

**LEGO MINDSTORMS NXT ROBOT KİTİ İÇİN GPS SENSÖRÜ  
GELİŞTİRİLMESİ VE MOBİL ROBOTUN ORANSAL KONTROL  
ALGORİTMASIYLA NAVİGASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şükrü ÜNVER

Danışman

Doç. Dr. Uçman ERGÜN

ELEKTRİK – ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ

Temmuz 2017

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**LEGO MİNDSTORMS NXT ROBOT KİTİ İÇİN GPS SENSÖRÜ**  
**GELİŞTİRİLMESİ VE MOBİL ROBOTUN ORANSAL KONTROL**  
**ALGORİTMASIYLA NAVİGASYONU**

**Şükrü ÜNVER**

**Danışman**  
**Doç. Dr. Uçman ERGÜN**

**ELEKTRİK – ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

**Temmuz 2017**

## TEZ ONAY SAYFASI

Şikrü ÜNVER tarafından hazırlanan "Lego Mindstorms Nxt Robot Kiti İçin Gps Sensörü Geliştirilmesi ve Mobil Robotun Oransal Kontrol Algoritmasıyla Navigasyonu" adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 06/07/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Uçman ERGÜN

**Başkan** Doç. Dr. Necaattin BARIŞÇI  
Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi

**Üye** Doç. Dr. Yüksel OĞUZ  
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi

**Üye** Doç. Dr. Uçman ERGÜN  
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

İmza



Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
...../...../..... tarih ve  
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....  
Prof. Dr. Hüseyin ENGİNAR  
Enstitü Müdürü

**BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI**  
**Afyon Kocatepe Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;**

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

06/07/2017

**Şükrü ÜNVER**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### LEGO MINDSTORMS NXT ROBOT KİTİ İÇİN GPS SENSÖRÜ GELİŞTİRİLMESİ VE MOBİL ROBOTUN ORANSAL KONTROL ALGORİTMASIYLA NAVİGASYONU

Şükrü ÜNVER

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Doç. Dr. Uçman ERGÜN

Bu tez çalışmasında, eğitim alanında olduğu kadar akademik ve bilimsel alanlardaki araştırmalarda da sıkça kullanılan Lego Mindstorms NXT robot kiti için GPS sensörü geliştirilmiş ve geliştirilen sensör ile mobil robotun navigasyon görevini yerine getirmesi sağlanmıştır. Çalışma kapsamında EM-411 GPS alıcısından USART protokolü üzerinden ve NMEA 0183 formatında gelen GPS verileri Arduino UNO R3 kullanılarak alınmış, alınan veriler Arduino yazılımıyla ayrıştırılarak enlem ve boylam verileri elde edilmiştir. Enlem ve boylam verilerinden oluşan koordinat bilgisi Arduino Uno prototipleme kalkanı (shield) üzerinde geliştirilen elektronik devre aracılığıyla ve i<sup>2</sup>c protokolüyle Lego Mindstorms NXT robot kitine gönderilmiştir. Tez çalışmasının ikinci aşamasında Lego Mindstorms NXT robot kitinin koordinatlarını bildiği bir konumdan, koordinatları kullanıcı tarafından girilen hedef konuma IMU algılayıcıları kullanılmadan, yalnızca sürekli güncellenen koordinat bilgileriyle navigasyonu amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, mobil robotun hareketleri esnasında alınan koordinat bilgilerinden hem mobil robotun rota açısı, hem de hedef konuma göre olması gereken rota açısı belirlenmiştir. Belirlenen rota açıları arasındaki fark kullanılarak ve oransal kontrol algoritmasıyla mobil robotun navigasyonu başarıyla gerçekleştirilmiştir. Lego Mindstorms NXT robot kitinin programlanmasında NI Labview 2016 programı ve Labview Toolkit for Lego Mindstorms NXT/EV3 modülü birlikte kullanılmıştır.

**2017, ix + 56 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Lego Mindstorms NXT, GPS, Mobil robot, Navigasyon.

**ABSTRACT**  
M.Sc. Thesis

DEVELOPING GPS SENSOR FOR LEGO MINDSTORMS NXT AND  
NAVIGATION OF MOBILE ROBOT WITH PROPORTIONAL CONTROL  
ALGORITHM

Şükrü ÜNVER

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electrical and Electronics Engineering

**Supervisor:** Assoc. Prof. Uçman ERGÜN

In this thesis study, a GPS sensor was developed for the Lego Mindstorms NXT robot kit, which is frequently used in academic and scientific researches as much as it is in the field of education. In the scope of the study, GPS data received from EM-411 GPS receiver via USART protocol and NMEA 0183 format were taken using Arduino UNO R3, and received data were separated by Arduino software to obtain latitude and longitude data. Subsequent coordinate data were sent to the Lego Mindstorms NXT robot kit via the electronic circuit developed on the Arduino Uno prototyping shield and the i<sup>2</sup>c protocol. In the second stage of the thesis work, the coordinates of the Lego Mindstorms NXT robot kit are intended to be navigated from a position where the coordinates are known, with the coordinates being updated only to the target position entered by the user, without using IMU sensors. For this purpose, both the heading angle of the mobile robot and the heading angle that should be according to the target position have been determined from the coordinate information obtained during the movements of the mobile robot. Using the difference between the specified heading angles and the proportional control algorithm, navigation of the mobile robot has been successfully performed. The NI Labview 2016 program and the Labview Toolkit for Lego Mindstorms NXT/EV3 module are used together to program the Lego Mindstorms NXT robot kit.

**2017, ix + 56 pages**

**Keywords:** Lego Mindstorms NXT, GPS, Mobile robot, Navigation.

## TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans sürecim boyunca deneyimlerini paylaşarak bana yol gösteren, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, yönlendirmeleriyle çalışmamı sürekli olarak olumlu yönde şekillendiren ve beni motive eden tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Uçman ERGÜN'e bana ve bu tez çalışmasına yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması süresince karşılaştığım her olumsuz durumda kapısını çaldığım ve kapısından hiçbir zaman sorunu çözmeden dönmediğim değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Uğur FİDAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmasının her aşamasında yanımda olan, benimle birlikte gülen, ağlayan, yorulan, dualarını eksik etmeyen ve hiçbir zaman desteğini esirgemeyen hayat arkadaşım Zehra Betül KUMRAL'a, teşekkür ederim.

Tez çalışmasının deneysel süreçlerinde yaptıkları katkılarından dolayı çok değerli arkadaşlarım Cüneyt CEBECİ ve Berkay TİRYAKİ'ye teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak, uzun yüksek lisans sürecim boyunca benden maddi, manevi desteklerini ve dualarını esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Şükrü ÜNVER

AFYONKARAHİSAR, 2017

# İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
RESİMLER DİZİNİ .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ .....	5
2.1 Lego Mindstorms Robot Kitleri.....	5
2.1.1 Lego NXT Robot Kitinin Donanımları .....	7
2.1.2 Lego NXT Robot Kitinin Programlanması .....	8
2.2 Küresel Konumlama Sistemi (GPS) .....	9
2.2.1 GPS Sisteminin Temel Çalışma Prensipleri .....	9
2.2.2 Coğrafi Koordinat Sistemi.....	10
2.2.3 GPS Alıcısı .....	11
2.2.4 NMEA 0183 Protokolü.....	12
2.3 Mobil Robot Navigasyonu .....	14
3. MATERYAL ve METOT .....	16
3.1 Lego NXT için GPS Sensörü.....	16
3.1.1 USART (Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter) Protokolü .....	16
3.1.2 I <sup>2</sup> C (Inter-Integrated Circuit) Protokolü .....	17
3.1.3 Arduino.....	18
3.1.3.1 Arduino Uno R3.....	19
3.1.3.2 Arduino Uno R3 Prototipleme Kalkanı .....	20
3.1.4 GPS Almaçlı Elektronik Devre .....	21
3.1.5 Arduino I <sup>2</sup> C Veri Gönderme Yazılımı.....	22



3.1.6 National Instruments Labview Programı.....	25
3.1.7 Lego NXT Yazılımı.....	26
3.2 Mobil Robot Navigasyonu.....	29
3.2.2 Rota Açısı (Heading) ve İki Nokta Arası Uzaklık.....	31
3.2.3 Mobil Robotun Kontrolü.....	32
3.2.4 Mobil Robotun Yazılımı.....	33
4. BULGULAR.....	37
4.1 Lego Mindstorms NXT Robot Kiti İçin Geliştirilen GPS Sensörü.....	37
4.2 Mobil Robotun Oransal Kontrol Algoritmasıyla Navigasyonu.....	40
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	44
6. KAYNAKLAR.....	45
ÖZGEÇMİŞ.....	48
EKLER.....	49

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

---

$\theta$	Rota açısı
m	Metre
km	Kilometre
$\Delta$	Delta
K $\Omega$	Kilo ohm
R <sub>x</sub>	Receive X: X bilgisini al
T <sub>x</sub>	Transmit X: X bilgisini gönder
MHz	Megahertz
°	Derece
RE	Earth Radius: Dünyanın Yarıçapı
N	Kuzey
S	Güney
E	Doğu
W	Batı
V	Volt
ms	Milisaniye
dd,mmmmmm	Derece dakika cinsinden koordinat bilgisinin ondalık gösterimi

### Kısaltmalar

---

GPS	Global Positioning System: Küresel Konumlama Sistemi
IMU	Inertial Measurement Unit: Ataletsel Ölçüm Üniteleri
MIT	Massachusetts Institute of Technology
PLC	Programmable Logic Controller: Programlanabilir Lojik Kontrol Üniteleri
USB	Universal Serial Bus: Evrensel Seri Yol Denetleyicisi
LCD	Liquid Crystal Display: Sıvı Kristal Ekran
PPS	Precise Positioning Service: Kesin Konumlama Servisi
SPS	Standart Positioning Service: Standart Konumlama Servisi
ASCII	American Standard Code for Information Interchange: Bilgi Değişimi İçin Amerikan Standart Kodlama Sistemi
NMEA	National Marine Electronics Association: Ulusal Denizcilik Elektroniği Birliği
UTC	Coordinated Universal Time: Eşgüdümlü Evrensel Zaman
USART	Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter: Evrensel Senkron/Asenkron Alıcı/Verici
İ <sup>2</sup> C	Inter-Integrated Circuit
SCL	Serial Clock Line: Seri Saat Hattı
SDA	Serial Data Line: Seri Data Hattı
PWM	Pulse Width Modulation: Darbe Genişlik Modülasyonu
WDT	Watchdog Timer

