Proje çalışmaları esnasında ve eğitimim boyunca katkılarından dolayı öncelikle Davut YÜKSEKKAYA ve Bahadır AKYILDIZ olmak üzere tüm bölüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tüm çalışmalarımnda daha çok bilgiye sahip olmamı sağlayan diğer bütün bölüm hocalarıma teşekkür ederim.

Ayrıca eğitim hayatım boyunca her konuda yanımda olan ve her türlü desteği sağlayan aileme sonsuz teşekkür ederim.

## ÖZET

Bu çalışma, iç ve dış ortamlar için üç boyutlu portatif lazer tarama sistemidir. Bulunduğu ortamın haritasını üç boyutlu şekilde çıkarmaya yönelik bir projedir. Bu işlemde tarayıcı, elde tutulup ortam içinde gezinme ile üç boyutlu nokta bulutlarını elde edip haritalama yapacaktır.

Haritalama, tek bir butona basılarak belirlenen süre boyunca tarayıcının fiziksel hareketi ile gerçekleştirilecektir.

Bu proje için Raspberry Pi 3 kullanılarak bir lazer tarayıcı sensör ve ataletsel ölçü birimi birleştirilip nokta bulutları elde edilmeye çalışılacaktır. Kullanım açısından mümkün mertebe basit bir arayüzle çalışan ve kısa bir süre içinde lazer sensör-ataletsel ölçü birimi ikilisinden alınan verileri en etkin biçimde birleştiren ve harita oluşturan bir sistem hedeflenmektedir. Bu yöntemle nesne modelleme de yapılabilmektedir. Modelleme ile nesnenin istenilen yönünü veya yüzeyini dakikalar içinde çıkartacak bir tarama özgürlüğü amaçlanmıştır. Böylelikle dünyamıza ait fiziksel görüntüler sayısal ortama aktarılmış olacaktır.

**Anahtar kelimeler:** Portatif Lazer Tarama Sistemi, Nokta Bulutları, Lazer Sensör-Ataletsel Ölçü Birimi, Nesne Modelleme, Raspberry Pi 3, İç ve Dış Ortam

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ÖNSÖZ .....	xi
BÖLÜM 1: GİRİŞ.....	1
1.1 Giriş.....	1
1.2 Çalışmanın Amacı .....	2
1.3 Çalışmanın Önemi .....	3
1.4 Proje İçin Planlanan İş Paketleri ve Gerçekleşme Düzeyleri .....	4
BÖLÜM 2: LİTERATÜR TARAMASI.....	6
2.1 Literatür Özeti .....	6
BÖLÜM 3: YAZILIM-YÖNTEM VE ANALİZ.....	11
3.1 Yazılımın Oluşturulması .....	11
3.2 Sistemi Oluşturan Elemanların Analizi .....	12
3.2.1 Lazer Tarayıcı Sensör (Hokuyo UTM-30-LX-EW) .....	12
3.2.2 Ataletsel Ölçüm Birimi-IMU (Lord MicroStrain 3DM-GX3-25) .....	13
3.2.2.1 Oryantasyon Matrisi (Orientatin Matrix: M) .....	14
3.2.2.2 İvmenin İntegrali .....	15
3.2.3 Single Board Computer (Raspberry Pi 3) .....	16
3.2.3.1 SSH (Secure Shell).....	16
3.2.3.2 Raspberry Pi 3 Özellikler .....	16
3.2.4 Pil ve RS 232 Shield .....	17
3.3 Yazılımla Kontrol Edilecek Bağlantılar .....	19
BÖLÜM 4: TASARIM, ÜRETİM VE MONTAJ .....	20

4.1 Mekanik Tasarım.....	20
4.1.1 Ana Gövde .....	20
4.1.2 Alt Kapak.....	23
4.1.3 Led Kapağı.....	24
4.2 Elektronik Tasarım .....	25
4.2.1 PCB Board Tasarım .....	25
4.2.2 PCB Şematik Tasarım.....	26
4.3 Solidworks Montaj .....	27
4.4 Mekanik Üretim .....	29
4.5 Elektronik Üretim.....	30
4.6 Montaj .....	31
4.7 3D Mobil Tarayıcının Kullanımına Yönelik Görseller .....	34
<b>BÖLÜM 5: BÜTÇE PLANI .....</b>	<b>35</b>
5.1 Bütçe ve Gerekçesi .....	35
<b>BÖLÜM 6: SONUÇ.....</b>	<b>36</b>
6.1 Sistemin Çalışması .....	36
6.1.1 Mevcut Sistemin Anlatılması.....	36
6.1.2 Dosyaya Kaydedilen Veriler.....	37
6.2 Verilerin Üç Boyutlu Olarak Görüntülenmesi .....	38
6.3 Öneriler ve İlerde Yapılması Planlanan Çalışmalar .....	45
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>46</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>48</b>



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1	Tasarlanan Sistem ve Bağlantı Şeması.....	1
Şekil 3.1	Sensörün Tarama Yönü, Eksen Takımı ve Ölçüm Aralığı.....	12
Şekil 3.2	IMU ve Eksen Takımı .....	13
Şekil 3.3	IMU oryantasyonu ve Sabit Dünya Eksen Takımı.....	14
Şekil 3.4	İntegral İle Pozisyon Bilgisi .....	15
Şekil 3.5	Raspberry Pi 3 .....	16
Şekil 3.6	LiPo Pil .....	17
Şekil 3.7	Elektrik Şeması.....	18
Şekil 4.1	Ana Gövde İzometrik Görünüş.....	20
Şekil 4.2	Ana Gövde Yandan ve Alttan görünüş.....	21
Şekil 4.3	Ana Gövde Önden Görünüşler .....	22
Şekil 4.4	Alt Kapak Yan ve İzometrik Görünüş.....	23
Şekil 4.5	Led Kapağı Ön ve İzometrik Görünüşler .....	24
Şekil 4.6	PCB Board Tasarım.....	25
Şekil 4.7	PCB Şematik Tasarım .....	26
Şekil 4.8	Solidworks Montaj İzometrik Görünüş .....	27
Şekil 4.9	Solidworks Montaj Tüm elemanların Gösterimi .....	28
Şekil 4.10	Üretilen Ana Gövde, Alt Kapak ve Led Kapağı.....	29
Şekil 4.11	Üretilen PCB Alt ve Üst Görünüş .....	30
Şekil 4.12	Kablolama ve Alt Kutuya Yerleşimi .....	31
Şekil 4.13	Tüm Malzemelerin Montajı Sonrası İzometrik Görünüşler .....	32
Şekil 4.14	Tüm Malzemelerin Montajı Sonrası Yandan Görünüşler .....	33
Şekil 4.15	3D Mobil Tarayıcının Kullanımına Yönelik Görseller .....	34
Şekil 6.1	Dosyaya Kaydedilen Veriler.....	37
Şekil 6.2	Mühendislik Fakültesi Arkası B Blok Giriş Tarafı .....	38
Şekil 6.3	Kampüs İçinde Yol kenarında Bekleyen Bir Araç .....	38
Şekil 6.4	Yemekhane Tarafında Ağaçlık Alanda Bulunan Köprü.....	39
Şekil 6.5	Yemekhane Karşısındaki Ağaç ve Bank .....	39
Şekil 6.6	Mühendislik Fakültesi Otoparkı .....	40
Şekil 6.7	Mühendislik Fakültesi Girişi Bina İçi Orta Kısım.....	40
Şekil 6.8	Mühendislik Fakültesi Arkasındaki Kamelya .....	41
Şekil 6.9	Fen-Edebiyat Otobüs Durağı Karşısındaki Ormanlık Alan.....	41

<b>Şekil 6.10</b> Mühendislik Fakültesi B Blok Küçük Sınıf.....	42
<b>Şekil 6.11</b> Mühendislik Fakültesi B Blok Büyük Sınıf.....	42
<b>Şekil 6.12</b> Mühendislik Fakültesi B Blok Yan Görünüş Büyük Sınıf.....	43
<b>Şekil 6.13</b> Mühendislik Fakültesi Mekatronik Laboratuvarı .....	43
<b>Şekil 6.14</b> Mühendislik Fakültesi Mekatronik Laboratuvarı Yandan Görünüş.....	44
<b>Şekil 6.15</b> Mühendislik Fakültesi Mekatronik Laboratuvarı İç Görünüş .....	44
<b>Şekil 6.16</b> Mühendislik Fakültesi Mekatronik Laboratuvarı Yakından İç Görünüş..	45

## TABLÖLAR LİSTESİ

<b>Tablo 1.1</b> İş Zaman Çizelgesi (Gantt Chart) .....	5
<b>Tablo 5.1</b> Bütçe Planı .....	35

## ÖNSÖZ

Bu proje Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği bölümünde Yrd. Doç. Dr. Mehmet Kürşat Yalçın danışmanlığında gerçekleştirilmiştir.

İlk olarak ilgili alan ve çalışmanın amacından bahsedilmiş olup konunun önemi özetlenmiştir. Daha sonra Ömer Halisdemir Üniversitesi tez yazım kuralları dikkate alınarak, giriş, literatür taraması, yazılım-yöntem, tasarım, üretim ve sonuç kısımları ele alınarak detaylıca açıklanmıştır.

Projenin her yönüyle geliştirilebilir olması hedeflenmiştir. Özellikle yazılım ağırlıklı bir çalışma ile anlamlı nokta bulutlarının oluşturulması ve görselleştirilmesi farklı metotlarla denendikten sonra en iyi sonuçlara ulaşılmıştır.

Bu bilimsel çalışmanın ileride ortam haritalama, nesne modelleme, nokta bulutları gibi vb. alanlarda referans veya destek olacağı kanaatindeyim.

## BÖLÜM 1: GİRİŞ

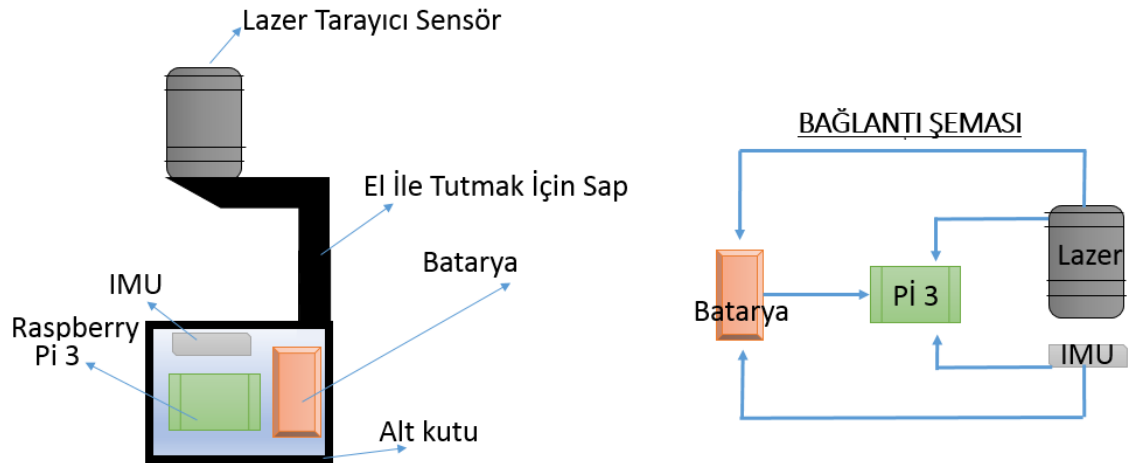
### 1.1 Giriş

Günümüz de kullanılan yenilikçi teknolojilerin artmasıyla bir çok problem ortadan kalkmaktadır. Bunun yanı sıra halen devam etmekte olan sorunlar mevcuttur. Bunlardan birisi de Dünya'mıza ait görüntülerin dijital ortama üç boyutlu olarak aktarılmasıdır.

Teorinin çerçevesi ortamı üç boyutlu haritalayıp, ortam veya nesne modellemeye zemin hazırlayacaktır. Proje kapsamında tasarlanacak olan sistemde tüm elemanlar kompakt, stabil şekilde taşınabilir bir yapı halini alacaktır.

Projedeki en temel unsur "yürü ve tara" ilkelerine bağlı kalınmasıdır. Diğer ortam haritalama cihazlarının aksine yürüyerek tarama yaparak hiçbir harici sisteme ihtiyacın olmaması nedeniyle en zorlu ortamlarda bile tarama işlemi gerçekleştirecektir. Sistemin o an ki batarya seviyesine göre istenildiği an kolaylıkla işleme başlanacak ve yetersiz batarya seviyesi olduğu zaman ise yine aynı pratiklikte sisteme enerji girişi sağlanıp gereken güç temin edilebilecektir.

Tasarlanacak olan sistemin en basit şeması Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1.1 Tasarlanan Sistem ve Bağlantı Şeması

Temel elemanlar şekilden de görüldüğü üzere;

- Lazer Tarayıcı Sensör
- Inertial Measurement Unit (IMU)
- Single Board Computer (SBC) - (Raspberyy Pi 3)
- Batarya - Güç Kaynağı (LiPo Pil)

şeklindedir.

## 1.2 Çalışmanın Amacı

Günümüzde mobil aygıtların önemi artmakta ve yazılım ağırlıklı sistemler kullanılıp üzerinde çeşitli güncellemeler yapılarak sistemlere entegre edilebilmektedir. Artık kullanıcılar, istedikleri amaca, pratik bir şekilde ulaşma hedefindedirler. Bu yüzden bu projede geliştirilecek olan “Yürü Tara” sistemi için şu özellikler amaçlanmaktadır;

- Küçük boyutlarda olmalıdır ve taşınabilir olmalıdır.
- Haritalamayı, en zorlu ortamlarda GPS kullanmadan kolayca yapabilmelidir.
- Mekanik ve elektronik ara yüzleri sayesinde diğer hareketli sistemlere kolayca takılabilmelidir. Örneğin, arabalara, insansız hava araçlarına vb. takılabilmelidir.
- Kullanımı kolay olmalı, örneğin, bir ortam taramak istendiğinde, sistem çantasından çıkarılıp ortam içerisinde gezinerek tarama yapılabilirdir.
- Tarama özgürlüğü sayesinde bir nesnenin istenilen yönü veya yüzeyi dakikalar içinde çıkartılabiliyor olmalıdır.
- Ortam tarandıktan sonra elde edilen 3 boyutlu görüntü üzerinden mesafe ölçümleri yapılabilirdir.

### 1.3 Çalışmanın Önemi

Proje, yürüyerek tarama işlevselliğine sahiptir. Karmaşık bir sistem değildir. Yapı olarak ağır ve büyük olmaması nedeniyle ilk açılışta herhangi bir ön kurulum yapılmayacaktır. Sisteme güç verildiği zaman bir butona basılıp tarama yapılabilecektir. Yazılım üzerinde yeni düzenlemeler yapıp, sürekli güncellenebilir olması bakımından dinamik bir yapıya sahip olacaktır. Elle haritalama sayesinde hızlı, doğru ve kısa bir zaman diliminde verilerin elde edilebilmesi ile ortaya çıkan 3D nokta bulutları kullanılarak 2D katmanlar ve 3D modeller oluşturulabilecektir. Bunların haricinde;

- Sistemde herhangi motor veya motor sürücü kartına ihtiyaç duyulmaması nedeniyle karmaşıklık minimum seviyelere inecek ve ekstra maliyetlerin önüne geçilecektir.
- Günümüzde kullanılan çoğu cihaz GPS sistemine bağımlıdır. Bu proje, GPS kullanmadan nokta bulutlarına ulaşmayı hedeflemektedir.
- Geleceğe yönelik yazılım esaslı teknolojilerin artışı, bizleri dünyamızın sayısal ortama aktarılması hususunda sürüklemektedir. Son zamanlardaki sanal gerçeklik uygulamalarında modelleme veya haritalama için bu çalışmanın geliştirilmesi önem arz edecektir. Elde edilen nokta bulutlarının sanal gerçeklik gözlüğüne yansıtılarak var olan bir ortamın 3D boyutlu olarak görülmesi geliştirilebilir olacaktır.
- Lazer sensörün çalışma prensibi gereği dışarıdan bir ışık kaynağına ihtiyaç duymadan ortam haritası çıkarılabilecektir. Kullanım yerleri ise madenler, mağaralar, ormanlar vs. olmaktadır.
- Ayrıca bu proje, ülkemizde daha önce yapılmamış olup benzerleri hazır olarak satın alınıp kullanılmaktadır. Milli projelere katkıda bulunmak amacıyla titizlikle geliştirilip tamamlanacaktır.