---

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1 Küresel Konum Belirleme Sisteminin çalışma prensibi. ....	10
Şekil 2.2 Coğrafi koordinat sisteminde enlem ve boylam ifadeleri. ....	11
Şekil 3.1 USART haberleşmesinde data transferi .....	16
Şekil 3.2 i <sup>2</sup> c iletişim protokolünde data transferi. ....	18
Şekil 3.3 Geliştirilen GPS sensörünün elektronik devre şeması. ....	22
Şekil 3.4 Arduino i <sup>2</sup> c algoritması. ....	24
Şekil 3.5 Lego NXT i <sup>2</sup> c protokolüyle koordinat bilgilerini alma algoritması.....	28
Şekil 3.6 Diferansiyel sürüş sisteminde yön değişikliği.....	30
Şekil 3.7 Rota açısı ( $\theta$ ). ....	31
Şekil 3.8 Mobil robot kontrol algoritması. ....	35
Şekil 4.1 Arduino üzerinden, GPS alıcısından alınan enlem verilerinin grafiği. ....	38
Şekil 4.2 Lego Mindstorms NXT üzerinden alınan enlem verilerinin grafiği. ....	38
Şekil 4.3 Arduino üzerinden GPS alıcısından alınan boylam verilerinin grafiği. ....	39
Şekil 4.4 Lego Mindstorms NXT üzerinden alınan boylam verilerinin grafiği. ....	39
Şekil 4.5 Test güzergahında alınan enlem verilerinin grafiği. ....	41
Şekil 4.6 Test güzergahında alınan boylam verilerinin grafiği. ....	41
Şekil 4.7 Rota açılarındaki değişimin grafiği. ....	42
Şekil 4.8 Sağ ve sol motor PWM değerlerindeki değişimin grafiği.....	42
Şekil 4.9 Test güzergahında mobil robotun hareketleri esnasında uzaklıkdaki değişimin grafiği. ....	43

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Çizelge 2.1</b> \$GPRMC başlıklı NMEA 0183 mesajının içerdiği bilgiler.....	13
<b>Çizelge 4.1</b> Test güzergahı başlangıç ve hedef konum bilgileri.....	40

## RESİMLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Resim 2.1</b> Lego NXT akıllı tuğlası ve giriş çıkış birimleri.....	7
<b>Resim 2.2</b> Lego NXT servo motorunun yapısı .....	8
<b>Resim 3.1</b> Arduino Uno R3 üstten görünümü ve pin çıkışları.....	20
<b>Resim 3.2</b> Arduino Uno R3 prototipleme kalkanı üstten görünümü .....	20
<b>Resim 3.3</b> EM-411 GPS alıcısıyla, prototipleme kalkanı üzerinde oluşturulan elektronik devre.....	22
<b>Resim 3.4</b> Geliştirilen mobil robot.....	29
<b>Resim 3.5</b> Mobil robotun alttan görünümü ve gücün paletlere aktarılması.....	30
<b>Resim 4.1</b> Test sırasında mobil robotdan alınan konum bilgilerinin Google Maps üzerinde görünümü .....	43

## 1. GİRİŞ

Robotlar ortamdaki aldıkları verileri, dünyası hakkında sahip olduğu bilgiyle sentezleyerek, anlamlı ve amaçlarına yönelik bir şekilde hareket edebilen ve bunu güvenli bir biçimde yapabilen makinelerdir (Tekerlek 2006). Robotlar genel olarak insanların yapmakta zorlandıkları veya yavaş kaldıkları işleri daha hızlı ve efektif olarak yapabilmek amacıyla kullanılırlar. Arama kurtarma faaliyetlerinde, kimyasal ve radyoaktif risklerin bulunduğu ortamlarda ve endüstride yoğun olarak kullanılmaktadırlar. Robotların günümüzde en çok kullanıldığı alanların başında ise endüstriyel üretim hatları gelmektedir. Bu robotların belirli sayıda sensörleri ve belirli sabit görevleri vardır bundan dolayı endüstriyel üretim hatlarında kullanılan robotlar birbirilerine benzer özellikler taşımaktadır. Günümüzde robotik alanında yapılan akademik ve bilimsel çalışmalar, robotlarda mobilitiyi artırmak üzerine yoğunlaşmıştır. Bu sayede sabit bir görevi yerine getiren robotlar üretmek yerine sürekli hareket halinde bulunan insanoğluna daha faydalı olabilecek mobil robotlar geliştirilmiştir (Canan 2006).

Rutin işlerin yanı sıra insanların uzun süreler çalışamayacakları ortamlarda da robotlara is düşmektedir. Deniz dibinde yüksek basınç altında, yüksek sıcaklıkta, Mars yüzeyi gibi elverişsiz ortamlarda, hatta insan vücudunun sığamayacağı genişlikteki havalandırma borularında robotlar kullanılmaktadır (Tekerlek 2006).

Robotik eğitiminde ve robotik alanında bilimsel çalışmalar yapılmasının önündeki en büyük engel robotik sistemlerin disiplinlerarası bir konu olmasıdır. Bu alanda çalışmak isteyen birisi hem mekanik hem elektronik hem de yazılım alanlarında uzman olmalıdır (Yalçın 2012). Günümüzde bu görevleri kolaylaştırabilmek amacıyla hazır robot kitleri kullanılmaktadır. Bu kitlerde sensörler, motorlar, motor sürücüler ve diğer mekanik aksamlar hazır olarak ve tak kullan şeklinde son kullanıcıya sunulmaktadır. Başlarda robotik eğitimi için tasarlanan bu kitler günümüzde akademik camiada da robotik alanında yapılan çalışmalarda hatırı sayılır bir yer elde etmiştir. Öyle ki bu hazır kitler ile yapay zeka, bulanık mantık, görüntü ve sinyal işleme gibi çok çeşitli alanlarda akademik çalışmalar yapılmaktadır. Bu tez çalışmasında da bu alanda adından söz

ettiren hazır kitlerden birisi olan Lego Mindstorms NXT 2.0 kiti kullanılmıştır.

Lego kitlerinde akıllı tuğlaya (brick) bağlanan tüm dijital sensörler kitler için özelleştirilmiş i<sup>2</sup>c protokolü yardımıyla akıllı tuğlayla haberleşmektedir. Aynı zamanda sensörlerin bağlandığı konnektörlerde kite özel olarak tasarlanmıştır. Bunların sonucu olarak son kullanıcının kit içeriğinde bulunmayan bir sensörü takip kullanması normal şartlarda söz konusu değildir (İnt.Kyn.1).

Sabit görevleri olan robotlar genellikle fabrika, laboratuvar gibi değişkenlerin ve referans noktalarının sabit olduğu kapalı alanlarda kullanılırken, mobil robotlar genellikle askeri, arama-kurtarma gibi amaçlara hizmet için geliştirildiklerinden genel olarak değişkenlerin sabit ve lineer olmadığı, referans noktalarının olmadığı açık alanlarda kullanılırlar (Canan 2006). Bunun bir sonucu olarak mobil robotların çevrelerini tanıması, bulunduğu ortamdan veri toplaması ve bu veriler ile de ne yapacağına karar verebilmesi gerekmektedir (Hanzel *et al.* 2013).

Açık alanda çalışan mobil robotlar; kara, deniz ve hava araçları olarak sınıflandırılabilir. Fakat bir mobil robotun bu sınıflandırmaya bağlı olmaksızın görevini yerine getirebilmesi için herşeyden önce yerküre üzerinde bulunduğu konum bilgisine sahip olması gereklidir.

Günümüzde mobil otonom robotlarda görsel navigasyon, harita modelleme ve GPS (Global Position System - küresel konum belirleme sistemi) teknikleri ayrı ayrı veya birlikte kullanılabilir. Görsel navigasyon ve harita modelleme teknikleri daha çok bina içi ve/veya kısa mesafeli görevlerde kullanılırken GPS sistemleri daha uzun mesafeli ve açık alan görevleri için kullanılmaktadır.

Bir mobil robot navigasyonunda, mobil robotun konumu, nereye gideceği ve gidilmek istenen yere nasıl gidileceği sorularına cevaplar aranır (Shade 2011). Bu tez çalışmasında Lego NXT robot kiti kullanılarak geliştirilen bir mobil robotun navigasyonu üzerine çalışılmıştır ve bu üç soruya da çalışma kapsamında değinilmiştir.

Tez çalışmasında öncelikle bir GPS alıcısı, Arduino kullanılarak, Lego Mindstorms NXT ile çalışabilen bir sensör haline getirilmiştir. Donanımsal olarak gerçekleştirilen sensörden yazılımsal olarak enlem ve boylam verileri Lego NXT platformunun kullanabileceği şekilde elde edilmiştir. Bu verilerin elde edilmesiyle mobil robotun konumu sorusu da cevaplanmıştır.

Sonraki aşamada Lego NXT robot kitiyle geliştirilen mobil robotun koordinatlarını bildiği konumdan, kullanıcı tarafından koordinatları girilen, istenen konuma gidebilmesi için gerekli çalışmalar yapılmıştır. Mobil robotun konumu ve gidilmek istenen noktanın konumu da bilindikten sonra buraya nasıl gidileceği üzerine durulmuştur.

Mobil robotun kendi koordinatlarını bildiği bir noktadan koordinatları kullanıcı tarafından girilen başka bir noktaya gidebilmesi için günümüzde kullanılan en basit yöntem pusula sensörlerinin kullanımınıdır. İki noktanın GPS koordinatlarından, tez kapsamında ilerleyen konularda değinilecek olan bir takım matematiksel hesaplamalar ile gidilmesi gereken yöne dair bir açı değeri belirlenir. Bu değer pusula sensörlerinden alınan değerle karşılaştırılarak hata değeri belirlenir ve belirlenen bu hata değerine göre motor parametreleri güncellenerek mobil robot hareket ettirilir.

Mobil robot navigasyonu üzerine literatürde yapılan çalışmalarda pusula, jiroskop gibi IMU (Inertial Measurement Unit - Ataletsel Ölçüm Üniteleri) sensörleri kullanılmış ve bu çalışmalar GPS ile IMU ünitelerinden alınan verilerin etkin bir şekilde bütünleştirilmesi üzerinde odaklanmıştır. Bu amaçla çeşitli algoritmalar geliştirilmiş ve en çok kullanılan Kalman filtresi, yapay sinir ağları, bulanık mantık gibi teknikler üzerinde durulmuştur. Bu tez çalışmasında ise tüm navigasyon görevlerinin yerine getirilebilmesi için sadece GPS sensörü kullanılmıştır. Bu sayede hem daha ekonomik hem de sensörlere bağımlılığı daha az olan bir mobil robot geliştirilmiştir.

Özet olarak bu tez çalışmasında;

- Arduino kullanılarak GPS alıcıları Lego NXT robot kitiyle çalışabilir hale getirilmiş,



- Lego robot kitlerine son kullanıcı tarafından farklı sensörler eklenebilmesinin de önü açılmış,
- Lego NXT robot kitine eklenen GPS sensörüyle, mobil robotun açık ve arazi şartlarının sabit tutulduğu bir test alanında, oransal bir kontrol algoritması kullanılarak navigasyon görevini yapması sağlanmış,
- Mobil robotlarda IMU sensörleri kullanmadan gerçekleştirilen navigasyonun etkinliği incelenmiş,
- Disiplinlerarası bir konu olan ve Türkçe literatürde hakettiği yeri bulmamış mobil robot navigasyonu konusunda bilgi birikimi oluşturulmuştur.

Tezin organizasyonunda; ikinci bölüm olan literatür bilgileri kısmında tezdeki bütünü oluşturan konular kendi içerlerinde ele alınmıştır ve literatürdeki yerleri incelenmiştir. Üçüncü bölüm olan Materyal ve Metot kısmından tasarlanan ve gerçekleştirilen mobil robotun mekanik kısımları, elektronik donanımı ve yazılımı hakkında bilgiler bir arada toplanmıştır. Bulgular kısmında hem geliştirilen GPS sensörünün Lego NXT ile çalışması ve bu çalışma sonucunda elde edilen veriler incelenmiş, hem de IMU kullanılmadan yapılan navigasyon işlemine ait test sonuçlarına yer verilmiştir. Son olarak sonuç ve öneriler kısmında tez kapsamında yapılan çalışmaların sonuçları sunulmuş, çalışma bir bütün olarak yorumlanmış, çalışmanın geneli hakkında bir değerlendirme yapılmış ve gelecek çalışmalarda neler yapılabileceğinden bahsedilmiştir.

## 2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

### 2.1 Lego Mindstorms Robot Kitleri

Teknik anlamda bir robotu meydana getirebilmek için mekanik, elektronik ve yazılım bir araya getirilmelidir. Bu süreç karmaşık ve profesyonellik gerektiren zor bir süreçtir. Robotik alanda eğitim vermekte aynı sebeplerden dolayı oldukça zordur. Bu durumu tersine çevirmek amacıyla ortaya çıkan Lego Robotics çalışmalarına 1980'li yıllarda başlamış ve Massachusetts Institute of Technology (MIT) araştırmacılarının da desteğiyle 1986 yılında ilk bilgisayar kontrollü Lego ürününü duyurmuştur. 1988 yılında ilk akıllı tuğla geliştirilmiştir. Akıllı tuğla bir robotta bulunması gereken elektronik donanımın, giriş ve çıkış birimlerinin bulunduğu programlanabilir bir donanımdır. Akıllı tuğla bu özellikleri ile endüstride kullanılan PLC sistemlerine benzetilebilir.

Bu gelişmelerden sonra 1998 yılında Lego Mindstorms RCX piyasaya sürülmüş ve aynı yılın sonlarında Amerika ve İngiltere'de ortaöğretim öğrencileri arasında robot yarışmaları düzenlenmiştir. 1998 – 2005 yılları arasında Lego firması RCX kitleri için çeşitli genişleme kitlerini piyasaya sürmüş ve yarışmalarda tüm dünya genelinde artış göstermiştir. 2005 yılında bu alanda ilk dünya şampiyonası Atlanta'da düzenlenmiştir.

2006 yılında Lego Mindstorms NXT robot kiti satışa sunulmuş bunun akabinde 2007 yılında düzenlenen Lego liginde 100.000 katılımcı sayısına ulaşılmıştır. 2009 yılında bu tez çalışmasında da kullanılan Lego Mindstorms NXT 2.0 kiti yayınlanmıştır. 2013 yılında ise bu alanda günümüzde de güncelliğini koruyan Lego Mindstorms EV3 robot kiti Lego Robotics tarafından satışa sunulmuştur (İnt.Kyn.2).

Lego Mindstorms NXT, Massachusetts Institute of Technology (MIT) araştırmacılarının, robot geliştirme ve eğitim sürecinde bireylere bir takım kolaylıklar sunmak için tasarladıkları, robotun oluşturulması aşamasında gerekli tüm malzemeleri bünyesinde barındıran ve programlanması kolay olan robot eğitim setidir (Yalçın 2012).

Literatürde Lego Mindstorms robot kitleri ile yapılan akademik çalışmalara ve bazı navigasyon içeren otonom robot çalışmalarına yer verilmiştir. Lego mindstorms robot kitleri ile eğitim üzerine yapılan çok sayıda akademik çalışma vardır. Bu tez çalışmasında literatür araştırması kapsamında daha çok mühendislik ve robotik alanlarında yapılan çalışmalara değinilmiştir.

Karabulut (2016) doktora tez çalışmasında delta robot temelli bir otomasyon sistemi tasarlamış, tasarladığı robotun donanımlarını ise Lego NXT robot kitinden oluşturmuştur. Karabulut çalışmasında dokunmatik ekrana sahip cihazların test işlemlerini otonom hale getirmeyi amaçlamıştır.

Alhmiedat ve arkadaşları (2013) tarafından yapılan çalışmada, görme engelli bireylerin yaşam alanlarında yönlerini bulabilmeleri ve engellerden kaçınabilmeleri amacıyla bir bina içi navigasyon sistemi Lego Mindstorms NXT robot kitleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada Lego NXT kitiyle yapılan otonom robotun, görme engelli bireylerin bu amaçla kullandıkları evcil hayvanların yerini doldurması ve robotun engelli bireylere rehberlik etmesi amaçlanmıştır.

Pinto ve arkadaşları (2012) tarafından yapılan çalışmada otonom robotlar için navigasyon problemine değinilmiş ve kalman filtresi yönteminin problem üzerine uygulanışı Lego NXT platformunda gerçekleştirilmiştir. Çalışmada öğrencilere kalman filtresi tekniğinin daha kolay öğretilmesi amaçlanmıştır.

Hamada ve Sato (2011) tarafından yapılan çalışmada Lego NXT robot kiti kullanılarak oyun tabanlı bir simülasyon ortamı geliştirilmiştir. Bu ortam sayesinde öğrenenlerin bilgisayar üzerinde yaptıkları çizimlerin sonuçlarını gerçek hayatta gözlemeleri amaçlanmaktadır.

Santos (2008), yüksek lisans tez çalışmasında mobil robotlarda navigasyon problemini ele almış ve Lego NXT robot kitini akıllı telefon üzerinden çalıştırdığı çeşitli navigasyon algoritmaları ile kontrol etmeyi amaçlamıştır.

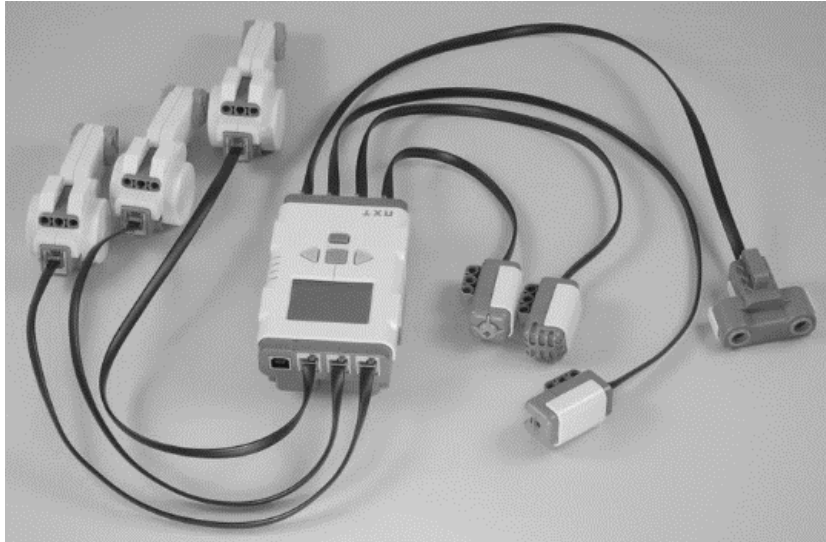
Fidan ve Yalçın (2012), çalışmalarında Lego NXT eğitim Kitinin bir ders materyali olarak kullanılabilmesi amacıyla bir dizi deney f6y6u geliştirerek eğitim 6đretim faaliyetleri kapsamında kullanılabilir bir ders materyali geliştirmişlerdir.

### 2.1.1 Lego NXT Robot Kitinin Donanımları

Lego NXT 2.0 robot kitinde;

- 32 bit ARM7 mikroşlemcisine sahip Lego NXT akıllı tuğlası,
- 6c adet servo motor,
- Birer adet; ses, dokunma, ışık, renk ve kızıl6tesi sens6rleri,
- Farklı robotlar oluşturmada kullanılabilir muhtelif miktarda ve kolayca s6k6l6p takılabilen mekanik bileşenler bulunmaktadır (Fidan ve Yalçın 2012).

Akıllı tuğla 6zerinde, 4 adet sens6r girişi, 3 adet motor 6ıkışı, 1 adet USB programlama portu, LCD ekran, başlatma/onay butonu, durdurma/iptal butonu ve men6ler arasından ge6iş yapılabilmesi için sağ – sol y6n butonları bulunmaktadır. Resim 2.1’de motorlar ve sens6rler NXT akıllı tuğlasına bağlanmış halde g6r6lmektedir.