#### **1.4 Proje İçin Planlanan İş Paketleri ve Gerçekleşme Düzeyleri**

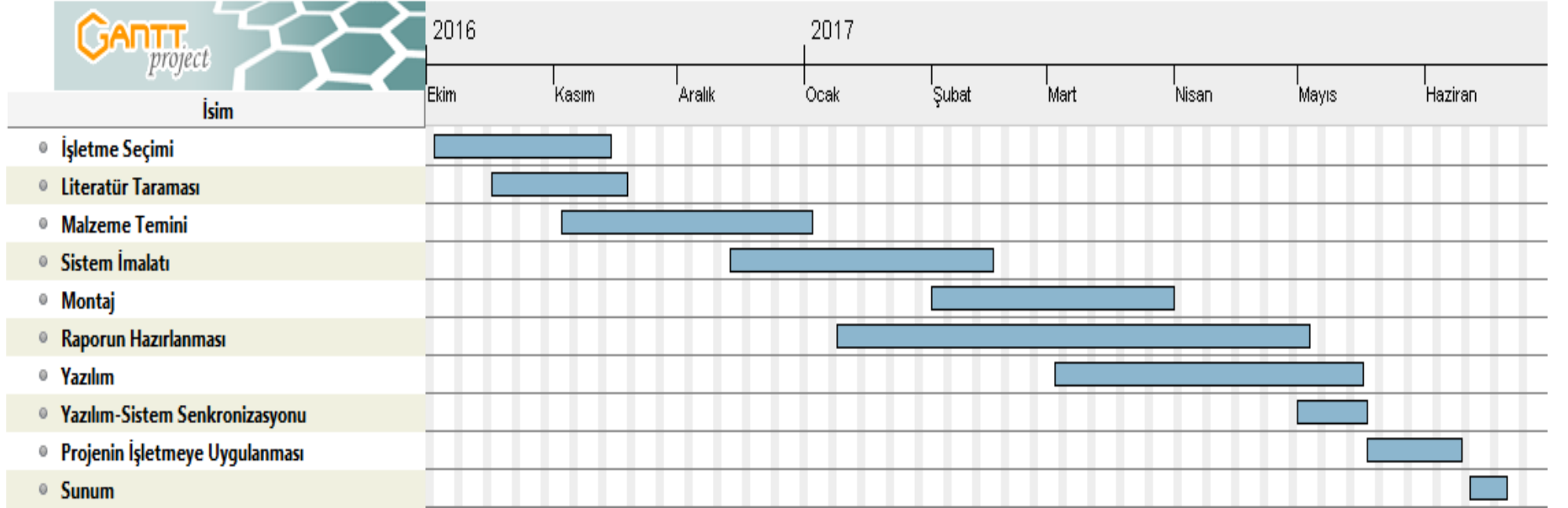
Proje için planlanan iş paketleri ve iş zaman izelgesi Tablo 1.1'de verilmiştir. Planlanan iş paketlerinde herhangi bir gecikme olmaksızın başarı ile zamanında gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1.1'de verilen iş zaman çizelgesinde de görüldüğü üzere projenin hayata geçmesi için ilk adımlar Ekim 2016 itibariyle başlamıştır.

Malzeme temini literatür taramasından 15 gün sonra başlamıştır ve literatür taraması 30 gün boyunca devam edip Kasım ayının ortasında son bulmuştur. Sistemin imalatı malzeme temini bitmeden başlamıştır ve yaklaşık iki ay sonra bitmiştir. Gerekli malzemeler elimize ulaşana kadar sistem imalatı için ön hazırlık yapılmış ve malzeme temini tamamlandıktan 45 gün sonra sistem imalatı bitmiştir. Bu esnada montaj da yapılmaya başlanıp iki ay süreyle tamamlanmıştır. Rapor hazırlıkları da Ocak ayında başlayıp Mayıs ayında son bulmuştur. Sistemin yazılımı ise Mart ayında başlayıp, Mayıs ayının ortasına doğru tamamlanmış olup sistem teorik erveden çıkmıştır. Böylelikle sistem faaliyete geçirilmiştir. Projenin yazılım-sistem senkronizasyonu da Mayıs ayında kısa bir sürede tamamlandıktan sonra projenin işletmeye uygulanması adımına geçilmiştir ve Haziran ayında sunumun yapılmasıyla proje başarıyla tamamlanmıştır.



**Tablo 1.1** İş Zaman Çizelgesi (Gantt Chart)



## BÖLÜM 2: LİTERATÜR TARAMASI

### 2.1 Literatür Özeti

Yapılan literatür taramasından; eş zamanlı lokalizasyon ve konumlandırma çalışmalarının farklı yöntemlerde geliştirildiği ve farklı uygulamalar için kullanıldığı gözlemlenmiştir. Buradan yola çıkarak, 2D bir sensör kullanılıp portatif olan, GPS' ten bağımsız, yapısı ve kullanımı karmaşık olmadan 3D veriler elde eden bir sistemin tasarımı ve uygulaması esaslı bu çalışma planlanmıştır.

Opromolla ve arkadaşları (2016) karmaşık-komplike, ayak basılmamış, engellerle dolu ve GPS'in kullanılmadığı ortamlarda uçan mikro İnsansız Hava Araçları' nın özerk lokalizasyonu ve haritalandırılması için özelleştirilmiş teknikler geliştirmişlerdir. Önerilen algoritmalar 2D ortamlara yöneliktir ve 3D veri, bir lazer tarayıcı (LIDAR) ile elde edilen nokta bulutlarının düşük maliyetli bir Ataletsel Ölçüm Birimi (IMU) tarafından elde edilen atalet verilerinin bir araya getirilmesine dayanmaktadır. Özellikle lokalizasyon da Yinelemeli En Yakın Nokta algoritmasının özelleştirilmiş bir sürümüne dayalı bir tarama eşleştirme yaklaşımından yararlanılırken, haritalama ise LIDAR ölçümlerinden doğru ve tutarlı çizgi özellikleri çıkarılarak yapılır. Çizgi algılama yönteminin bir özelliği geleneksel en küçük kareler tekniklerine göre hesaplama zamanının minimuma indirilen Temel Bileşen Analizi' nin kullanılmasına izin vermesidir. Önerilen tekniklerin performansı UTM-30LX-EW 2D LIDAR, Pixhawk IMU ve bir Azot panosu içeren deneysel bir kurulum vasıtasıyla kapalı ortamlarda elde edilen gerçek veriler üzerinde değerlendirilmiştir [1].

Bauwens ve arkadaşları (2016) çok çeşitli orman tipleri ve yapılarında çeşitli orman parametrelerinin tahmini için bir elde tutulan mobil lazer tarayıcı (HMLS) ile iki statik karasal lazer tarama (TLS) uygulaması yaklaşımını (tekli tarama: SS ve çoklu tarama: MS) belirleyip karşılaştırdılar. Orman envanterlerinde statik karasal lazer tarama (TLS) uygulaması daha etkili hale gelmektedir. Bununla birlikte, oklüzyon etkisi hala orman özelliklerini çıkarmak için işleme verimliliğini sınırlamaktadır. MS, ormanın en üst dallarının oluşturduğu kısmını tanımlamak için en iyi sonuca ulaşırken, SS' nin orman arazilerinin zemin yüzeyini çıkarma konusunda daha iyi olduğunu keşfettiler. 1,3 m yüksekliğindeki kesitin tamamı, HMLS ile ağaçların % 91' i tarandı (DBH > 10 cm). MS için % 42'lik tam taranmış ağaçlar, SS için tam olarak taranan ağaçlara

kıyasla, DBH tahminlerinde (-0.08 cm bias ve 1.11 cm RMSE), en iyi sonuçlara yol açmıştır. Kabuk pürüzlülüğü ve dairesel olmayan kesit gibi düzensizlikler tüm tarama yaklaşımları için karşılaşılan olumsuz sapmayı açıklayabildiği ve ormanlarda MLS kullanmanın, daha büyük ölçekte ve zaman açısından verimli bir şekilde 3D yapı oluşturmayı kolaylaştırdığını keşfettiler [2].

Dill ve Uijt de Haag (2016) insansız hava araçlarının kullanımının yaygınlaşmasıyla ilgili olarak, güvenilir bir üç boyutlu konumlandırma ve navigasyon kabiliyetine ihtiyaç duyulması, Küresel Konumlandırma Sisteminin (GPS) mevcut olmayabileceği zorlu ortamlarda çalışması ve bu ortamların birçoğunda, konumlandırma problemini çözmek için belirli bir yöntemin olmayışı nedeniyle, benzersiz bir sensör seti seçtiler. Açık ve yapılandırılmış kapalı bir ortamda güvenilir çalışmayı destekleyebilen entegre bir navigasyon yöntemi uyguladılar. Entegre navigasyon tasarımı, üç tür sensöre dayanır: GPS alıcısı, ataletsel ölçüm birimi ve üç boyutlu lazer tarayıcı. Bunlar sayesinde yapılandırılmış iç mekân operasyonları için desimetre seviyeli göreceli konumlandırma hassasiyetlerinin elde edilebileceğini ve GPS' in bulunduğu bölümlerde, platformun yörüngesinin, metre seviyesinde doğrulukla küresel olarak bağlandığını gösterilebilecektir. Önerilen yöntemin ikincil bir amacı, ise üç boyutlu bir çevre haritasının oluşturulmasıdır [3].

Lehtola ve arkadaşları (2015) kapalı ortamları, atalet ölçüm birimleri veya referans koordinatları olmaksızın taramak için tek bir 2D lazer tarayıcı kullanmışlardır. Lokalizasyonu, harici atalet veya odometri sensörlerinin lazer tarayıcıyla eşleştirildiği ve senkronize edildiği diğer mobil lazer tarama yöntemlerine kıyasla doğrudan nokta bulutundan elde etmişlerdir. Yaklaşım olarak tarayıcı, holonomik bir sistem olarak ele alınmıştır. Sunulan yaklaşımın işlevselliğini göstermek için VILMA adında yeni bir tarayıcı platformu tasarlayıp uygulamaya geçmişlerdir. Düz ve düz olmayan zeminden elde edilen sonuçlarla dahili lokalizasyonun daha geniş kullanılmasını önermektedirler [4].

Pozna ve arkadaşları (2015) lidar sistemi ve kullanımına yönelik bir simülasyon senaryosu sunmaktadırlar. Lidar, radyo sinyalleri yerine lazer ışını kullanan radarın benzeridir. Ölçümler, farklı atış açısı için elde edilen uzunluğunun bir toplamıdır.

Simulasyon, verilerin boyutlarını 3 boyutlu yaparak lokalizasyonda ve lokalizasyonu önleyen faktörleri göstermek içinde kullanılmaktadır [5].

Kang ve arkadaşları (2014) MEMS atalet sensörlerine dayanan düşük maliyetli ve küçük boyutlu bir duruşa ve yöne dayalı referans sistemi önermektedir. Tasarım ilkelerine göre uygun bir döner şemaya sahip çift eksenli bir dönme yapısı, büyük jiroskop sapmalarının neden olduğu duruş ve yön hatasını telafi etmek için sisteme uygulanır. Gövde çerçevesi ile dönme masasının çerçevesi arasındaki montaj açısı hatasını yok etmek için bir optimizasyon algoritması geliştirdiler. AHRS' nin performansını değerlendirmek için simülasyonlar ve deneyler yaptılar. Sonuçlar, uygun rotasyonun duruşu ve yön kaymalarını önemli ölçüde azaltabileceğini göstermektedir. Bu AHRS, manyetik parazitlerden etkilenmemektedir. Rotasyondan sonra, duruş ve yön neredeyse sadece bir aralıkta salınımlıdır. Duruş hatası yaklaşık 3 derece ve bakış hatası 3 dereceden daha az olup rotasyonsuz duruma göre en az 5 kat daha iyidir [6].

Estevez ve arkadaşları (2014) monoküler SLAM ve atalet sensörlerinden elde edilen oryantasyon ölçümlerinin birleştirilmesine dayanan ve ardışık tahmin edici olarak Genişletilmiş Kalman Filtresi' ni kullanarak duruş tahmini üzerine yeni bir teknik geliştirmişlerdir. Bağımsız olarak elde edilen bilgiler karşılaştırma amacıyla artırılmış gözlem vektörü ve minimum quadratik tahmin yaklaşımıyla birleştirilmiştir. Kalman filtresi, tek bir blok halinde yürütülerek füzyon durumunun tahmini için değiştirilmiş iz izi yaklaşımı kullanılmıştır [7].

Jin ve arkadaşları (2012) 3D lazer tarayıcı kullanarak yaya algılama yöntemi geliştirmişlerdir. Üç boyutlu (3D) lazer tarama sistemi, yalnızca görüntü üretme yeteneğine sahip değil aynı zamanda iyi bir ölçüm ve konumlandırma yeteneğine sahip olduğu için ana aracın önündeki yaya tespitinde kullanılmaktadır. 3D lazer tarayıcı ile taranan lazer veri noktaları haritalama algoritması kullanılarak gri aralıklı görüntüye dönüştürülmüştür. Elde edilen lazer gri aralık görüntüsünün özelliklerine göre, performansını arttırmak için bazı ön işlem algoritmaları kullanılmıştır. Buna ek olarak, şekil özelliklerine dayalı gri aralıklı görüntüye yayaların tanınması için bir doğrusal sınıflayıcı tasarlanmış ve yaya konumu için koordinat eşleme algoritması

kullanılmıştır. Deney sonuçları yaya tespitinde, 3D lazer tarayıcı tabanlı yaya algılama sistemi kullanmanın doğru, güvenilir ve sağlam olduğunu göstermektedir [8].

Koessler ve arkadaşları (2010) EEG sensörlerinin otomatik tanımlanması ve lokalizasyonu için 3D elle tutulan lazer tarayıcı tabanlı yaklaşım geliştirmişlerdir. Ayrıca bu çalışma kafa derisi EEG sensörü lokalizasyonu ve manyetik rezonans görüntüleri ile birlikte kayıt için elle tutulan 3D bir lazer tarayıcıyı ilk kez kullanan ve tanımlayan bir çalışmadır. Beş konu üzerinde yapılan inceleme sayesinde, tarayıcının eşdeğer doğruluğu referans olan elektromanyetik sayısallaştırıcıdan ,daha iyi tekrarlanabilir ve daha hızlıdır. Elektriksel kaynak görüntülerine göre, somatosensor uyandırılmış potansiyel deneyleriyle hassas sensör lokalizasyonu yapmak mümkün kılınmıştır. Otomatik etiketleme yöntemi ile de tarayıcı tarafından sağlanan veriler doğrudan kaynak lokalizasyon çalışmalarında kullanılabilir [9].

Rhee ve arkadaşları (2007) 3D yol bilgileri elde etmek için, 360 derece dönen bir lazer tarayıcı, ileriye dönük CCD kameralar, GPS (Global Positioning System) ve IMU (Atalet Ölçüm Birimi) içeren bir mobil haritalama sistemi geliştirdiler. Bu sistemde döner lazer tarayıcı, 3D yol bilgisi elde etmek için çok önemli bir rol oynamaktadır. Lazer verilerini tamamlamak için optik CCD kameralar kullanmışlardır. Lazer verilerini ve CCD görüntülerini otomatik olarak birleştirmek için, GPS ve IMU kullanılarak elde edilen aracın konumu, yönü ve lazer tarayıcılar ile CCD kameraların konum ve yönelimi belirlenmiştir. Bu işlemlerden sonra kamera kalibre edilmiştir. Kalibrasyondan sonra lazer noktası verilerini CCD görüntüleri içinde belirli piksel konumlarıyla eşleştirmişlerdir. Daha sonra füzyon, lazer verilerine bu lokasyonda renk bilgisi kaydedilerek gerçekleştirilmiştir. CCD görüntüleri ve lazer verileri bir araya getirilerek gerçek renk bilgisine sahip 3D yol modelleri başarıyla elde edilmiştir [10].

Travis ve arkadaşları (2005) IMU ölçümlerini güncellemek için kapalı bir koridor ortamında LiDAR kullanımını geliştirmişlerdir. Özerk kontrol çoğu ortamda güvenilir ve doğru navigasyon çözümleri gerektirdiğinden GPS sistemi bazen kullanılamamaktadır. Lazer tarayıcıların navigasyon alanında daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Lazer tarayıcı araç hızı, yönlendirme, yanal hata ve sensör sapmalarının hesaplamalarını yapmak için bir Kalman filtresinde IMU ile

birleştirilmiştir. Bu kombinasyonla, gürültü ve sapma nedeniyle sensör hataları ortadan kaldırılmıştır ve doğru veriler elde edilmiştir [11].

Lionis ve Kyriakopoulos (2002) simultane lokalizasyon ve harita oluşturma yöntemlerine dayalı olan, klasik Genişletilmiş Kalman Filtreleri (EKF) tabanlı Simultane Lokalizasyon ve Harita Oluşturma (SLAM) algoritmalarının ayırma sorununu özel olarak ele alan bir lazer tarayıcı geliştirmiştir. Bu yöntemde iki EKF kullanılır. Birincisi MR ve etkiyen kuvvetlerin yönelimlerini tahmin ederken, ikincisi konumlarını tahmin etmektedir [12].

## BÖLÜM 3: YAZILIM-YÖNTEM VE ANALİZ

### 3.1 Yazılımın Oluşturulması

Bu çalışma yazılım esaslı bir projedir. Öncelikli olarak düşünülen fikir; **lazer tarayıcının mesafe ölçüm değerlerini saptayarak, IMU sayesinde de lazer tarayıcıya ait konum değerlerini belirlemek ve bu iki değeri eş zamanlı olacak şekilde birleştirmektir.** Bu sayede ortama ait nokta bulutları belirlenecektir. Lazer tarayıcı, uzaklık ölçümünü yapmak üzere ortama lazer ışını gönderir. Işının gönderiliş zamanı ile nesneye çarpıp geri yansıma zamanı arasındaki fark kullanılarak uzaklık ölçümü yapılır. Tarayıcı bu ölçümü, içerisinde bulunan motorize bir ayna vasıtasıyla farklı açılar için yapabilmektedir. Böylece tarayıcıdan alınan veri, bütün ölçümleri içeren bir dizi şeklinde olmaktadır. Bununla birlikte lazer tarayıcı, ölçümlerini her zaman kendi referans eksen takımına göre vermektedir. Ortam içerisinde rastgele gezdirilen bir lazer tarayıcı ile ortam haritası bulunmak isteniyorsa, her bir lazer ölçümü için tarayıcının sabit bir eksen takımına göre pozisyon ve oryantasyonunun bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla lazer sensöre sabitlenmiş bir IMU kullanılacaktır. IMU oryantasyon bilgisini doğrudan sağlamaktadır. Pozisyon bilgisi için, IMU'dan alınan ivme bilgisinin iki defa integrali alınacaktır. IMU pozisyonu, dolayısıyla lazer tarayıcı pozisyonu bulunmuş olacaktır.

Elde edilecek nokta bulutundaki her bir nokta üç boyutlu (X-Y-Z) veriler halinde konumlandırılıp buldukları ortamın haritasını oluşturacaktır. Daha sonra üç boyutlu nokta bulutlarına ait veriler bir dosyaya kaydedilip, görüntülemek için, yardımcı bir program kullanılacaktır.

En önemli faktörlerden birisi de kullanacağımız lazer tarayıcının ve IMU'nun ölçüm değerlerinin hassaslığıdır. Ekipmanlarımızın bu özelliğini kullanarak en etkin, doğru ve güçlü şekilde ortam haritalanması amaçlanmıştır.

Burada, mevcut sensörlerden verilerin alınması ve üzerinde gerekli işlemlerin yapılması için bir yazılım geliştirilecektir. Kompakt bir sistem yapılacağı için bu yazılımın üzerinde çalışacağı bir SBC'ye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu proje için Debian tabanlı bir işletim sistemi içeren Raspberry Pi 3 kullanılması planlanmıştır. Bu yazılım C/C++ dillerinde ve Qt Creator platformunda yazılacaktır.

## 3.2 Sistemi Oluşturan Elemanların Analizi

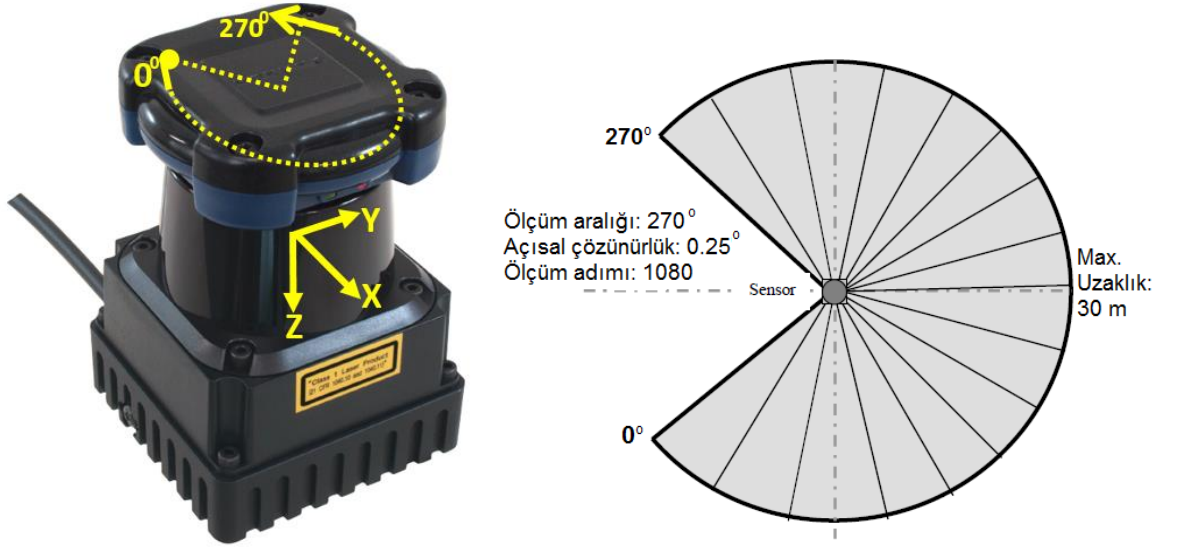
### 3.2.1 Lazer Tarayıcı Sensör (Hokuyo UTM-30-LX-EW)

Lazer tarayıcı sensör mesafe ölçümlerini içinde bulunduğu motorize ayna vasıtasıyla farklı açılar için gerçekleştirmektedir. Sensörün ölçebileceği maksimum uzaklık 30 metredir. 270 derecelik bir ölçüm aralığı vardır ve 0.25 derecelik adımlarla ilerleyerek 0. açı değeri de dahil olmak üzere 1081 nokta vermektedir.

Sensöre üstten bakıldığında tarama yönü saat yönünün tersidir. Eksen takımı ise yine üstten bakıldığında sensörün önü pozitif X, solu pozitif Y ve yerçekimi doğrultusu pozitif Z şeklindedir.

Besleme Gerilimi: 12V DC  $\pm$  10 %

Besleme Akımı: Max: 1A, Normal: 0.7A



Şekil 3.1 Sensörün Tarama Yönü, Eksen Takımı ve Ölçüm Aralığı



### 3.2.2 Ataletsel Ölçüm Birimi-IMU (Lord MicroStrain 3DM-GX3-25)

3DM-GX3-25, Mikro Elektro-Mekanik Sistem (MEMS) sensör teknolojisini kullanan yüksek performanslı duruş ve bakış bilgisi (AHRS: Attitude Heading Reference System) veren minyatür referans sistemidir.

Üç eksenli ivme ölçer, üç eksenli cayro, üç eksenli manyetometre ve sıcaklık sensörlerinden aldığı verileri birleştirir. Yerleşik bir işlemci çalıştırarak sofistike bir sensör füzyon algoritması ile statik-dinamik yönlendirme ve atalet ölçümleri sağlar. Sensörlerden aldığı verileri birleştirerek AHRS bilgisine en iyi şekilde ulaşmamızı sağlamaktadır.

İvme, açısal hız, manyetik alan, deltaTheta, deltaVelocity vektörleri gibi tamamen kalibre edilmiş atalet ölçümlerini 3DM-GX-25 vermektedir. Bu hesaplamalar ile pozisyon ve oryantasyon bilgisini elde etmemizi sağlayan “Euler Açıları” (Roll-Pitch-Yaw), “Oryantasyon Matrisi”, “Rotasyon Matrisi” gibi matematiksel ifadeleri buluruz.

Lazer tarayıcı sensör ölçümlerinin sabit bir eksen takımına göre pozisyon ve oryantasyonu bulunmalıdır. Sabitleyeceğimiz IMU'nun eksen takımını Earth (Sabit) eksen takımına aktarmamız gereklidir. Bunun için IMU'dan alınan oryantasyon matrisi ölçümlere dahil edilir.

Besleme gerilimi: 9V

Besleme akımı: 0.8A



Şekil 3.2 IMU ve Eksen Takımı

### 3.2.2.1 Oryantasyon Matrisi (Orientation Matrix: M)

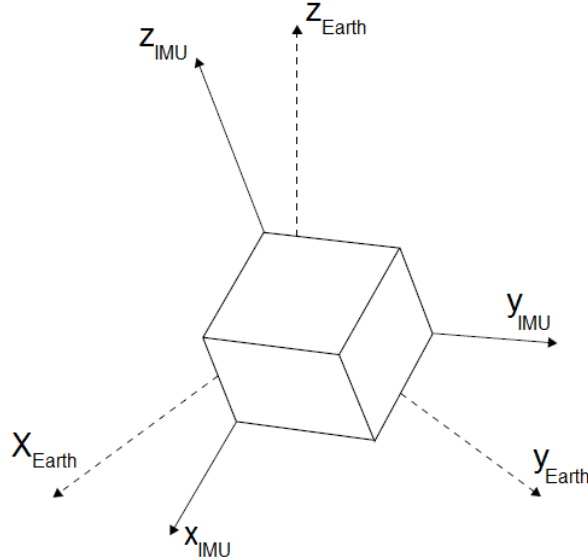
IMU'nun sabit dünya koordinat sistemine göre yönelimini sağlayan 9 bileşenli  $3 \times 3$ 'lük koordinat dönüştürme matrisidir.

$$M = \begin{bmatrix} M_{1,1} & M_{1,2} & M_{1,3} \\ M_{2,1} & M_{2,2} & M_{2,3} \\ M_{3,1} & M_{3,2} & M_{3,3} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

$$Earth_{x,y,z} = M_{i,j} \times IMU_{x,y,z} \quad (3.2)$$

$IMU_{x,y,z}$  ifadesi  $X_{IMU}, Y_{IMU}, Z_{IMU}$  bileşenlerinden oluşan lazer tarayıcı eksen takımının IMU eksen takımına atılmış halidir. 3.1 ifadesi denklem 3.2'de kullanıldığında sabit dünya koordinat sistemine dönüşüm gerçekleşmiş olur.

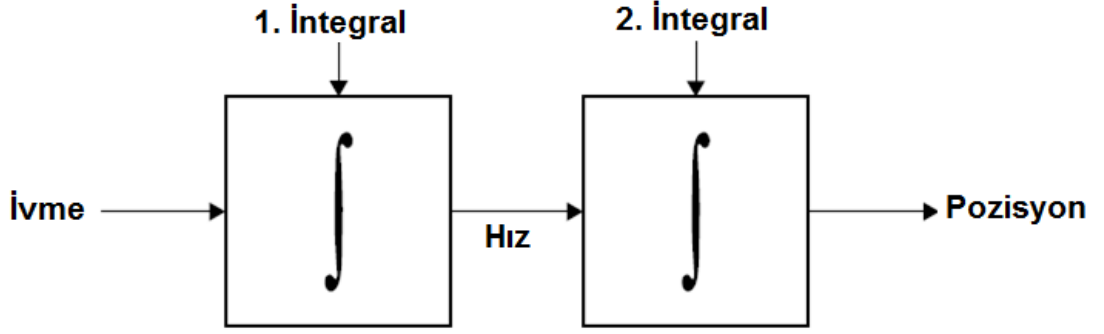
Bu sayede  $X_{IMU}, Y_{IMU}, Z_{IMU}$  değerleri sabit dünya eksen takımına ait olan  $X_{Earth}, Y_{Earth}, Z_{Earth}$  eksenlerine aktarılmış olur.



Şekil 3.3 IMU oryantasyonu ve Sabit Dünya Eksen Takımı

### 3.2.2.2 İvmenin İntegrali

IMU'dan aldığımız bir diğer veri ise ivmedir. Konum bilgisine ulaşabilmek için önce ivmenin integrali alınıp hıza, daha sonra hızın da integrali alınarak konuma ulaşılır.



Şekil 3.4 İntegral İle Pozisyon Bilgisi

İki kez alınan integral sonucu hata katsayısı arttığı için elde edilen pozisyon bilgisi bir noktadan sonra değişiklik gösterecektir. Bu değişiklik tam olarak yok edilemeyeceği için anlamı veriler oluşamayacaktır. Bu yüzden pozisyon bilgisi gerek görülmediği sürece kullanılmayacaktır.

### 3.2.3 Single Board Computer (Raspberry Pi 3)

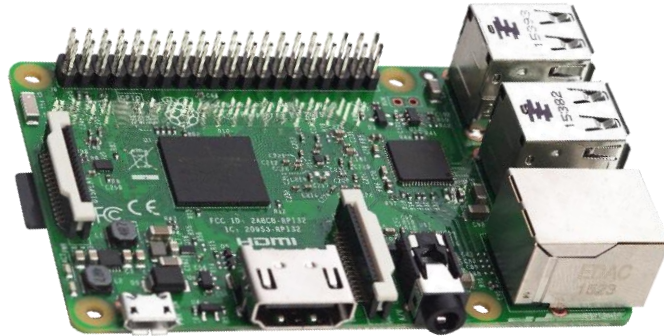
Lazer sensör ile IMU'dan gelen verilerin alınıp, üzerinde gerekli işlemlerin yapılması gerekmektedir. Bunun için sensörler arasındaki bağlantıyı kurmak ve sistemi oluşturmak için Raspberry Pi 3 kartı kullanılacaktır. Yazılım C/C++ dillerinde ve Qt Creator platformunda yazılmıştır. Hokuyo bağlantısı için Raspberry Pi'nin ethernet girişi, IMU için GPIO pinleri kullanılmıştır. Tüm işlemler sonunda nokta bulutları dosyaya kaydedilip Raspberry Pi 3 üzerinden kablosuz bir şekilde alınacaktır. Öncelikle Raspberry Pi 3 kablosuz erişim noktası (Wifi-Hotspot) haline getirilecektir. Daha sonra bilgisayar üzerinden bu ağa bağlanılıp SSH üzerinden veriler alınacaktır.

#### 3.2.3.1 SSH (Secure Shell)

Güvenli Kabuk anlamına gelen bir protokoldür. SSH protokolü bir bilgisayarın aynı ağda bulunan bir sunucuya uzaktan bağlanmasını sağlar. Veriler şifrelenmiş olarak iletilir. Komut satırı işlemleri için "Secure Shell Client", dosya transferi işlemleri için "Secure File Transfer Client" olmak üzere iki uygulama içerir. Bu sayede uzaktaki bir makinede komut çalıştırarak dosya transferi yapabiliriz.