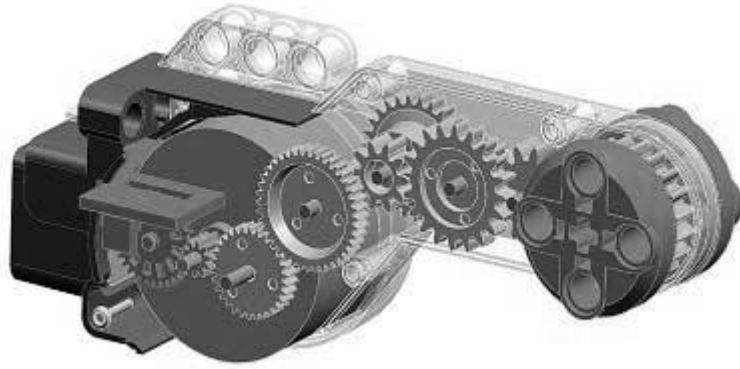


**Resim 2.1** Lego NXT akıllı tuğlası ve giriş 6ıkış birimleri (İnt.Kyn.3).

Servo motorlar, programlanabilir mile sahip, k6c6k ve g6c6l6 motorlardır. Servo motora, belirli kodlar g6nderilerek bu milin pozisyonu istenilen açıda değiştirilebilir. Giriş

hattındaki kodlu sinyal var olduğu sürece, servo milin pozisyonu kodun istediği Şekilde sabit tutulur. Kodlar deđiŐtikĉe milin aĉısal pozisyonu deđiŐir. Gömülü kontrol devrelerine sahiptir ve mekanik gücü orantılı olarak harcar. Lego nxt robot kitinde ĉ adet servo motor vardır (Yalĉın 2012).

Doğru akım motorları genellikle yüke doğrudan bağlanamayacak kadar hızlı dönerler. Tork değerini artırırken hızı azaltmak iĉin dişli kutularının kullanılması gereklidir. NXT servo motorları kendi iĉlerinde dişli redüksiyon sistemlerine sahip olarak gelmektedir. NXT motorları dişli redüksiyon ve geri bildirim sistemlerinin gĉl bir kombinasyonudur. Dişli redüksiyon sistemi sekiz farklı diŐliden oluşmaktadır ayrıca motorun en arkasındaki diŐlinin bulunduğu kısımda enkoder bulunur. NXT servo motorlarındaki dişli sistemleri sayesinde ĉıkıŐ milindeki bir tam tur enkoderler ile 1 derece olarak algılanır (Gasperi and Hurbain 2009). NXT servo motorları darbe genişlik modülasyonu (PWM) tekniğiyle kontrol edilir ve NXT sistemi iĉerisinde kendi motor sürücülerini barındırmaktadır. Resim: 2.2’de Lego NXT servo motorunun iĉ yapısı ve dişli sistemi görülebilmektedir.



**Resim 2.2** Lego NXT servo motorunun yapısı (Gasperi and Hurbain 2009).

### **2.1.2 Lego NXT Robot Kitinin Programlanması**

Lego NXT robot kitiyle birlikte Mindstorms NXT Education robot programlama yazılımı standart olarak sunulmaktadır. Bu yazılım giriş seviyesi bir görsel programlama yazılımıdır ve eğitim amacıyla kullanımı oldukĉa yaygındır.

Mühendislik alanında çalışmalar yapılması açısından Lego NXT programlamada kullanılabilen başlıca yazılım dil ve platformları ise; Java (Lejos), C (RobotC), C# (Microsoft Developer Studio), .Net (Microsoft Robotics Studio) ve NI Labview (Labview for Lego Mindstroms Toolkit) şeklindedir.

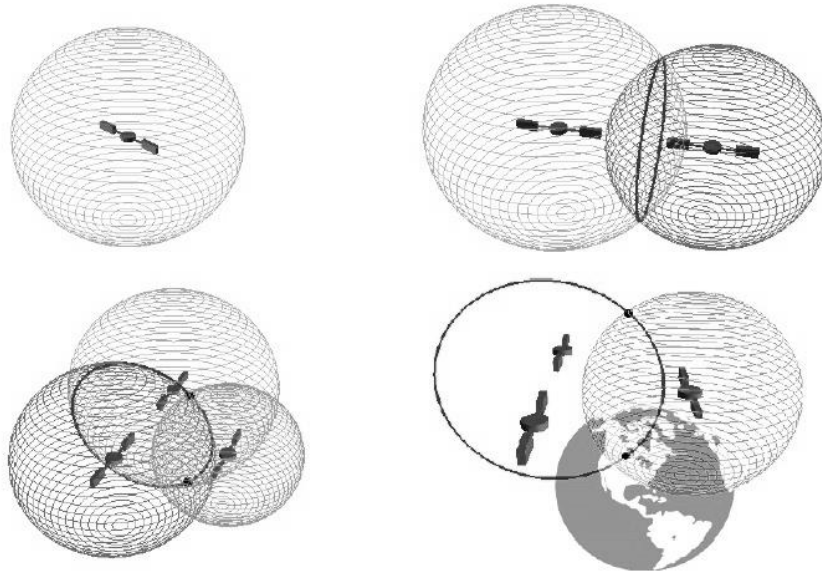
## **2.2 Küresel Konumlama Sistemi (GPS)**

Navigasyon, bir nesneyi bulunduğu konumdan farklı bir konuma ulaştırabilmek için kullanılan yer, yön ve hız belirleme tekniğidir. İnsanoğlu zaman içerisinde Dünya üzerinde bulunduğu konumlarını belirleyebilmek için ilk olarak yıldızları kullanmıştır. Radyo sinyallerinin geliştirilmesiyle birlikte bugün kullandığımız GPS teknolojisinin de temelleri atılmıştır (Parkinson and Spilker 1996).

### **2.2.1 GPS Sisteminin Temel Çalışma Prensipleri**

Geometrik olarak bir noktanın konumu, konumu bilinen üç farklı nesneye olan uzaklıklar biliniyorsa hesaplanabilir. GPS sistemleri de bu prensiple çalışmaktadır. GPS sistemi prensipte altı yörüngesel düzleme dörder adet yerleştirilmiş 24 adet uydudan oluşur ancak günümüzde 32 adet GPS uydusu aktif olarak çalışmaktadır (Korkmaz 2012). GPS uyduları sürekli olarak kendi konumlarının hesaplanabilmesini sağlayan sinyalleri, L1 (1575,42 MHz) ve L2 (1227,6 MHz) frekans bantlarında yayınlamaktadır. Burada iki adet taşıyıcı sinyal kullanılmasındaki amaç GPS alıcılarının hızlı kalibre edilebilmesi ve iyonosfer tabakasından kaynaklanan hataların azaltılmasıdır. Her GPS uydusu bu frekans bantlarında çalışmaktadır. GPS alıcıları bu sinyalleri çözümüyle hem uydunun konumunu hem de sinyalin alıcıya ulaşma zamanı da dikkate alınarak alıcıyla uydu arasındaki mesafeyi belirler. Bu sistem temelde sinyalin uydudan çıkış zamanı ve alıcıya ulaşma zamanı üzerine kuruludur çünkü bu arada geçen zamanın ışık hızıyla çarpılması sonucunda uydu ile alıcı arasındaki uzaklık belirlenir. Bütün GPS uyduları birbirleriyle eş zamanlıdır ancak GPS alıcıları uydular ile eş zamanlı olmayabilir ve bu durumda hesaplanan mesafelerde bu eşzamansızlık ile orantılı olarak hatalı olur. GPS alıcısının çalışabilmesi için en az üç adet uydudan sinyal alması yeterlidir ancak eşzamansızlıktan kaynaklı hataları azaltmak için dördüncü bir uydudan

da sinyal alınması gereklidir. Her GPS uydusundan alınan veri alıcı konumuna dair bir çember meydana getirir ve alıcının konumu bu çemberlerin yerküre üzerinde kesiştiği tek nokta üzerinde olur, bu durum Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Ne kadar çok uydudan veri alınırsa bu çemberlerin kesişim noktası o kadar daralacağı için uydu alıcısından elde edilen konum bilgisinde gerçek konuma daha yakın olacaktır. Aynı zamanda GPS sistemlerinde uzay, kontrol ve kullanıcı kaynaklı birçok hata etmeni vardır. Bu nedenle GPS alıcılarından elde edilen konum bilgisi belirli bir hata alanı içerisinde düşünülmelidir (Zubaroglu 2013, Kaplan *et al.* 2006).



Şekil 2.1 Küresel Konum Belirleme Sisteminin çalışma prensibi (Zubaroglu, 2013).

## 2.2.2 Coğrafi Koordinat Sistemi

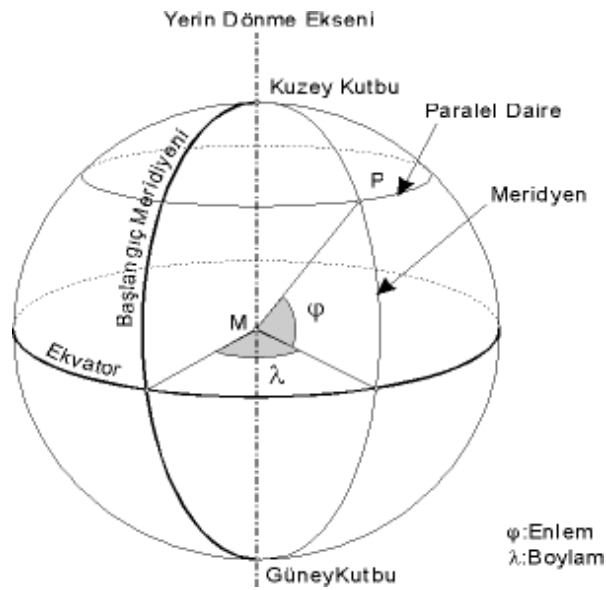
Küresel koordinat sisteminde yerküre üzerindeki bir nokta enlem, boylam ve yarıçap bileşenleriyle ifade edilir. Dünyanın yüzeyi üzerinde her noktada yarıçapın aynı ve 6.371 km olduğu kabul edilir. Dolayısıyla yerküre üzerindeki herhangi bir noktanın konumu bu sistemde sadece enlem ve boylam bilgileriyle ifade edilebilmektedir.

Enlem ( $\phi$ ), yerküre üzerindeki bir noktanın yerküre merkezinden ölçülmek üzere ekvatora olan açısıdır. Aynı enlem açılarını birleştiren paralel çizgilere Enlem çizgileri ya da paralel denir. Kuzey Kutbu  $90^{\circ}\text{N}$ ; Güney Kutbu  $90^{\circ}\text{S}$  olup  $0^{\circ}$  paraleli ya da

enlemi de ekvator olarak adlandırılır. Böylece ekvator yerküreyi kuzey ve güney yarıkürelerine böler.

Boylam ( $\lambda$ ), yerküre üzerindeki bir noktadan geçerek iki kutbu birleştiren boylam çizgisi ya da meridyenin, Greenwich'den geçen referans ya da başlangıç meridyeni ile arasında olan açıdır (İnt.Kyn.4).

Yerküre üzerinde belirli bir noktanın koordinatlarının ifade edilmesinde sırasıyla enlem ve boylam değerlerini belirten ( $\phi$ ,  $\lambda$ ) şeklinde bir değer çifti kullanılır. Şekil: 2.2'de P noktasının konumu  $P(\phi, \lambda)$  şeklinde ifade edilir. Enlem ve boylam değerleri derece, dakika ve saniye şeklinde ifade edilir. Dakika değeri bir derecenin 1/60'mı, saniye değeri ise dakika değerinin 1/60'mı ifade eder.



Şekil 2.2 Coğrafi koordinat sisteminde enlem ve boylam ifadeleri.

### 2.2.3 GPS Alıcısı

GPS sistemini kontrolü altında tutan ABD savunma bakanlığı, bu sistemin kullanımının kısıtlanması ve korunması amacıyla GPS kullanıcılarını PPS (Precise Positioning Service) ve SPS (Standart Positioning Service) adı altında iki gruba ayırmıştır. Taşıyıcı sinyallerden L1 üzerinden, 1.023 MHz frekansındaki C/A-Kod (Course Acquisition) ve



10.23 MHz frekansındaki P-Kod (Precise) ile navigasyon mesajı yayınları yapılmaktadır. L2 taşıyıcısı üzerinde ise sadece P-Kod ve navigasyon mesajı bulunur (Bao and Tsui 2000).

PPS kullanım izni olan kullanıcılar diğer sinyallerden daha hızlı ve hassas olarak konum bilgisi sağlayan P-Kod sinyallere doğrudan ulaşabilmektedir. P-Kod Anti – Spoofing olarak adlandırılan bir şifreleme tekniğiyle şifrelenmiştir. P-Kod alıcıların kullanımı ABD savunma bakanlığına bağlıdır ve askeri amaçlarla kullanılır. SPS kullanıcı grubu ise sivil kullanıcılarıdır. Sivil GPS alıcıları L1 ve L2 taşıyıcı sinyallerinden gelen C/A kodlarını kullanarak konum belirlerler (Bao and Tsui 2000).

Uydulardan gönderilen navigasyon mesajlarını içeren radyo sinyalleri yerküre üzerindeki tüm alıcılara ulaşır. PPS kullanım izni olan askeri uydu alıcıları santimetreler seviyesinde hassas konum belirleyebilirken, sivil uydu alıcıları ancak metreler düzeyinde hassas konum belirleyebilmektedir.

Bu tez çalışmasında Globalsat EM-411 GPS alıcısı kullanılmıştır. GPS alıcısı seçilirken göz önünde bulundurulmuş en önemli unsurlar konum belirlemedeki hassasiyet ve maliyet olmuştur. EM-411 hem GPS alıcılarında yüksek performans veren SIRF Star III yongasına sahiptir, maliyeti de piyasada bulunan diğer GPS alıcılarına göre nispeten daha düşüktür. GPS alıcılarının enerjisi kesildikten sonra tekrar açıldığında uydulara odaklanabilmesi için belirli bir süre geçmesi gerekmektedir. Bu sürenin de düşük olması EM-411 GPS alıcısını öne çıkaran bir diğer özelliği olmuştur. Ayrıca bu tez çalışmasında GPS sensörünün Lego NXT ile kullanılması amaçlandığından alıcının boyutları ve dahili seramik anteni olması gibi diğer donanımsal özellikleri de göz önünde bulundurulmuştur.

#### **2.2.4 NMEA 0183 Protokolü**

NMEA 0183; deniz sistemlerinde kullanılan derinlikölçer, sonar, pusula, otomatik pilot, GPS alıcıları gibi elektronik cihazlar arasındaki iletişimde kullanılan ASCII tabanlı seri haberleşme protokolüdür. Amerika’da kurulan Ulusal Deniz Elektronik Birliği

(National Marine Electronics Association) tarafından tanımlanmıştır. NMEA 0183 standardındaki tüm mesajlar başlangıç karakteri olarak "\$" ya da "!" karakteri ile başlar ve her bir veri alanı "," karakteri ile ayrılır (İnt.Kyn.5). Örnek bir GPRMC mesajı; \$GPRMC,191436.000,A,3846.3972,N,03029.3678,E,0.00,138.30,260517,,A\*6C şeklindedir ve bu NMEA 0183 mesajından Çizelge 2.1’de görülen bilgiler çıkartılabilir.

**Çizelge 2.1** \$GPRMC başlıklı NMEA 0183 mesajının içerdiği bilgiler.

<b>Açıklama</b>	<b>Örnek</b>	<b>Tanımlanması</b>
Mesaj Başlığı	\$GPRMC	RMC: Gerekli Minimum Karakter
UTC Zaman	191436.000	Saat Dakika Saniye (19:14:36)
Durum	A	A: Data erişilebilir, V: Data Erişilemez
Enlem	3846.3972	Derece dakika (ddmm.mmmm)
N/S Göstergesi	N	N: Kuzey S: Güney
Boylam	03029.3678	Derece Dakika (dddmm.mmm)
E/W Göstergesi	E	E: Doğu W: Batı
Yere Göre Hız	0.00	Knot biriminde
Rota Açısı	138.30	Derece biriminde
Tarih	260517	Gün Ay Yıl 26 Mayıs 2017
Manyetik Değişim	003.1, W	E: Doğu W: Batı
Kontrol Numarası	*6C	Her zaman “*” ile başlar

GPS alıcılarından GP ile başlayan çok sayıda mesaj kullanıcıya iletilir. Bu mesajlardan bazıları;

- GPRMC ile başlayan mesaj; zaman, konum yön ve hız bilgilerini,
- GPGLL ile başlayan mesaj; zaman, konum ve durum bilgilerini,

- GPGGA ile başlayan mesaj; zaman, konum, erişilebilen uydu sayısı, anten irtifası gibi bilgileri içerir.

Bu tez çalışmasında GPS alıcısından alınan enlem ve boylam bilgilerinin Lego NXT kitine iletilmesi amaçlanmış ve bunun içinde GPRMC ile başlayan mesaj dikkate alınarak bu bilgiler elde edilmiştir.

### **2.3 Mobil Robot Navigasyonu**

Mobil robot navigasyon sistemleri, mobil robotların üzerlerinde kullanılan sensörlere göre sınıflandırılabilir. IMU sensörlerinin kullanıldığı mobil robot navigasyon sistemlerine bağıl navigasyon adı verilir. Bağıl navigasyon, konumu bilinen bir referans noktasından itibaren robotun tüm hareketleri IMU sensörleriyle ölçülerek gerçekleştirilir. Bu durum bağıl navigasyonda alınan mesafenin ve sürenin artmasıyla hatalarında birikimli olarak artacağı anlamına gelir. Bununla birlikte bağıl navigasyon sistemlerinin başlangıçta bir referans noktası gerektirmesi sistemin olumsuz taraflarıdır.

GPS sensörlerinin ve radyo sinyallerinin kullanıldığı navigasyon sistemlerine ise mutlak navigasyon adı verilir. Mutlak navigasyonda bağıl navigasyonda olduğu gibi ilk durum değerlerine ve referans noktalarına ihtiyaç duyulmaz. Aynı zamanda sensörlerden sürekli ve güncel veri alınarak navigasyon işlemi devam ettirildiğinden dolayı mesafeye ve zamana bağılı olarak biriken bir hata durumunda mutlak navigasyon sistemlerinde söz konusu değildir.

Görsel navigasyon tekniklerinde mobil robota entegre edilen kamera, ultrasonik sensörler, radar gibi algılayıcılar ile mobil robotun çevresinin haritasını çıkarması ve çevresindeki engellere göre gideceği yöne karar vermesi sağlanır.

Mutlak, görsel ve bağıl navigasyon yöntemlerinin olumlu taraflarının alınarak birleştirilmesi sonucu hibrid navigasyon teknikleri oluşturulmuştur. Hibrid sistemlerde GPS sensörlerinden alınan konum bilgisi sonucunda mobil robotun başlangıç durum bilgisine ve referans noktalarına olan ihtiyacı ortadan kaldırılırken, aynı zamanda

kullanılan IMU sensörleri ile de GPS sistemlerinden kaynaklı hataların azaltılması amaçlanmaktadır (Canan 2006).

Ünal (2012), doktora tez çalışmasında tarla ortamında hareket edebilen, diferansiyel sürüş sistemine sahip ve konumunu GPS ile belirleyen bir mobil robot tasarlamıştır. Tasarlanan bu mobil robot ile tarlalardaki anız yoğunluğunun ölçülebilmesi hedeflenmiştir. Çalışmada tarla üzerindeki bir noktadan başka bir noktaya hareket edebilmek için GPS sistemi kullanılmış, gidilen noktadaki anız yoğunluğunu tespit edebilmek içinse görüntü işleme yöntemlerinden faydalanılmıştır.

Hou ve arkadaşları (2012), çalışmalarında karasal mobil robotların navigasyonunda doğruluğu ve güvenilirliği artırmak amacıyla görsel navigasyon ve GPS ile navigasyon tekniklerini koordineli olarak kullanmışlardır. Görsel navigasyon kısmında ise görüntü işlemede data yükünü azaltma ve sistemin etkinliğini artırabilmek amacıyla dalgacık analizi yöntemi kullanılmıştır.

Reina ve arkadaşları (2007), çalışmalarında mobil robot navigasyonu alanında geniş bir kullanım alanı bulan kalman filtresini ele almıştır. Bu çalışmada GPS tabanlı sistemlerde çevresel ve mobil robotun dinamiklerinden kaynaklı gürültü faktörlerden dolayı mobil robotlarda doğru konum kestirmenin zorluğu ele alınmış ve sorunun çözümü için adaptif kalman filtresi yöntemi önerilmiştir.