#### 3.2.3.2 Raspberry Pi 3 Özellikler

- Besleme Gerilimi: 5V, Besleme Akımı: 1A
- 64 bit quad-core ARMV8 işlemci
- 1.2 GHz, 1 GB RAM, Dahili Wifi – BCM43143
- Bluetooth 4.1 (Bluetooth Low Energy – BLE), Full HDMI
- 40 adet GPIO, 4 adet USB 2.0, 4 uçlu Stereo çıkışı ve Composite video çıkışı
- Kamera bağlantısı için CSI kamera, 7" dokunmatik ekran için DSI ekran portu
- Micro SD soketi, Güncellenmiş güç katı, Güç ve aksiyon ledi



Şekil 3.5 Raspberry Pi 3

### 3.2.4 Pil ve RS 232 Shield

Sistemin mobil olarak taşınabilmesi için LiPo pil kullanılacaktır. LiPo pilden tüm sisteme enerji verilecektir. Temel elemanlar göz önüne alındığında 12 V'luk bir gerilim kaynağına ihtiyacımız vardır. 12 V'luk bir LiPo pil kullanılıp sensörlere ve Raspberry Pi'ye güç dağıtılacaktır.

Tüm sistem için ihtiyacımız olan gerilim değerlerini düşünersek;

- Lazer Tarayıcı Sensör: 12 V
- IMU: 9 V
- Raspberry Pi: 5 V

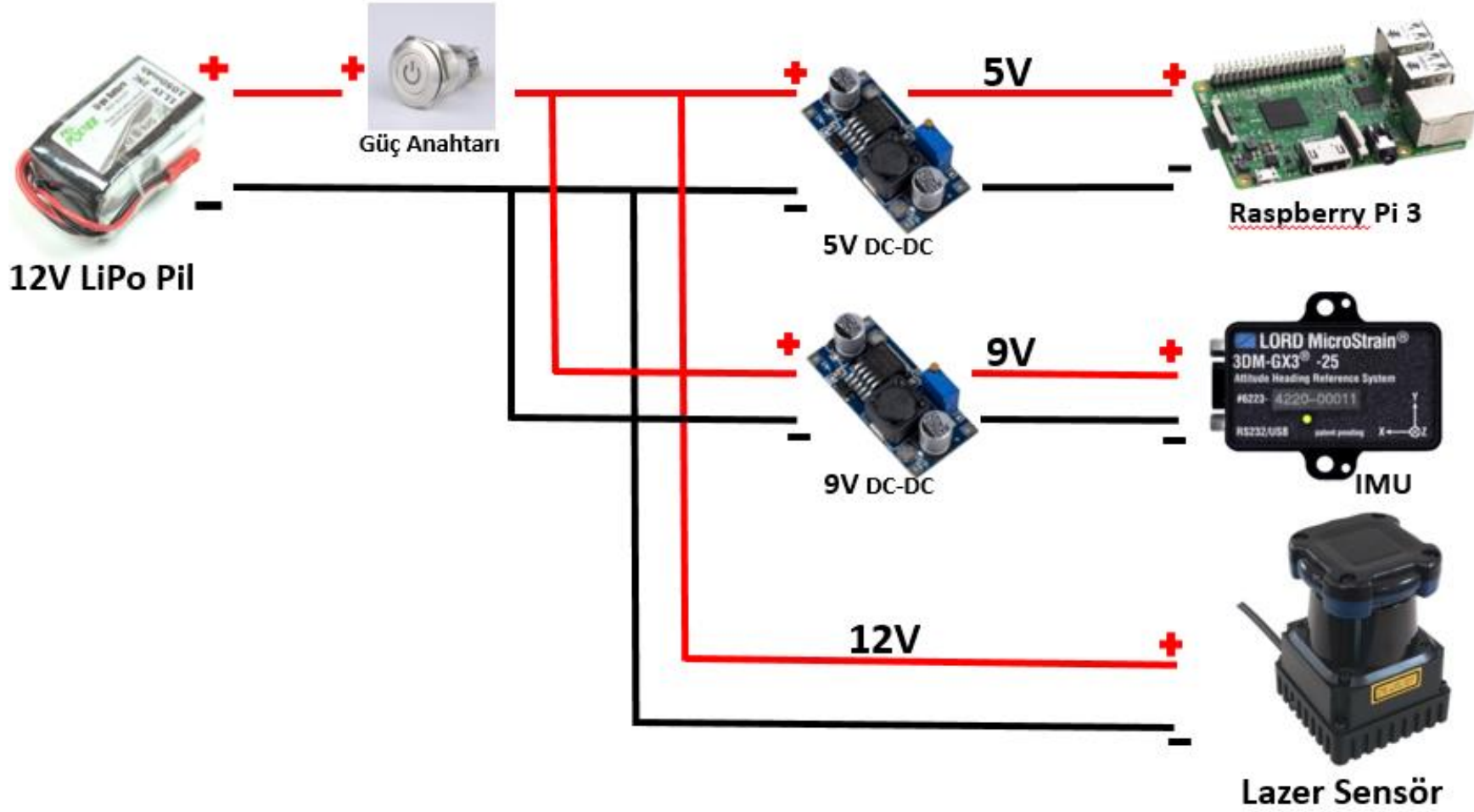
gerilimlerini elde etmeliyiz. Bunun için DC - DC dönüştürücülere ihtiyacımız olacaktır.

Kullanacağımız LiPo pil 3 hücreli 11.1 V 1350 mAh 25C değerinde olacaktır. Fiziki olarak pil boyutunun küçük olması mobil sistemimiz için önemli bir etkidir. Gerilim olarak her bir hücre 3.7 V değerindedir fakat her bir hücre maksimum 4.2 V'a kadar çıkabilmektedir. Bu da 12.6 V'luk bir gerilim kaynağıdır.

LiPo piller yüksek akım kapasitesine sahiptir. Akım olarak LiPo pilimiz 33750 mA (25\*1350) yani 33.75 Amper verebilmektedir. Kullanacağımız elemanlara bakacak olursak maksimum 1 A değerine ihtiyacımız vardır. Bundan dolayı kullanacağımız pil, mobil sistemimizin enerjisini karşılamak için yeterli olacaktır. LiPo pil ve sisteme ait elektrik şeması Şekil 3.6 ve Şekil 3.7 de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.6 LiPo Pil



Şekil 3.7 Elektrik Şeması

### **3.3 Yazılımla Kontrol Edilecek Bağlantılar**

Hokuyo ve IMU'nun kombineli bir şekilde çalışmasının yanı sıra 3D mobil lazer tarayıcının ergonomik, pratik ve basit bir şekilde tarama yapmasına yönelik olarak iki buton ve iki led ilave edilecektir. Butonlardan biri tarama işlemi için kullanılacak diğeri ise açma kapama butonu olacaktır. Fiziksel olarak taramanın başlayıp bitmesini led aksiyonları ile göreceğiz. Bu ledlerden biri taramanın hazır olduğuna dair diğeri ise taramanın yapıldığına dair bir bilgi verecektir. Bu yapılan işlemlere ek olarak bir de ses aksiyonu eklenecektir. Eklenecek olan buzzer sayesinde yapılan işlemler farklı "bip" sesleriyle takip edilecektir.

IMU'nun Raspberry Pi'ye bağlanması RS 232 üzerinden gerçekleşecektir. Bu bağlantı hali hazırda Raspberry Pi üzerinde olmadığı için GPIO pinleri kullanılacaktır.

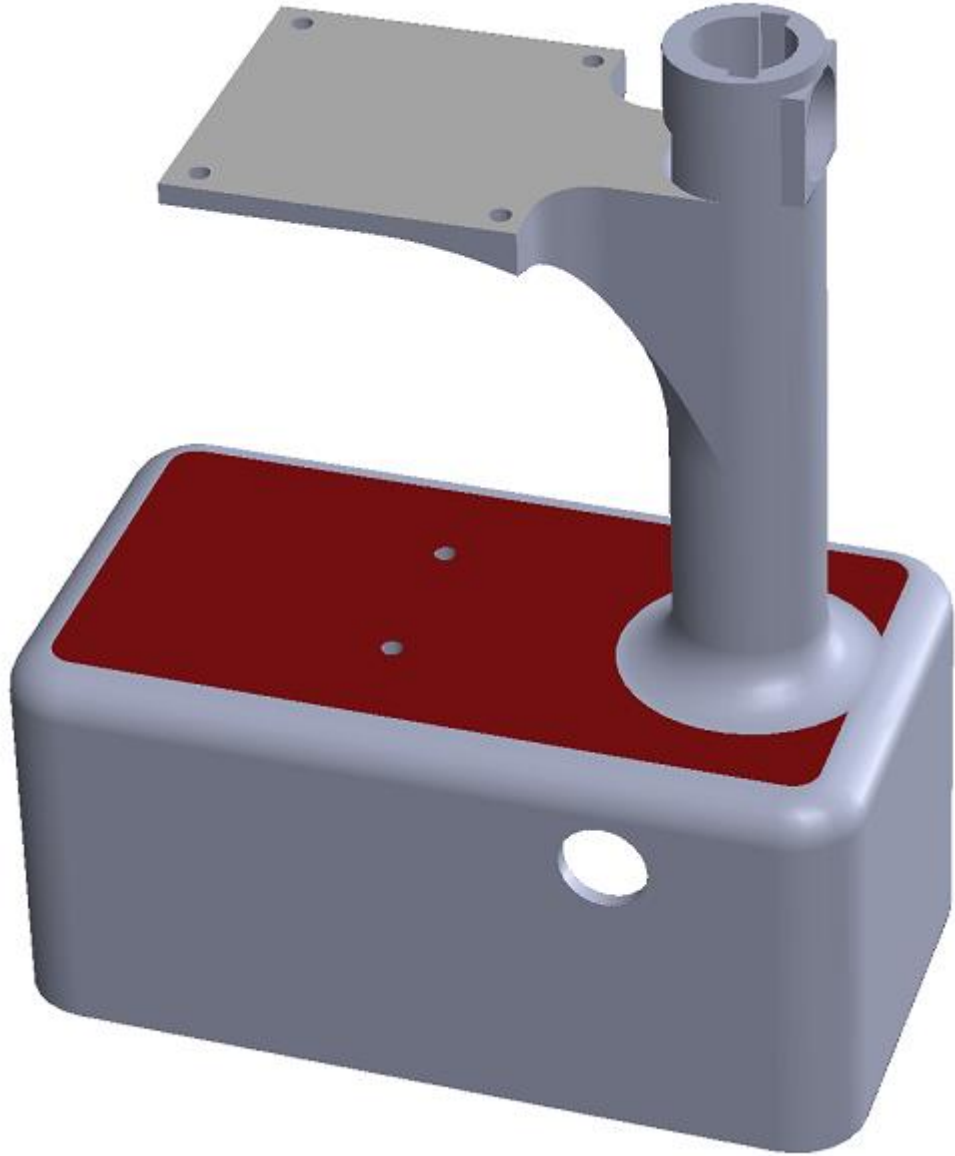
Bu işlemlerin yazılımsal olarak entegre edilebilmesi için Raspberry Pi'nin GPIO pinleri kullanılarak, pinlerin üzerine takılan bir RS 232 Shield devresi tasarlanacaktır. Sistemin basitliği ve kablo karmaşası olmaması açısından aynı şekilde pinler üzerinden güç verilip Raspberry Pi çalıştırılacaktır.

## BÖLÜM 4: TASARIM, ÜRETİM VE MONTAJ

### 4.1 Mekanik Tasarım

3D mobil tarayıcının mekanik kısımları Solidworks programı kullanılarak çizilmiştir. 3 parça halinde tasarlanmıştır. Bunlar ana gövde, alt kapak ve led kapağıdır.

#### 4.1.1 Ana Gövde



Şekil 4.1 Ana Gövde İzometrik Görünüş



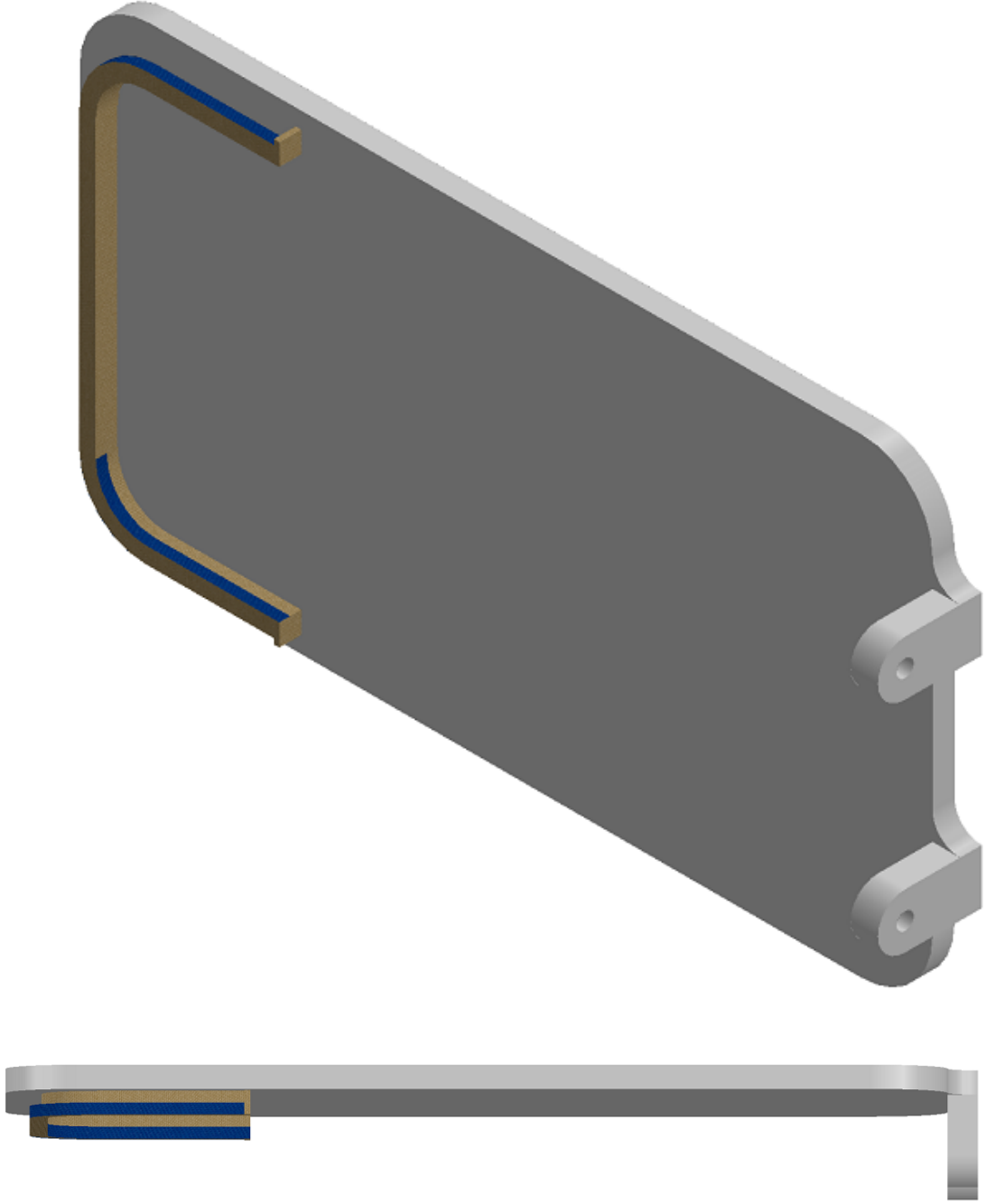


**Şekil 4.2** Ana Gövde Yandan ve Alttan görünüş



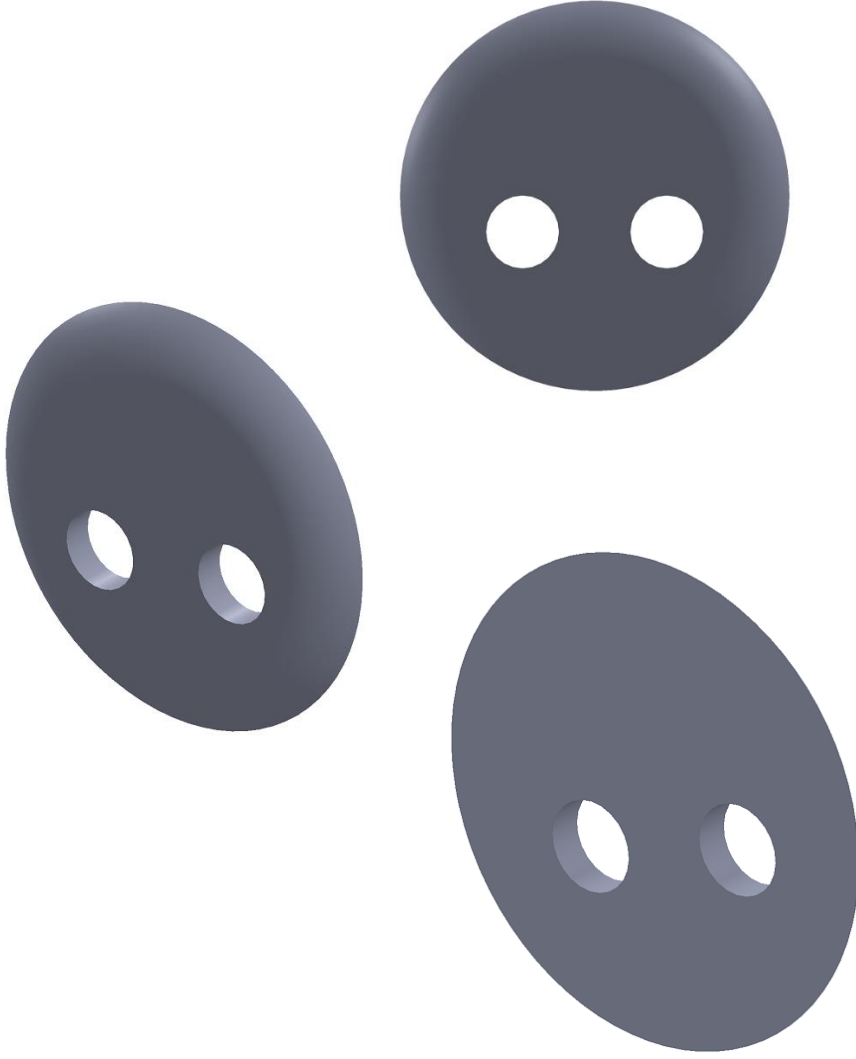
**Şekil 4.3** Ana Gövde Önden Görünüşler