Reyes ve arkadaşları (2015) tarafından yapılan çalışmada GPS kullanan bir mobil robotun simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Simülasyonda haritalama yapılabilmesi için SLAM algoritması kullanılmış ve çeşitli mobil robot engel kaçırma algoritmaları üzerinde denemeler yapılmıştır.

Hamid ve arkadaşları (2009), GPS ve sonar sensörüyle donatılmış, düşük maliyetli bir mobil robot geliştirmişlerdir. Çalışmada mobil robotun önceden planmış bir rota üzerinde GPS sensöründen alınan konum bilgileriyle hareketi gerçekleştirilirken, sonar sensöründen alınan veriler ile de engellerden kaçınılması amaçlanmıştır.

### 3. MATERYAL ve METOT

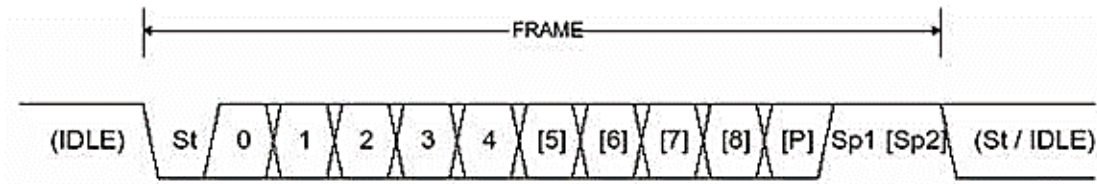
#### 3.1 Lego NXT için GPS Sensörü

Lego robot kitlerinin içeriğinde GPS sensörleri bulunmamaktadır. Bu tez çalışması kapsamında EM-411 GPS alıcı modülü Lego NXT robot kitiyle çalışabilir hale getirilmiştir.

##### 3.1.1 USART (Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter) Protokolü

GPS sensörleri USART seri haberleşme protokolünü kullanarak RX (Receive X), TX (Transmit X) pinleri üzerinden veri iletirler. USART, senkron çalışmaya da izin veren bir protokol olmasına rağmen GPS sensörleriyle mikroişlemciler arasındaki haberleşme tamamen asenkron olarak gerçekleşmektedir. Çünkü burada i<sup>2</sup>c protokolünde olduğu gibi bir saat darbe (pulse) hattı bulunmamaktadır.

USART protokolünde veri kare kare (frame) gönderilir. Her kare en az bir başlatma biti, beş ile dokuz bit arasında data biti ve bir durdurma biti içerir.



Şekil 3.1 USART haberleşmesinde data transferi (İnt.Kyn.6).

Şekil: 3.1'de USART haberleşmesinde verinin nasıl alınıp gönderildiğini göstermektedir. Herhangi bir data alınıp gönderilmediği zaman sistem bekleme (idle) durumundadır. Bu durum haberleşmede kullanılan pinin lojik bir (1) durumunda olduğunu göstermektedir. Pinin değeri lojik bir olarak kalmaya devam ettikçe bekleme (idle) durumu da devam edecektir. İletişim, pinin değerinin lojik sıfır olarak ayarlanmasıyla elde edilen bir bitlik verinin yükselen kenarıyla (st) birlikte başlatılır. Başlangıç bitinden sonraki dokuz bit ise alınmak yada gönderilmek istenen data

bitleridir. Protokolde iletişim kare kare gerçekleştiği için başlangıç bitinin yükselen kenarıyla başlatılan kare, durdurma bitinin düşen kenarıyla (sp) birlikte durdurulur. Bundan sonra sistemin lojik sıfır durumunda devam etmesi durma konumunu koruması anlamına gelirken, yükselen kenarla birlikte lojik sıfır durumunda devam etmesi idle (st/idle) durumuna geçmesi demektir. Tekrar bir kare iletiminin gerçekleşmesi için sistem tekrar idle durumuna getirilir ve aynı prosedür devam ettirilir. USART haberleşmesinde data bitlerinin bitiminde onuncu bit olarak bir eşlik biti (parity bit) gönderilebilir. Eşlik biti gönderilen datadaki ikili değerlerin toplamının tek yada çift olduğu bilgisini içeren bittir. Bu sayede veri iletiminde eşlik biti kullanılarak hata denetimleri yapılabilir.

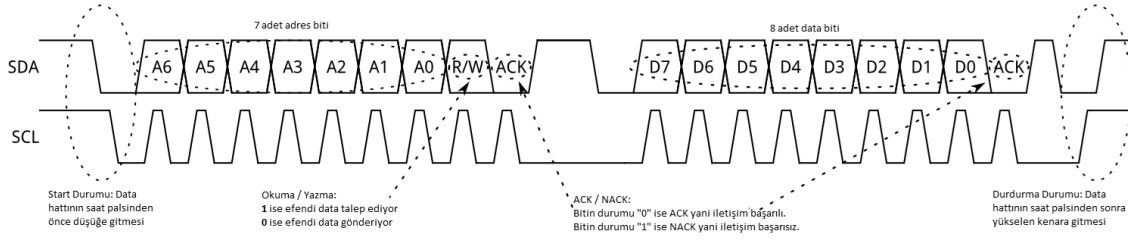
USART protokolüyle asenkron modda iletişim yapılırken datanın ne kadar hızlı geldiği (baud rate) en önemli parametredir. Baud rate ile birim zamanda ne kadar veri gönderilip alınacağı belirtilir.

Çoğu GPS alıcısı mikroişlemcilerle data alış – verişini, USART protokolüyle ve NMEA 0183 protokolünün formatına dönüştürülmüş veriler ile gerçekleştirmektedir. Bu tez çalışmasında da GPS alıcısından veriler USART protokolüyle NMEA 0183 formatında alınmaktadır.

### **3.1.2 $i^2c$ (Inter-Integrated Circuit) Protokolü**

$i^2c$  Philips tarafından geliştirilmiş, toprağa referanslı, senkron ve seri bir haberleşme türüdür ve  $i^2c$  protokolünde veri transferi üç hat üzerinden yapılır. Bu hatlar toprak, seri data (Serial Data Line SDL) ve seri saat darbesi (pulse) (Serial Clock Line SCL) hatlarıdır. SDA ve SCL hatları iki yönlü olarak çalışır yani bu hatlar üzerinden bir cihaz hem veri gönderip hem de alabilir.  $i^2c$  veri iletişimini kullanan her cihazın kendine ait eşsiz bir 7 bit adresi mevcuttur.  $i^2c$  ile haberleşecek cihazların güç bağlantıları, açık kollektörlü (open–drain) uçları üzerinden ve yukarı çekme (pull–up) dirençleriyle yapılır (İnt.Kyn.7). Bir  $i^2c$  hattına maksimum 127 adet köle (slave) cihaz bağlanabilir fakat Lego NXT kitinin donanımsal limitlerinden dolayı her giriş portuna maksimum sekiz adet köle cihaz bağlanabilmektedir (Gasperi and Hurbain 2009).

$i^2c$  protokolünde haberleşme yalnız bir adet efendi (master) ve en az bir adet köle cihaz arasında gerçekleşir. Haberleşmeyi başlatan, durduran, kontrol eden ve hangi köle cihaza veri aktarımın gerçekleşeceğini belirleyen efendi cihazdır.  $i^2c$  protokolü uzun mesafeli haberleşmelerde tercih edilmez. Genellikle kısa mesafeli ve düşük veri aktarım hızının yeterli olduğu yerlerde kullanılır. Şekil: 3.2’de  $i^2c$  iletişim protokolünün nasıl veri ilettiği gösterilmiştir.



Şekil 3.2  $i^2c$  iletişim protokolünde data transferi (İnt.Kyn.7).

### 3.1.3 Arduino

Arduino, açık kaynak kodlu bir mikrodenetleyici kartıdır. Arduino kartlarının donanımında, Atmel mikrodenetleyici ile birlikte programlama ve prototipleme için gerekli olan elektronik komponentler bir bütünü oluşturacak şekilde hazır bulunmaktadır. Bunun yanında Arduino kartlarında programlama için gerekli yazılım mikroişlemciye önceden gömülmüştür bu sayede Arduino kartları programlanırken ekstra bir programlayıcıya gerek duyulmaz.

Arduino donanımları programlanabilir bir işlemci içeren fiziksel bir donanım ile bilgisayarlara kurulabilen bir program parçasığından oluşur. Arduino IDE, java dilinde yazılmıştır. Bu program ile işlemciyi programlayacak kodlar yazılarak fiziksel donanıma aktarılabilir. Programlama dili basitleştirilmiş C++ yazılım dilidir. Arduino’yu günümüzde bu kadar popüler hale getiren ise Arduino kütüphaneleridir. Hem Arduino tarafından hem de Arduino dışındaki yazılımcılar tarafından geliştirilen ve C ve C++ dilleri kullanılarak oluşturulan kütüphaneler sayesinde, Arduino ile bir takım görevleri yerine getirmek kolaylaşmıştır. Mühendislik alanında bu kadar popüler bir geliştirme kartı olması ve geniş kullanıcı ağı sayesinde de karşılaşılabilecek olası sorunlara Arduino kullanıcılarının çözüm bulması daha kolaydır.

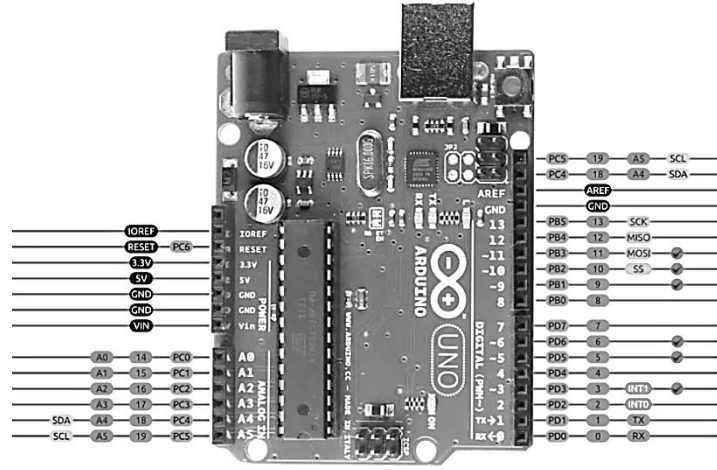
Arduino kartlarının çeşitli modelleri ve her modelin farklı özellikleri bulunmaktadır. Çok sayıda Arduino modeli bulunmakla birlikte öne çıkan iki model Arduino Uno ve Arduino MEGA modelleridir. Genel olarak bu iki model için de bir çok “shield” adı verilen donanımlar geliştirilmiştir. Bu donanımlar, Arduino ile normal şartlarda yapılamayacak işleri yapılabilir hale getiren bir takım eklentilerdir. Arduino’nun tüm pinlerine oturacak ve Arduino’yu komple kapatacak şekilde bire bir olarak tasarlandıklarından Türkçe karşılığı kalkan olan shield adı verilmiştir.