#### 4.1.2 Alt Kapak



Şekil 4.4 Alt Kapak Yan ve İzometrik Görünüş

### 4.1.3 Led Kapağı



Şekil 4.5 Led Kapağı Ön ve İzometrik Görünüşler

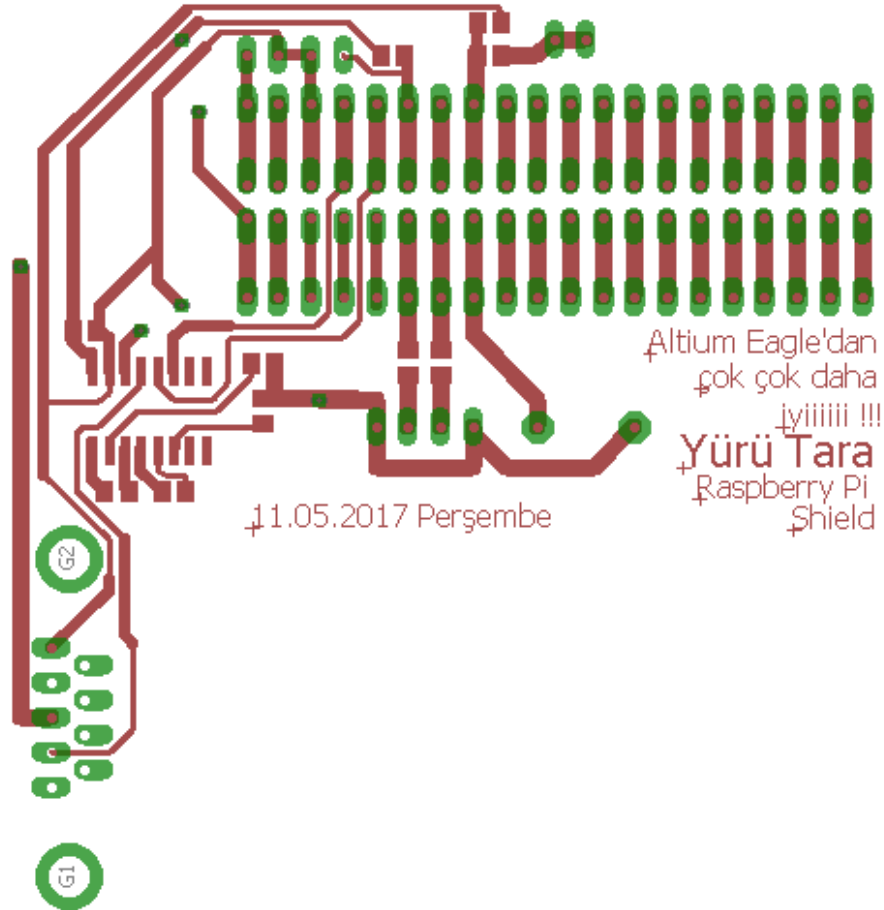
## 4.2 Elektronik Tasarım

Raspberry Pi 3 için RS 232 Shield devresi Eagle Programı kullanılarak çizilmiştir. Devrede IMU için RS 232 bağlantısı, buton-led-buzzer aksiyonları, Raspberry için güç girişi ve 40 pinin her biri için ekstra bir giriş dizayn edilmiştir.

PCB devresinde kullanılan elemanlar şu şekildedir

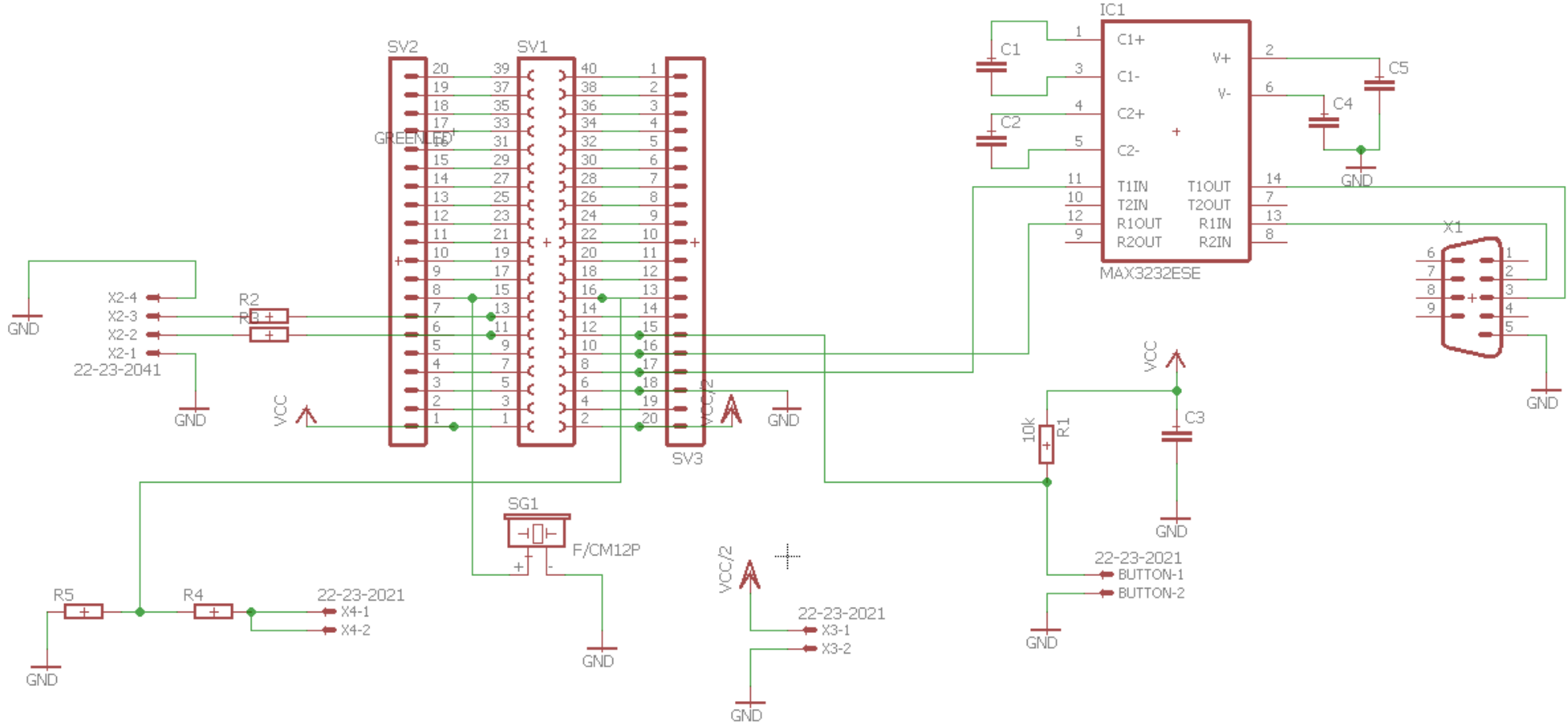
- 5 tane 90 nF Smd Kapasitör
- 1 tane MAX3232 ESE Chip
- 2 tane Smd 330 ohm, birer adet Smd 10k, 1k, 8.1k Direnç
- 1 tane Buzzer
- 1 tane Buton
- 2 tane Led
- 1 tane 9 pin Erkek D-Sub Konnektör
- 1 tane 2×40, 2 tane 40 Pin Dişi Header

### 4.2.1 PCB Board Tasarım



Şekil 4.6 PCB Board Tasarım

## 4.2.2 PCB Şematik Tasarım



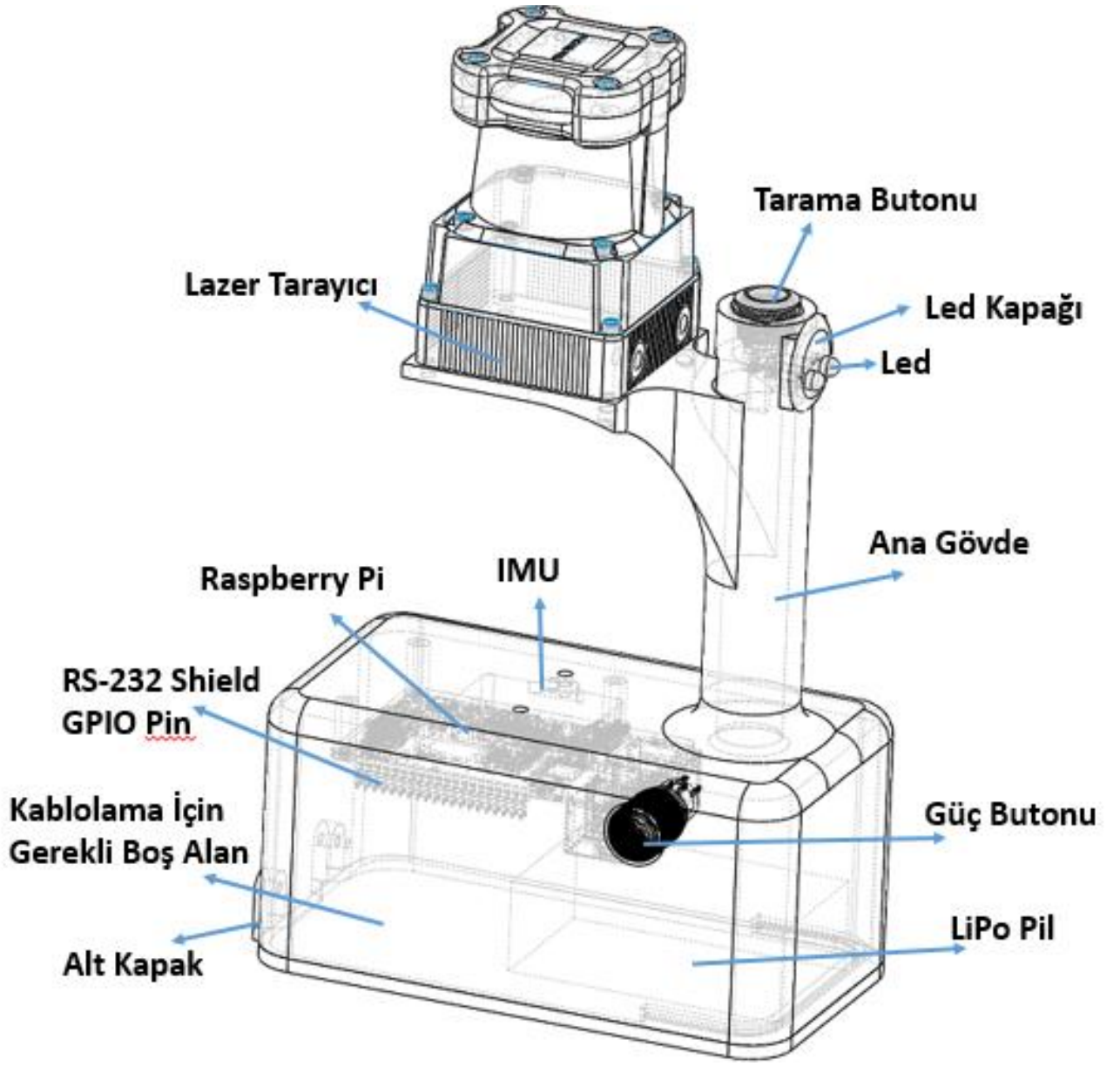
Şekil 4.7 PCB Şematik Tasarım

### 4.3 Solidworks Montaj

Mekanik üretime başlamadan elektronik komponentler Solidworks çizimi üzerinde montajlanıp daha sonra üretime başlanılmıştır.



Şekil 4.8 Solidworks Montaj İzometrik Görünüş



Şekil 4.9 Solidworks Montaj Tüm elemanların Gösterimi



#### 4.4 Mekanik Üretim

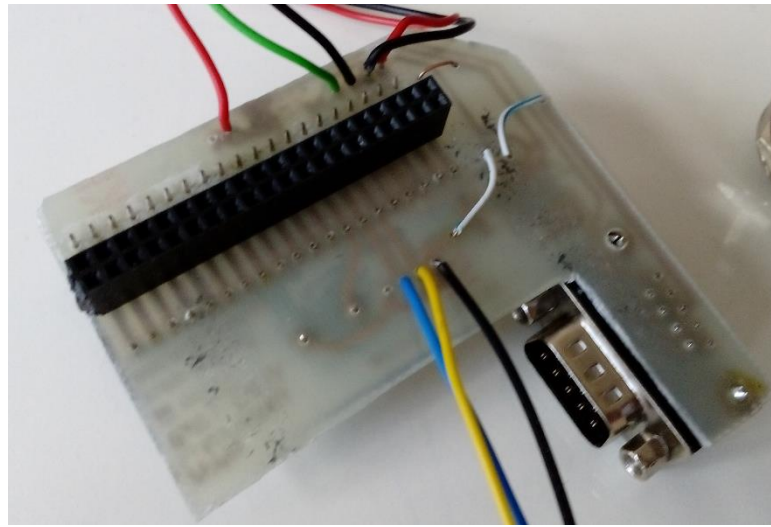
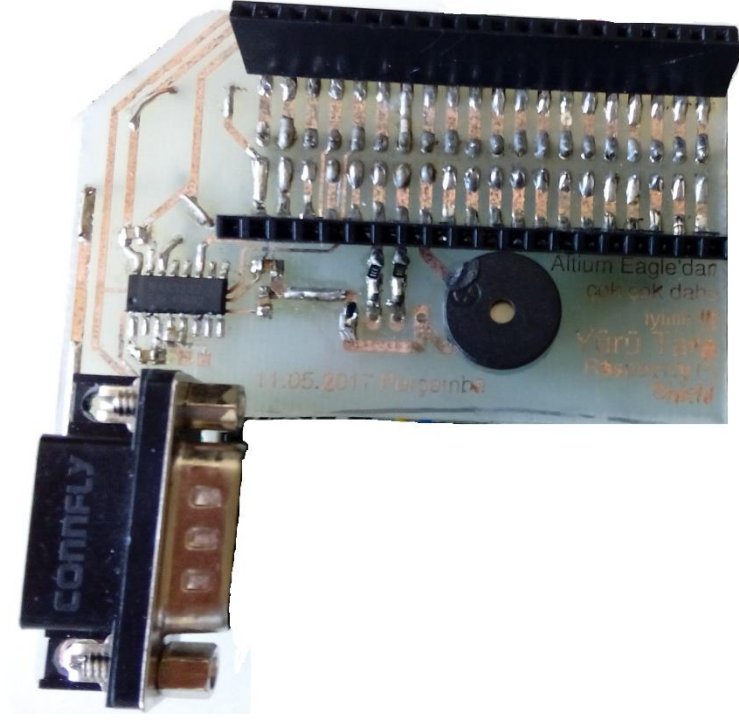
Mekanik tasarım aşamasındaki tüm çizimler 3D Printer kullanılarak üretilmiştir. Parçalar başarı ile üretildikten sonra siyah mat renge boyanmıştır.



Şekil 4.10 Üretilen Ana Gövde, Alt Kapak ve Led Kapağı

#### 4.5 Elektronik Üretim

Elektronik tasarım aşamasındaki çizim baskı devre yapılarak üretilmiştir. Plaka mobil tarayıcının alt kutusuna sığacak şekilde L şeklinde kesilmiştir. Kısa devre testleri yapıldıktan sonra bağlantılar tekrar kontrol edilerek komponentler lehimlenmiştir.



Şekil 4.11 Üretilen PCB Alt ve Üst Görünüş

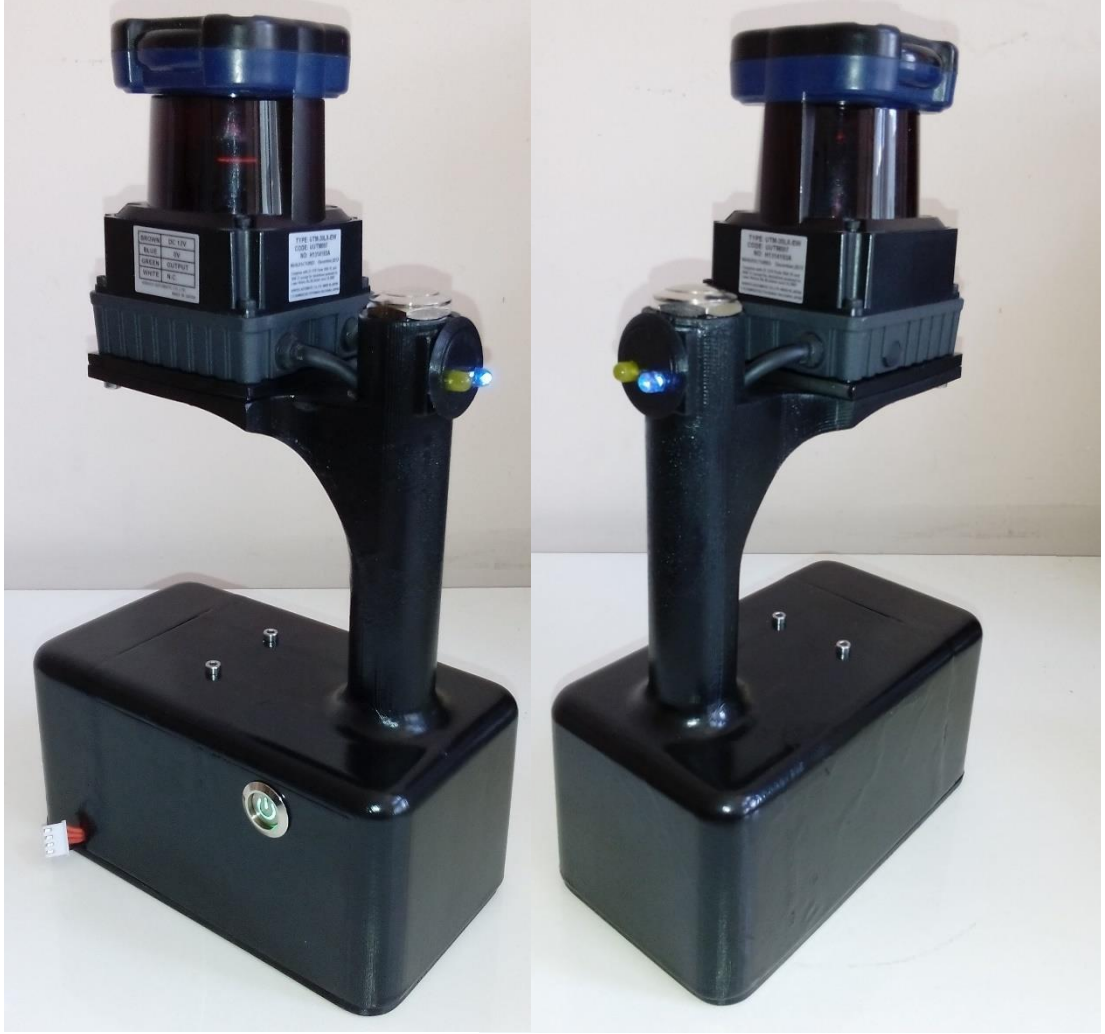
#### 4.6 Montaj

Montaja başlamadan önce lehim ve silikon kullanılarak elektriksel kablolama işlemi yapıldı. Sistemin çalışır olduğu gözlemlendi. Sensörlerden veriler alındı. Buton, led, buzzer aksiyonları başarı ile çalıştı.



Şekil 4.12 Kablolama ve Alt Kutuya Yerleşimi

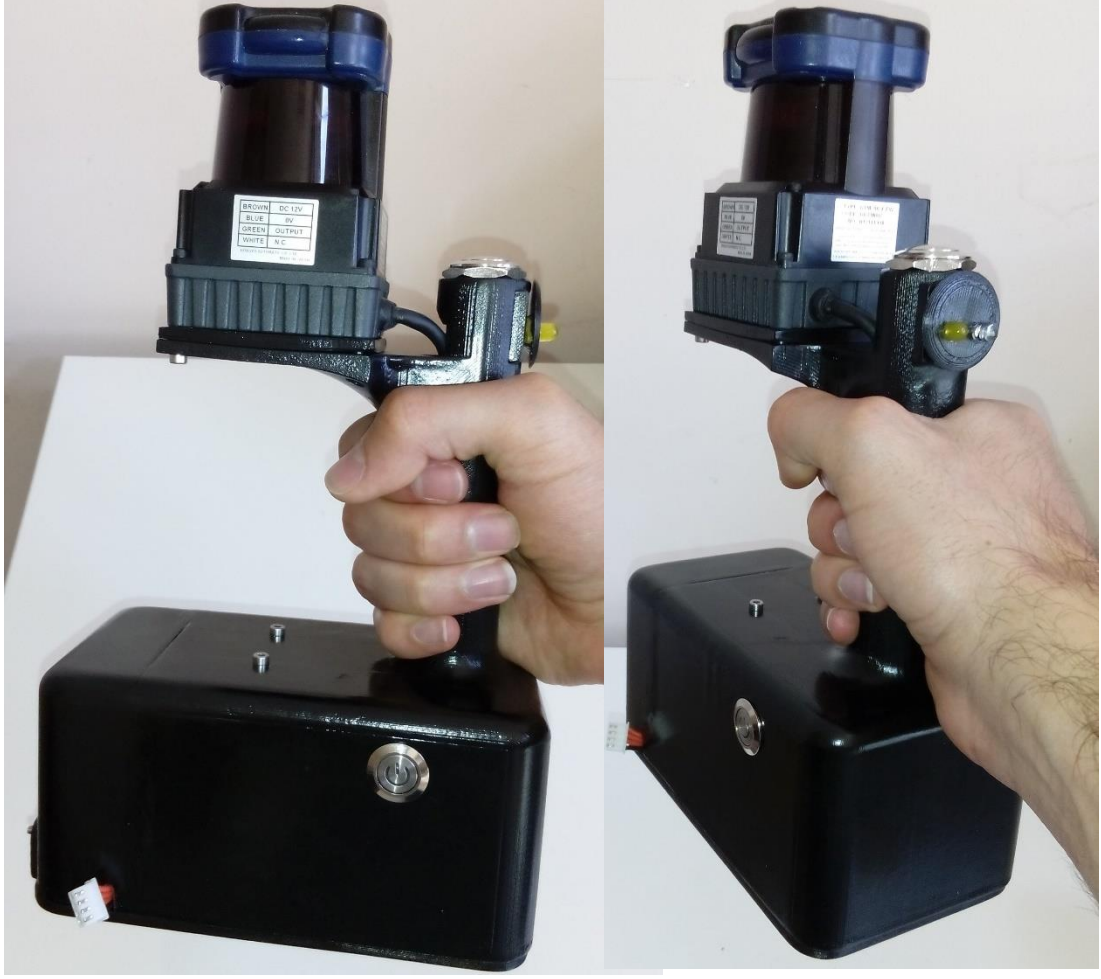
IMU, Raspberry Pi 3, LiPo pil, DC-DC dönüştürücülerden oluşan komponentler alt kısma montajlanırken HOKUYO (Lazer Sensör), tarama butonu ve ledler üst kısımlara monte edilmiştir.



Şekil 4.13 Tüm Malzemelerin Montajı Sonrası İzometrik Görünüşler



#### 4.7 3D Mobil Tarayıcının Kullanımına Yönelik Görseller



Şekil 4.15 3D Mobil Tarayıcının Kullanımına Yönelik Görseller

## BÖLÜM 5: BÜTÇE PLANI

### 5.1 Bütçe ve Gerekçesi

Proje kapsamında lazer tarayıcı sensör (HOKUYO), ataletsel ölçüm birimi (IMU), LiPo pil, DC-DC dönüştürücü ve mekanik tasarım için kullanılan 3D yazıcı malzemesi laboratuvar imkanları sayesinde kullanılmış olup diğer satın alınan malzemeler ve fiyatları Tablo 4.1 de belirtilmiştir. Satın alınmayan sensörlerin fiyatları ise şu şekildedir:

**HOKUYO** : Lazer Tarayıcı Sensör : 13000 TL

**IMU** : 7000 TL

TÜKETİME YÖNELİK MAL VE MALZEME ALIMLARI		
Cinsi	Açılama	Fiyat (TL)
<b>Bilgisayar Sarf Malzemesi Alımları</b>	Raspberry Pi 3 için hafıza kartı	108,34
<b>Elektrik-Elektronik Sarf Malzemesi Alımları</b>	Raspberry Pi 3	130
	Raspberry Pi 3 için soğutucu	1,66
	MAX 3232 ESE Chip	8,38
	2×40 Dişi Header	6,07
	Erkek D-Sub Konnektör	3,18
<b>Baskı ve Cilt Giderleri</b>	Proje dosyasına ait baskı ve cilt gideri	50
<b>Fotokopi Giderleri</b>	Proje dosyasına ait fotokopi gideri	50
<b>Kargo Giderleri</b>	Proje malzemelerine ait kargo gideri	20
<b>TOPLAM</b>		<b>377,63</b>

**Tablo 5.1** Bütçe Planı

## BÖLÜM 6: SONUÇ

### 6.1 Sistemin Çalışması

3D Mobil Lazer Tarayıcı başarıyla bütün bir sistem haline getirilmiştir. Elde tutularak pratik bir şekilde tarama yapıp ortamın üç boyutlu haritası oluşturulmuştur.

Yazılan yazılım sayesinde tüm sistem birleştirilmiştir. Çeşitli kombinasyonlar oluşturulup laboratuvar ortamında testler yapılmıştır. Daha sonra yazılım üzerinde değişiklikler yapılarak programın son hali oluşturulmuştur.

#### 6.1.1 Mevcut Sistemin Anlatılması

Güç butonuna basıldıktan sonra sensörler ve Raspberry Pi 3 devreye girer. Kısa bir açılış süresinden sonra aynı anda turuncu led yanıp buzzer ötecektir. Lazer sensör ise uyku moduna girip tarama butona basılmasını bekleyecektir. Tarama butonuna basıldıktan sonra tekrar buzzer bir kez bip sesini çıkarıp lazer sensör uyku modundan çıkacaktır. Uyku modundan çıkması için 10 saniye bekleme süresi konulmuştur. Bu aşamada kullanıcı taramaya hazır hale gelmiş olmalıdır. Butona basılıp 10 saniye sonra buzzer iki kez bip sesi çıkardığı an lazer sensör ölçümlerine başlayacaktır. Eğer içinde bulunduğumuz mekanın üç boyutlu görüntüsünü elde etmek istiyorsak öncelikle tarayıcı sabit tutacak şekilde yukarıdan aşağıya doğru döndürmemiz gerekecektir.

Tarayıcı 400 kez tarama yapacak şekilde kodlanmıştır. Bu değer tekrar yazılımla değiştirilebilir. İşlem kolaylığı ve tarama süresini en aza indirmek için bu değer ayarlanmıştır. Lazer sensör ölçümleri başlayıp bitene kadar mavi led yanık kalacak ve turuncu led sönük kalacaktır. Tarama sırasında lazer sensör ve IMU kombineli bir şekilde çalışıp verileri dosyaya yazmaya hazır hale getirecektir. Tarama bittikten sonra buzzer üç kez bip sesi çıkaracak ve dosyaya yazmaya işlemi başlanacaktır. Dosyaya yazma işlemi tamamlandıktan sonra da yine aynı şekilde buzzer iki kez ötecek ve tarama işlemi bitecektir. Ardından tekrar turuncu led aktif hale geçip mavi led pasif olacaktır. Dosyaya yazma işleminden sonra ise sensör uykuna moduna geçip bir sonraki tarama için butona basılmasını bekleyecektir.

Arka arkaya yapılan taramalar sırasıyla farklı dosya isimleri olarak kaydedilecektir. Sistem açıldığında ilk tarama “1\_pointCloud.pcd” adında kayıt edilip bundan sonraki taramalar için tarama sayısı dosyaya eklenip 2,3,4 notasyonu dosyaya uygulanmıştır.



İlk 4 taramanın dosya isimleri

- 1\_pointCloud.pcd
- 2\_pointCloud.pcd
- 3\_pointCloud.pcd
- 4\_pointCloud.pcd

şeklinde. Her ölçüm sonrasında dosyaya maksimum 432400 (400×1081) adet nokta X-Y-Z şeklinde kaydedilecektir.

Mevcut sistem de bir taramanın başlayıp bitmesi yaklaşık 30 saniye kadar bir süre zarfı içinde gerçekleşmektedir. 30 saniye içinde başarılı bir şekilde üç boyutlu nokta bulutları elde edilmiştir.