### **3.1.3.1 Arduino Uno R3**

Arduino Uno R3, altı tanesi PWM (Pulse Width Modulation-Darbe Genişlik Modülasyonu) çıkışı olarak kullanılabilen üzere on dört dijital giriş/çıkış pinine ve altı adet analog girişe sahiptir. Atmel 328p mikrodenetleyicisi ve 16MHz kuartz kristal osilatörü ile çalışmaktadır.

Bu tez çalışmasında, NMEA 0183 formatında ve USART protokolüyle gelen GPS verilerini almak, gerekli bilgileri ayrıştırmak ve i<sup>2</sup>c protokolüyle Lego NXT robot kitine göndermek amacıyla Arduino Uno R3 modeli kullanılmıştır. Bu modelin tercih edilmesinde amaç, prototiplemeyi yaparken gelişebilecek olası durumlara hazırlıklı bir geliştirme kartı olmasıdır. İlerleyen aşamalarda Arduino Nano veya Pro gibi daha küçük modeller kullanılarak veya baskı devre yöntemiyle sıfırdan devre tasarlanarak geliştirilen sensörün boyutları minimize edilebilir. Resim: 3.1’de Arduino Uno’nun üstten görünümü ve pin çıkışları görülmektedir.

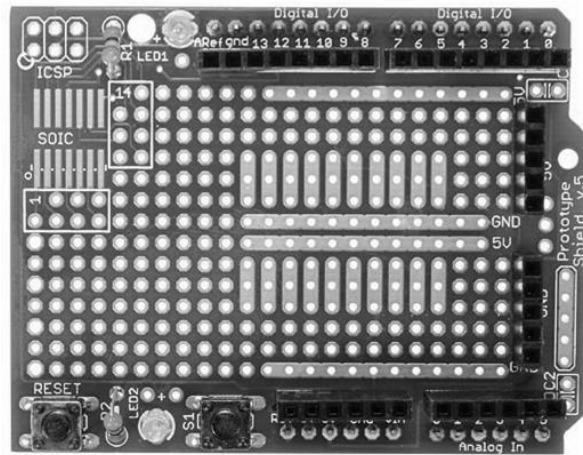




**Resim 3.1** Arduino Uno R3 üstten görünümü ve pin çıkışları (İnt.Kyn.8).

### 3.1.3.2 Arduino Uno R3 Prototipleme Kalkanı

Prototipleme kalkanı Arduino projelerinde prototipleme sürecini kolaylaştırmak amacıyla geliştirilen, üzerinde Arduino'ya ait tüm pinler ile birlikte lehim yapılabilecek, delikli pertinaks yapısında bir alanı da barındırmaktadır. Bu tez çalışmasında da prototipleme kalkanıyla Arduino Uno'nun pinleri bir üst kata taşınmış ve gerekli bileşenlerin lehimleme işlemleri kalkan üzerinde yapılmıştır. Resim: 3.2'de çok çeşitli prototipleme kalkanları arasından bu çalışmada kullanılan prototipleme kalkanı görülmektedir.



**Resim 3.2** Arduino Uno R3 prototipleme kalkanı üstten görünümü.

### 3.1.4 GPS Almaçlı Elektronik Devre

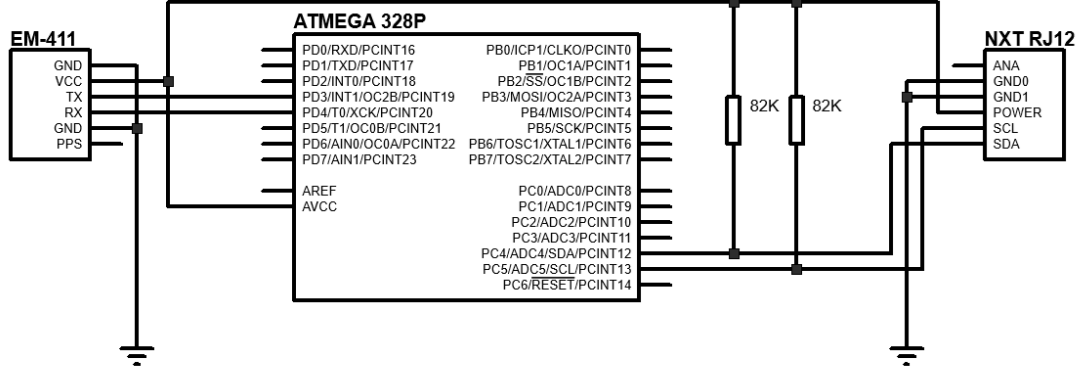
Lego NXT robot kitinin akıllı tuğlası 4 adet giriş portuna sahiptir ve aynı zamanda tüm giriş portları i<sup>2</sup>c bağlantı kanalları olarak kullanılabilir. Lego NXT tuğlalarına USB haricindeki tüm girişlerin ve motor çıkışlarının bağlantıları RJ12 tipi konnektörler ile yapılmaktadır ancak Lego NXT kitlerinde kullanılan RJ12 konnektörlerinin dış kısmı ortada değil yanda bulunmaktadır. Bu durumdan dolayı elektronik devre yapımını için uygun soket temin edilememiştir. Çözüm olarak bağlantı kablosunun bir ucu kesilmiş ve devreye lehimlenmiştir.

Lego NXT robot kitinin giriş portlarında i<sup>2</sup>c protokolü için gerekli olan yukarı çekme (Pull-Up) dirençleri bulunmamaktadır. Bununla birlikte Lego NXT donanım geliştirme kitinde i<sup>2</sup>c haberleşmesi için kullanılması gereken yukarı çekme dirençlerinin değeri 82KΩ olarak önerilmiştir. Bu doğrultuda oluşturulan devrede de yukarı çekme direnç değerleri 82KΩ olarak belirlenmiş ve kullanılmıştır.

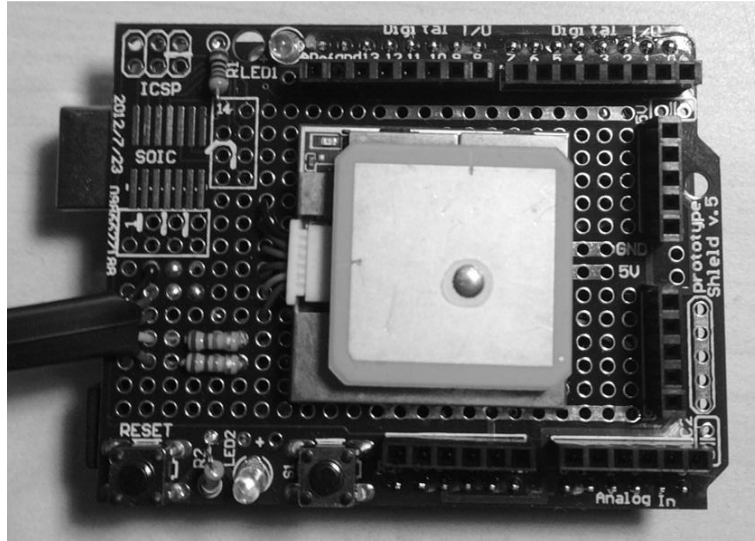
Lego NXT akıllı tuğlasının beslemesinde altı adet AA tipi pil yada Lego NXT kitine ait tekrar şarj edilebilir lityum batarya kullanılabilir. Bu tez çalışmasında Lego NXT kitine ait batarya daha uzun bir kullanım ömrü sunduğu için tercih edilmiş ve kullanılmıştır.

Geliştirilen devrede GPS alıcısının ve Arduino Uno kartının beslemeleri Lego NXT giriş portlarındaki 4.3V seviyesindeki güç çıkışı üzerinden yapılmıştır, bu seviye GPS alıcısının ve Arduino Uno'nun çalışabilmesi için yeterli olduğundan harici bir güç kaynağına gereksinim duyulmamıştır.

Şekil: 3.3'de geliştirilen devrenin şeması görülmektedir, Resim 3.3'de ise bu şemaya göre prototipleme kalkanı üzerinde oluşturulan devre görülebilmektedir.



Şekil 3.3 Geliştirilen GPS sensörünün elektronik devre şeması.



Resim 3.3 EM-411 GPS alıcısıyla, prototipleme kalkanı üzerinde oluşturulan elektronik devre.

### 3.1.5 Arduino i<sup>2</sup>c Veri Gönderme Yazılımı

Gerçekleştirilen devrede Arduino, GPS sensöründen gelen verileri almak, ayrıştırmak, enlem ve boylam değerlerini belirlemek ve belirlenen koordinatları i<sup>2</sup>c protokolü için uygun formata dönüştürerek Lego NXT robot kitine göndermek amacıyla kullanılmıştır. Oluşturulan yazılımda, GPS sensörüyle USART formatında haberleşmeyi başlatabilmek için SoftwareSerial kütüphanesi, NMEA 0183 formatında gelen GPS verilerini ayrıştırmak ve bu bilgilerin içerisinde enlem ve boylam değerlerini belirlemek amacıyla TinyGPS++ kütüphanesi, ayrıştırılan verileri Lego NXT robot kitine gönderebilmek için de Wire kütüphanesi kullanılmıştır.