### 6.1.2 Dosyaya Kaydedilen Veriler

Şekil 5.1 alınan verilerin bir kısmı görülmektedir. Her bir nokta X-Y-Z eksenine göre konumlandırılmıştır. Sensör verileri milimetre cinsinden ifade edilmiştir.

```
# .PCD v0.7 - Point Cloud Data file format
VERSION 0.7
FIELDS x y z
SIZE 4 4 4
TYPE F F F
COUNT 1 1 1
POINTS 432400
DATA ascii
1576.375537 -810.956566 -117.040588
1558.636349 -810.425533 -117.422621
1542.701471 -810.686587 -117.763819
1524.146119 -809.415497 -118.165346
1500.347699 -805.157737 -118.687370
1495.943950 -811.206698 -118.765651
1478.369004 -810.016806 -119.145925
1462.581845 -809.658833 -119.485612
1437.231581 -803.803100 -120.045213
1419.791443 -802.174089 -120.423771
1411.072440 -805.371065 -120.602280
1397.158048 -805.506898 -120.900462
1391.905195 -810.575057 -120.999589
1378.021043 -810.536734 -121.297588
1364.163866 -810.392761 -121.595292
1346.049805 -807.567887 -121.991514
1328.841233 -805.119321 -122.367300
1320.203622 -807.761651 -122.545548
1311.568296 -810.343968 -122.723909
1301.240045 -811.806386 -122.941593
1284.160363 -808.924770 -123.315773
1266.287672 -805.372322 -123.708765
1251.833744 -803.843567 -124.022983
1241.609452 -804.927594 -124.239450
1232.235628 -806.486109 -124.436399
1217.036541 -804.114230 -124.768863
1206.869013 -804.958944 -124.984754
1188.429610 -800.137793 -125.393304
1183.276707 -804.176994 -125.493043
1172.344118 -804.221223 -125.727493
1168.004828 -808.745854 -125.808475
1157.916112 -809.232494 -126.023634
1146.212696 -808.492148 -126.276724
1129.654764 -804.180600 -126.643541
1117.213023 -802.661613 -126.914559
1106.423666 -802.225134 -127.147224
1097.271834 -802.892584 -127.341797
1092.153268 -806.469887 -127.442036
```

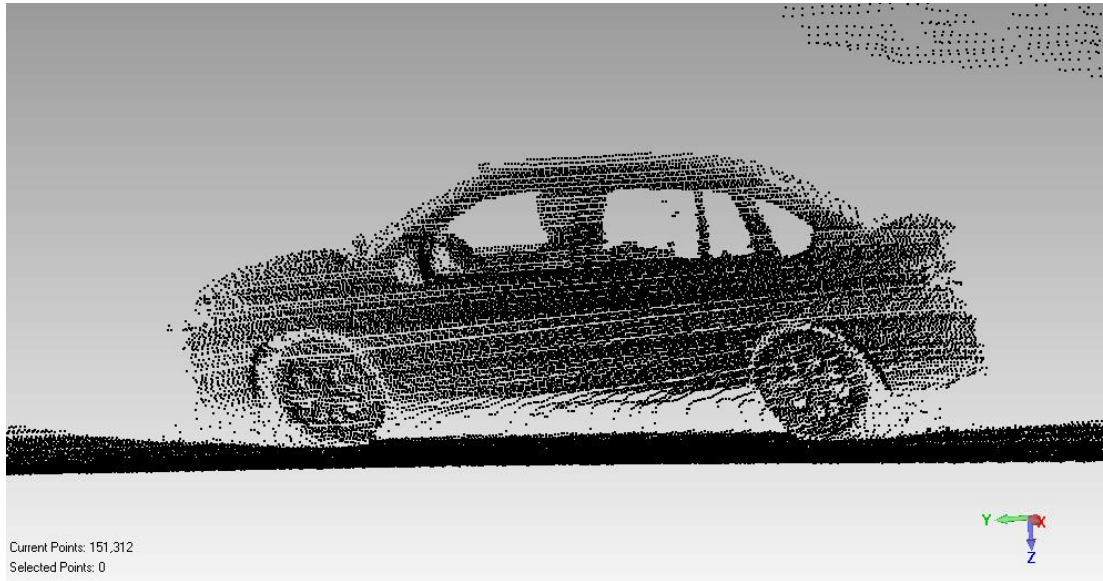
Şekil 6.1 Dosyaya Kaydedilen Veriler

## 6.2 Verilerin Üç Boyutlu Olarak Görüntülenmesi

Raspberry Pi 3'ün hafıza kartına kaydedilen pcd dosyaları SSH ile Raspberry Pi'den alınmıştır. Alınan dosyalar Geomagic Studio programı kullanılarak üç boyutlu olarak görüntülenmiştir. Kampüs içinde 3D olarak taranan bazı yerler şu şekildedir:



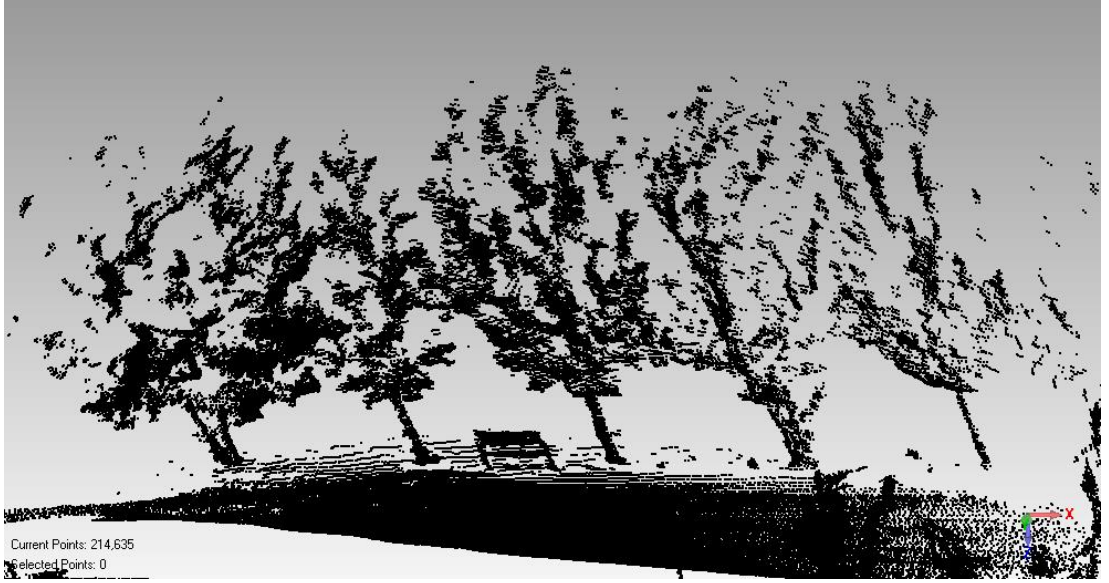
Şekil 6.2 Mühendislik Fakültesi Arkası B Blok Giriş Tarafı



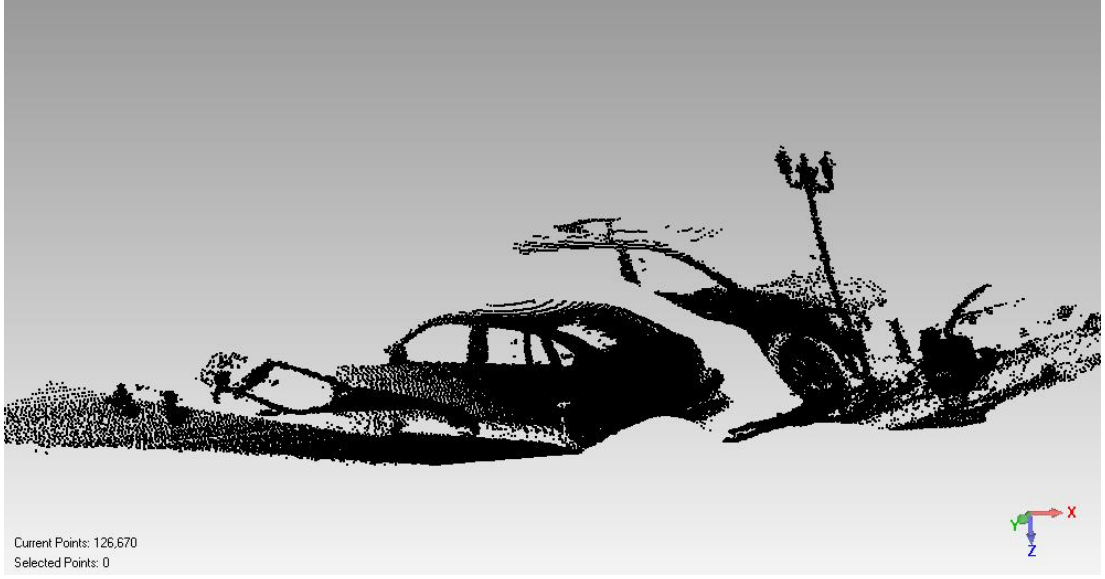
Şekil 6.3 Kampüs İçinde Yol kenarında Bekleyen Bir Araç



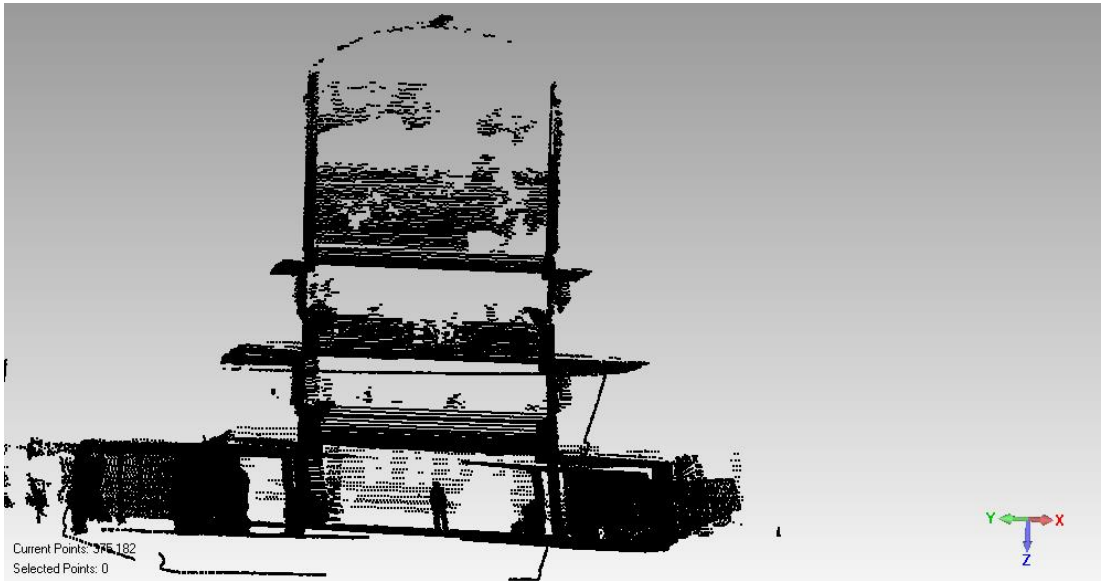
**Şekil 6.4** Yemekhane Tarafında Ağaçlık Alanda Bulunan Köprü



**Şekil 6.5** Yemekhane Karşıyndaki Ağaç ve Bank



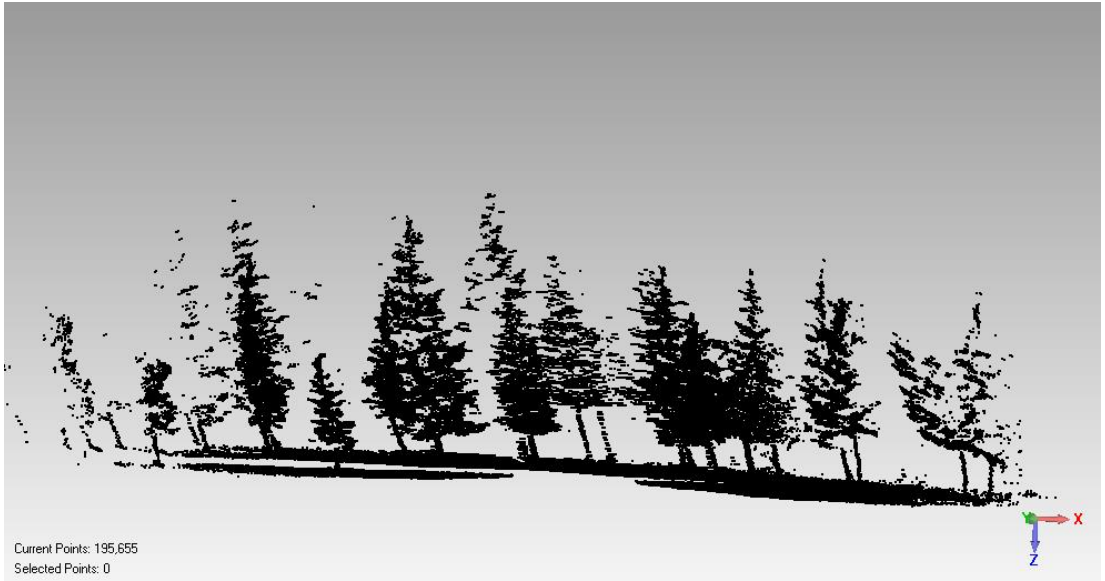
**Şekil 6.6** Mühendislik Fakültesi Otoparkı



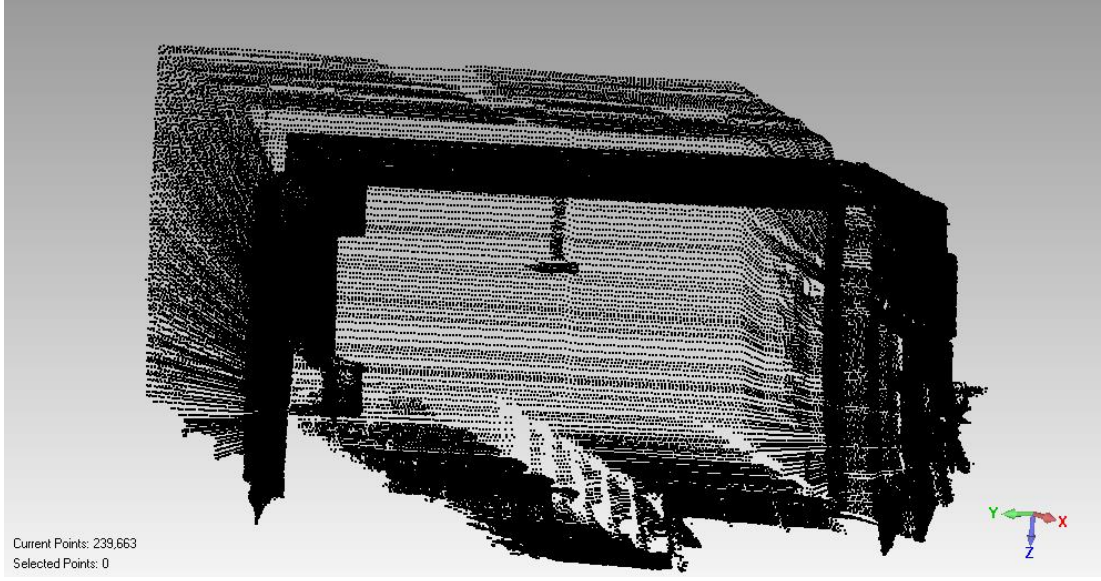
**Şekil 6.7** Mühendislik Fakültesi Girişi Bina İçi Orta Kısım



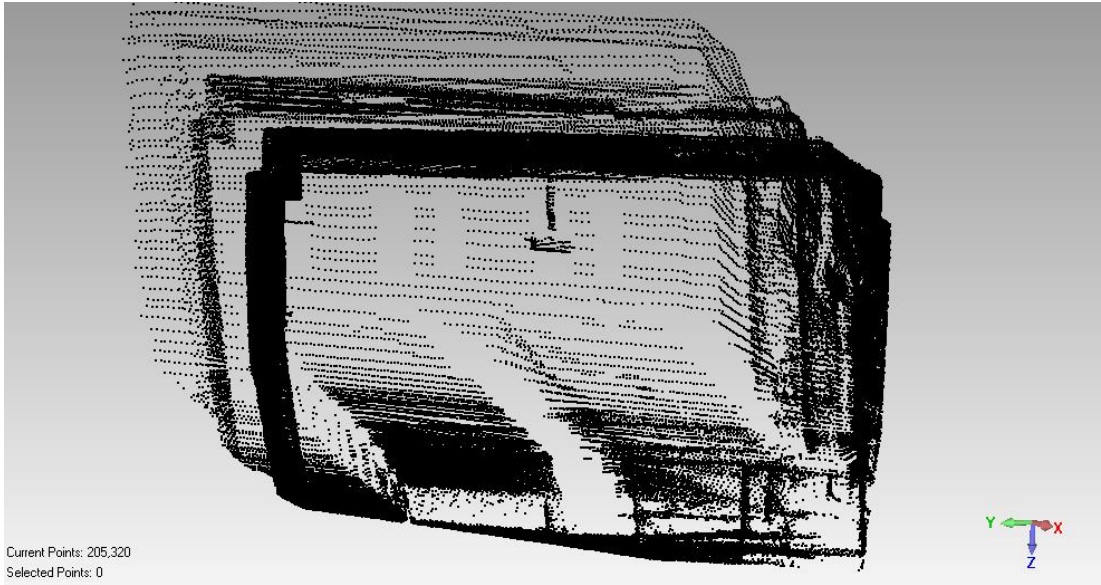
**Şekil 6.8** Mühendislik Fakültesi Arkasındaki Kamelya



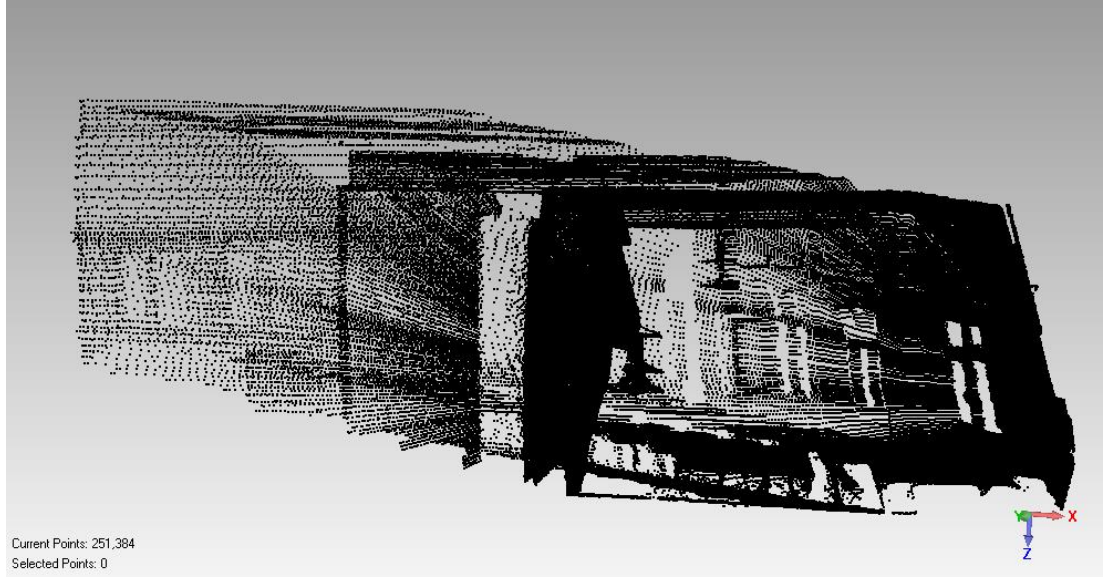
**Şekil 6.9** Fen-Edebiyat Otobüs Durağı Karşısındaki Ormanlık Alan



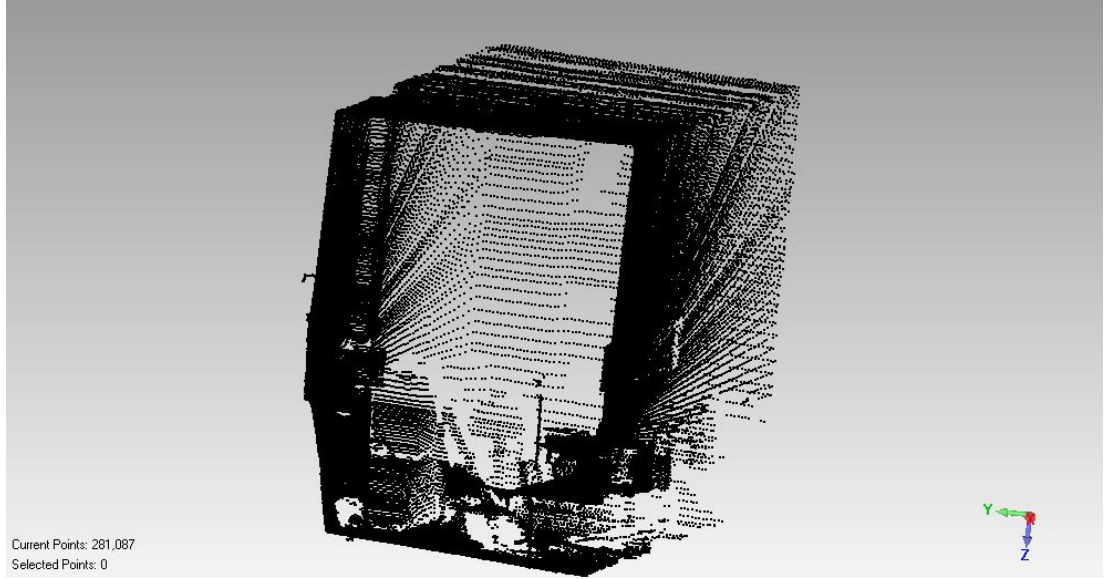
Şekil 6.10 Mühendislik Fakültesi B Blok Küçük Sınıf



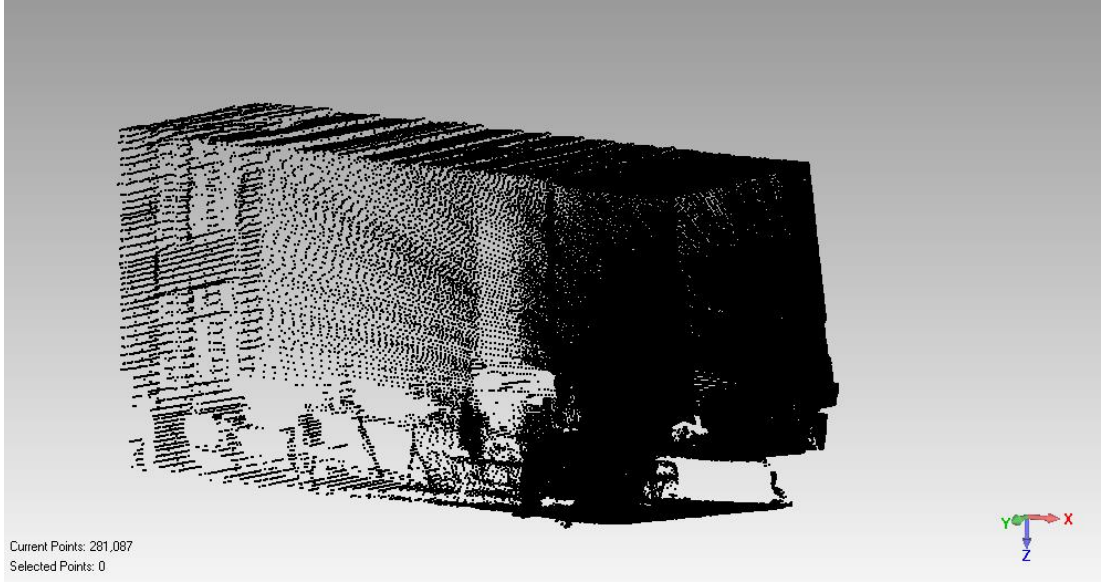
Şekil 6.11 Mühendislik Fakültesi B Blok Büyük Sınıf



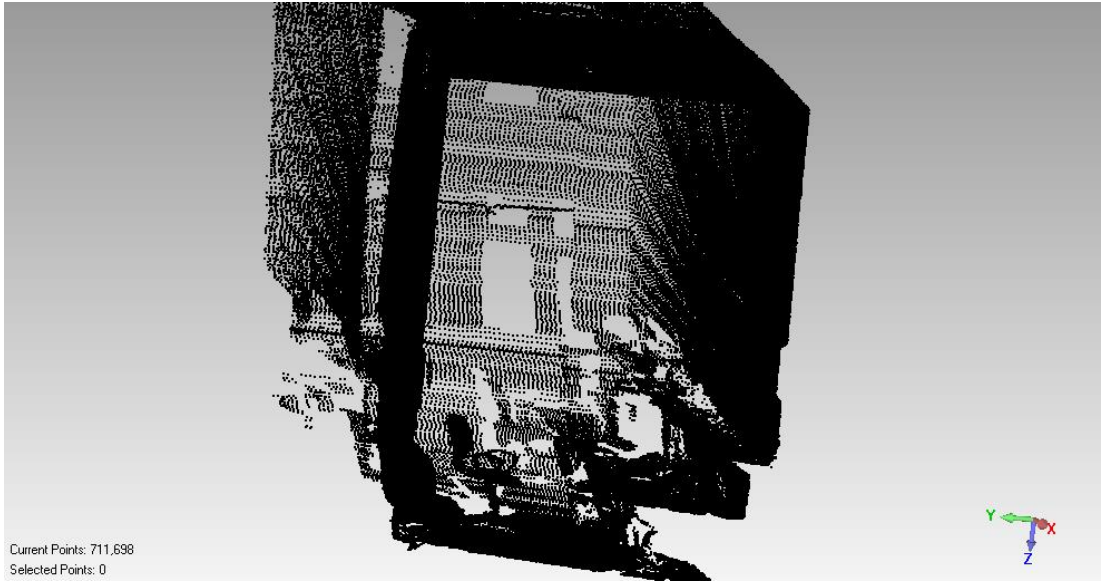
**Şekil 6.12** Mühendislik Fakültesi B Blok Yan Görünüş Büyük Sınıf



**Şekil 6.13** Mühendislik Fakültesi Mekatronik Laboratuvarı

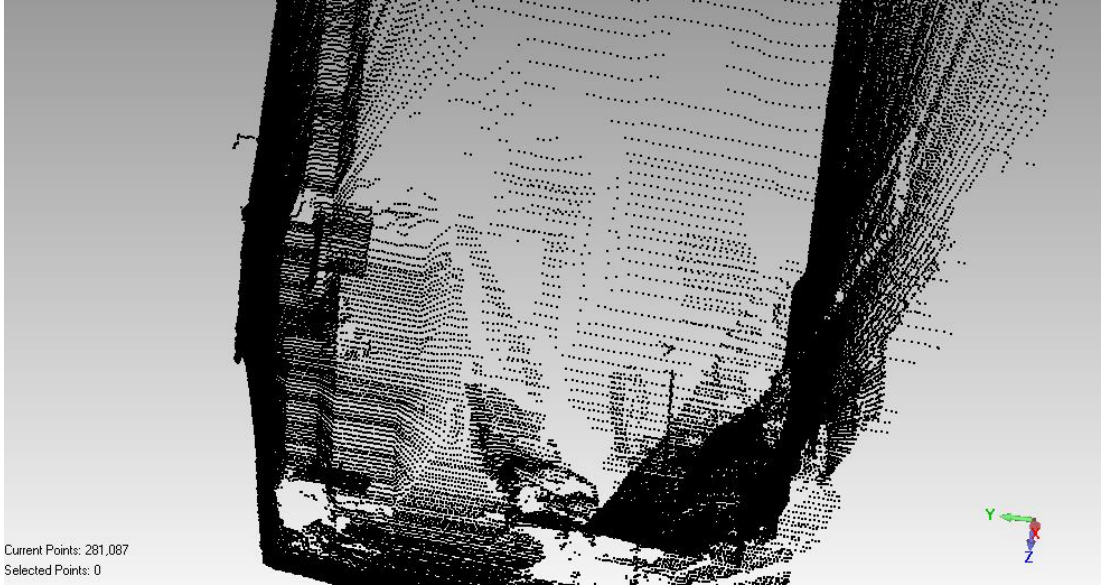


**Şekil 6.14** Mühendislik Fakültesi Mekatronik Laboratuvarı Yandan Görünüş



**Şekil 6.15** Mühendislik Fakültesi Mekatronik Laboratuvarı İç Görünüş





**Şekil 6.16** Mühendislik Fakültesi Mekatronik Laboratuvarı Yakından İç Görünüş

### **6.3 Öneriler ve İlerde Yapılması Planlanan Çalışmalar**

Bu proje kapsamında hedeflenen iş paketleri başarı ile gerçekleştirilmiştir. Teorinin pratiğe geçirilmesi esnasında yeni bilgi, birikim ve tecrübeler edinilmiştir. Öğrenilen bu bilgiler ile evrenimize ait görüntülerin sayısal ortama aktarılması ve çeşitli amaçlarla kullanılması gelecekte bir çok sektör için kullanılması düşünülmektedir. Ancak kullanılan sensörlerin maliyetini göz önüne aldığımızda bu şekilde bir hassasiyeti yakalamak ucuz maliyetli sensörler için mümkün olmayacaktır. Projenin devamı niteliğindeki çalışmalarda düşük maliyetli maksimum performanslı mobil tarayıcı yapılması planlanmaktadır. Ayrıca farklı algoritmalar kullanılarak yazılımın daha iyi bir şekilde sisteme entegre edilmesi ve nokta bulutlarının daha hızlı ve anlamlı veriler oluşturması ile anlık görüntünün elde edilmesi düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1]. Opromolla R. , Fasano G. , Rufino G. , Grassi M. , Savvaris A. , “LIDAR-inertial integration for UAV localization and mapping in complex environments”, 2016 International Conference on Unmanned Aircraft Systems, ICUAS 2016, 30 June 2016, Article number 7502580, Pages 649-656
- [2]. Bauwens S. , Bartholomeus H. , Calders K. , Lejeune P. , “Forest inventory with terrestrial LiDAR: A comparison of static and hand-held mobile laser scanning”, TERRA Research Unit, Gembloux Agro-Bio Tech, University of Liège, Passage des Déportés 2, Gembloux, Belgium, Volume 7, Issue 6, 21 June 2016, Article number 127
- [3]. Dill E.T. , Uijt de Haag M. , “3D Multi-Copter Navigation and Mapping Using GPS, Inertial, and LiDAR”, Navigation, Journal of the Institute of Navigation, Volume 63, Issue 2, Summer 2016, Pages 205-220
- [4]. Lehtola V.V. , Virtanen J.-P. , Kukko A. , Kaartinen H. , Hyypä H. , “ Localization of mobile laser scanner using classical mechanics”, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 99, January 01, 2015, Pages 25-29
- [5]. Pozna C.R. , Horvath E. , Kovacs J. , "An abstraction of the Lidar measurements", SACI 2015 - 10th Jubilee IEEE International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics, Proceedings, 17 August 2015, Article number 7208234, Pages 381-385
- [6]. Kang L. , Ye L. , Song K. , Zhou Y. , “Attitude heading reference system using MEMS inertial sensors with dual-axis rotation”, Sensors (Switzerland), Volume 14, Issue 10, 29 September 2014, Pages 18075-18095
- [7]. Estevez C.V. , Ambrosio P.J.E. , Bonilla M.N.I. , Cortes J.M.R. , Gil P.G. , “Attitude estimation using fusion of monocular SLAM and inertial sensors”, IEEE Latin America Transactions, Volume 12, Issue 6, September 2014, Article number 6893989, Pages 977-984

- [8]. Jin L. , Niu Q. , Hou H. , Hu S. , Wang F. , "A pedestrian detection method using 3D laser scanner",2012,"Information (Japan)", Volume 15, Issue 12 A, December 2012, Pages 5481-5489
- [9]. Koessler L. , Cecchin T. , Ternisien E. , Maillard L. , "3D handheld laser scanner based approach for automatic identification and localization of EEG sensors", 2010, Article number 5627659, Pages 3707-3710
- [10]. Rhee S. , Kim T. , Yun D. , Sung, J. , “ Automated 3D road model generation by Fusion of circular-scanning Laser Data and CCD Images”, 28th Asian Conference on Remote Sensing 2007, ACRS 2007, Volume 3, 2007, Pages 2079-2082
- [11]. Travis W. , Simmons A.T. , Bevlly D.M. , "Corridor navigation with a LiDAR/INS kalman filter solution", IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Proceedings, Volume 2005, 2005, Article number 1505126, Pages 343-348
- [12]. Lionis G.S. , Kyriakopoulos K.J. , “A laser scanner based mobile robust SLAM algorithm with improved convergence properties”, IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems, Volume 1, 2002, Pages 582-587

## ÖZGEÇMİŞ

### **Kimlik Bilgileri**

Adı Soyadı: Muhammed Ali ÇALIŞIR

Baba Adı: Tahsin

Anne Adı: Ayşe

Doğum Yeri: Antalya

Doğum Yılı: 08/06/1994



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

### **Haberleşme Bilgileri**

Adres: Yavuz Selim Mah. 6102 Sok. No:25 Kepez/ANTALYA

Telefon: 0538 652 32 04

E-posta: muhammed.calisir@hotmail.com