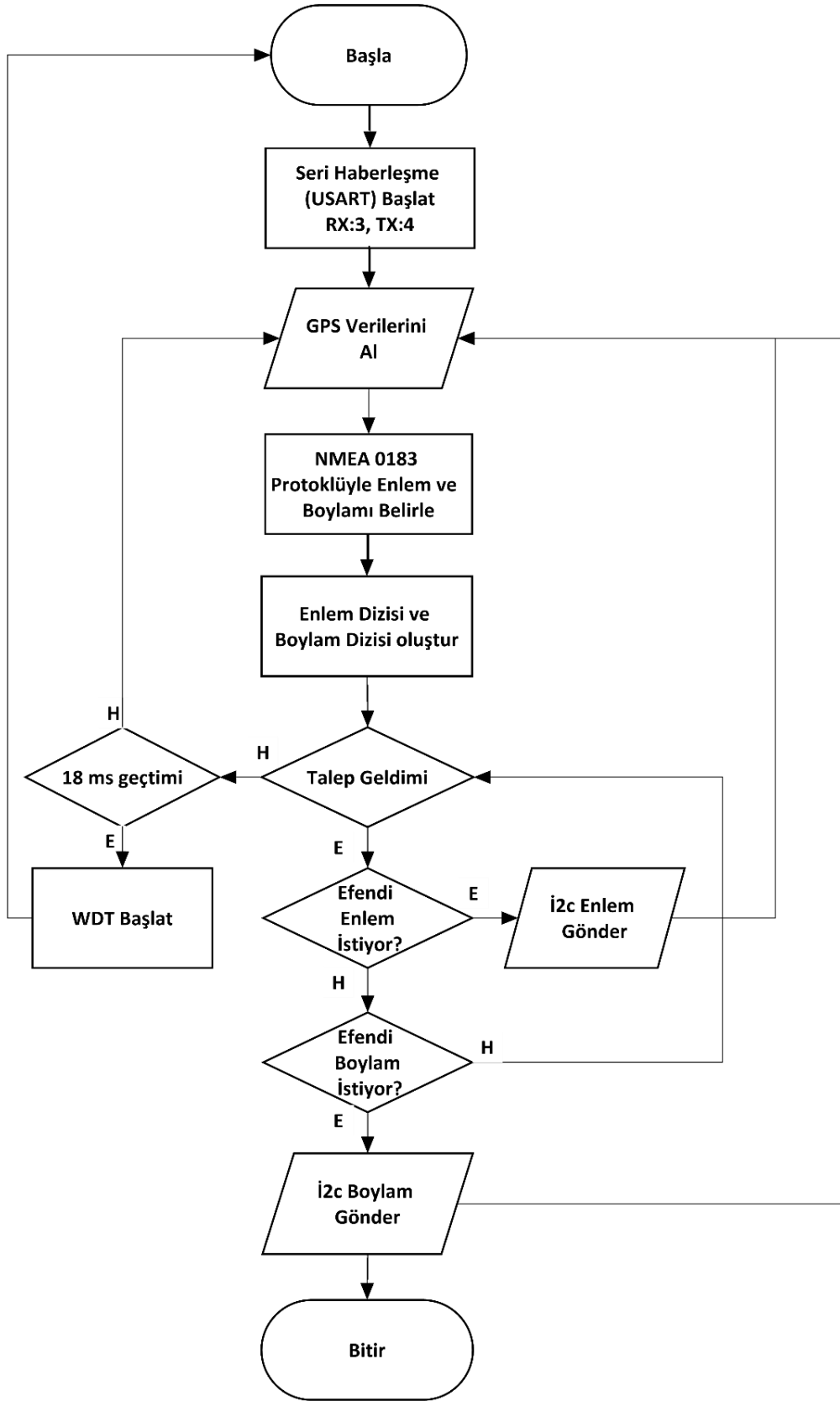
Prototipleme aşamasında, belirsiz bir süre sonunda Arduino ve Lego NXT robot kiti arasındaki haberleşmenin durması ve Arduino resetlenmediği sürece yeniden devam etmemesi şeklinde bir sorunla karşılaşılmıştır. Bu sorunun çözümü için de WDT (Watchdog Timer- Gözleyici Zamanlama devresi) kullanılmıştır. WDT'yi Arduino'da aktif hale getirebilmek için ise avr/vdt kütüphanesi kullanılmıştır.

WDT, Arduino ve Lego NXT robot kiti arasındaki haberleşme durduktan çok kısa (18 ms) bir süre sonra devreye girerek programı yeniden başlatmaktadır. Bu durumun Arduino ve Lego NXT arasındaki haberleşmede zamanlama sorunu ortaya çıkarmasını engellemek amacıyla da Lego NXT yazılımına 100 ms gecikme eklenmiştir.

Arduino için geliştirilen yazılımda öncelikle GPS sensöründen NMEA 0183 formatında gelen veriler alınarak ayrıştırılmakta, enlem ve boylam verileri ondalık formatta elde edildikten sonra  $i^2c$  protokolüyle gönderebilmek için on bitlik diziye dönüştürülmektedir.

Lego NXT robot kiti,  $i^2c$  protokolünde daima efendi durumunda olacak şekilde üretilmiştir (İnt.Kyn.9). Bundan dolayı geliştirilen sistemde Arduino her zaman köle durumundadır. Arduino ve Lego NXT arasındaki veri alışverişini, Lego NXT istediği bilgiyi talep ederek başlatmaktadır. Arduino öncelikle talebin gelmesini beklemekte sonrasında enlem verisinin mi boylam verisinin mi talep edildiğini belirlemekte ve belirlenen veriyi on bitlik dizi formatında  $i^2c$  protokolüyle göndermektedir (Gasperi and Hurbain 2009). Gönderim sırasında dizinin içine GPS alıcısından gelecek olan yeni verilerin yazılmasını dolayısıyla oluşacak veri karmaşıklığını engellemek açısından gönderilecek dizi her döngüde yeniden tanımlanmaktadır.

Geliştirilen yazılıma ait algoritma diyagramı aşağıdaki Şekil 3.4'de ve yazılıma ait Arduino C++ dilinde yazılmış kodların tamamı ise Ek 1'de verilmiştir.



Şekil 3.4 Arduino i<sup>2</sup>c algoritması.

i<sup>2</sup>c protokolünde Arduino'nun köle durumundaki adresi hexadecimal olarak 0x0A, binary olarak 00001010 şeklinde belirlenmiştir. Lego NXT sistemi ise ilk yedi biti dikkate almaktadır. Bundan dolayı bu adres Lego NXT yazılımında hexadecimal olarak 0x14, binary olarak ise 00010100 olacak şekilde belirlenmiştir. Binary olarak, Arduino'nun köle adresinin son yedi biti ile Lego NXT yazılımında belirtilen köle adresinin ilk yedi biti aynıdır.

### **3.1.6 National Instruments Labview Programı**

Labview (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench), National Instruments firması tarafından geliştirilmiş bir görsel programlama platformudur. Yazılımda birtakım işleri yerine getiren fonksiyonlar bu programlama tekniğinde görsel bloklar haline getirilmiştir ve yazılım bu blokların birleştirilmesiyle oluşturulmaktadır. Labview programlama dili ise G dili olarak adlandırılmaktadır. Labview günümüzde endüstride, mühendislikte ve akademik çalışmalarda sıkça kullanılan güçlü bir programlama platformudur.

Labview temel olarak kullanıcı arayüzünü içeren bir ön panelden ve G dilinde yazılımı içeren blok diagram panelinden oluşmaktadır. Arayüz kısmında kullanıcıdan veri alınması, verilerin gösterilmesi veya grafik haline getirilmesi gibi işlemler yapılabilir. Arayüz kısmında kullanılan her aktif nesnenin blok diagram panelinde karşılığı vardır ve bir işleme tabi tutulması gerekir. Blok diagram kısmında ise G dilinde yazılım oluşturulur (İnt.Kyn.10).

Lego NXT kitiyle birlikte gelen ve robotik eğitiminde kullanılan NXT-G yazılımı da National Instruments firması tarafından geliştirilmiştir. NXT-G olarak adlandırılmasının sebebi ise yazılımın G dilini kullanmasından kaynaklanmaktadır. Ancak Lego Mindstorms kiti için geliştirilen NXT-G yazılımı bu tez çalışması gibi ileri düzey mühendislik uygulamaları için yetersiz kalmaktadır.

National Instrument, Lego NXT robot kiti için Labview platformunda da kodlanabilmesi amacıyla "Labview Toolkit for Lego Mindstorms NXT/EV3" modülünü

geliştirmiştir. Bu tez çalışmasında NI Labview 2016 programı Labview Toolkit for Lego Mindstorms modülüyle birlikte kullanılmıştır.

### 3.1.7 Lego NXT Yazılımı

Lego NXT için geliştirilen yazılım iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada GPS koordinat verilerinin Arduino'dan i<sup>2</sup>c protokolüyle alınması, ikinci aşamada ise alınan veriler ile mobil robotun oransal kontrolü gerçekleştirilmiştir. Bu başlıkta birinci aşama üzerinde durulacaktır.

Lego NXT Labview programında öncelikle i<sup>2</sup>c iletişiminin hangi port üzerinden ve hangi formatta gerçekleşeceği belirtilmiştir. Daha sonra Arduino'ya 0x00 bilgisi gönderilerek enlem talep edilmiş, 0x01 bilgisi gönderilerek de boylam talep edilmiştir. Enlem ve boylam değerleri, Lego NXT yazılımında on bitlik tamsayı (integer) dizisi şeklinde alınmakta daha sonra dizinin içindeki veriler karakter dizisi (string) şeklinde ifadeye dönüştürülmektedir. Bu işlemin sonucunda dd.mmmmmmm (d: derece, m: dakika) şeklinde karakter dizisi olarak elde edilen koordinat bilgileri ilk iki hane ve kalan yedi hane olarak ayrıştırılmaktadır. Ayrıştırmanın sonunda ilk iki hane olduğu gibi toplama işlemine dahil edilirken kalan yedi hane on milyona bölünerek toplama işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu işlemlerin sonucunda gelen koordinat bilgisi dd,mmmmmm şekline dönüştürülmüş olup değişken tipi kayan noktalı (float) olarak belirlenmiştir. Gelen verinin hatalı olduğu durumlarda herhangi bir sayısal değer ifade etmediği çalışmalar esnasında gözlemlenmiştir. Bu doğrultuda gelen koordinat bilgilerini filtrelemek amacıyla verinin 0,01 değerinden daha büyük olup olmadığı kontrol edilmiş, bu değerden daha küçük veriler reddedilmiştir. Son olarak elde edilen filtrelenmiş enlem ve boylam bilgileri oluşturulan arayüzde gösterilmekte ve ilerleyen aşamalarda kontrol amaçlı olarak kullanılacağı için küresel değişkenlere atanmaktadır.

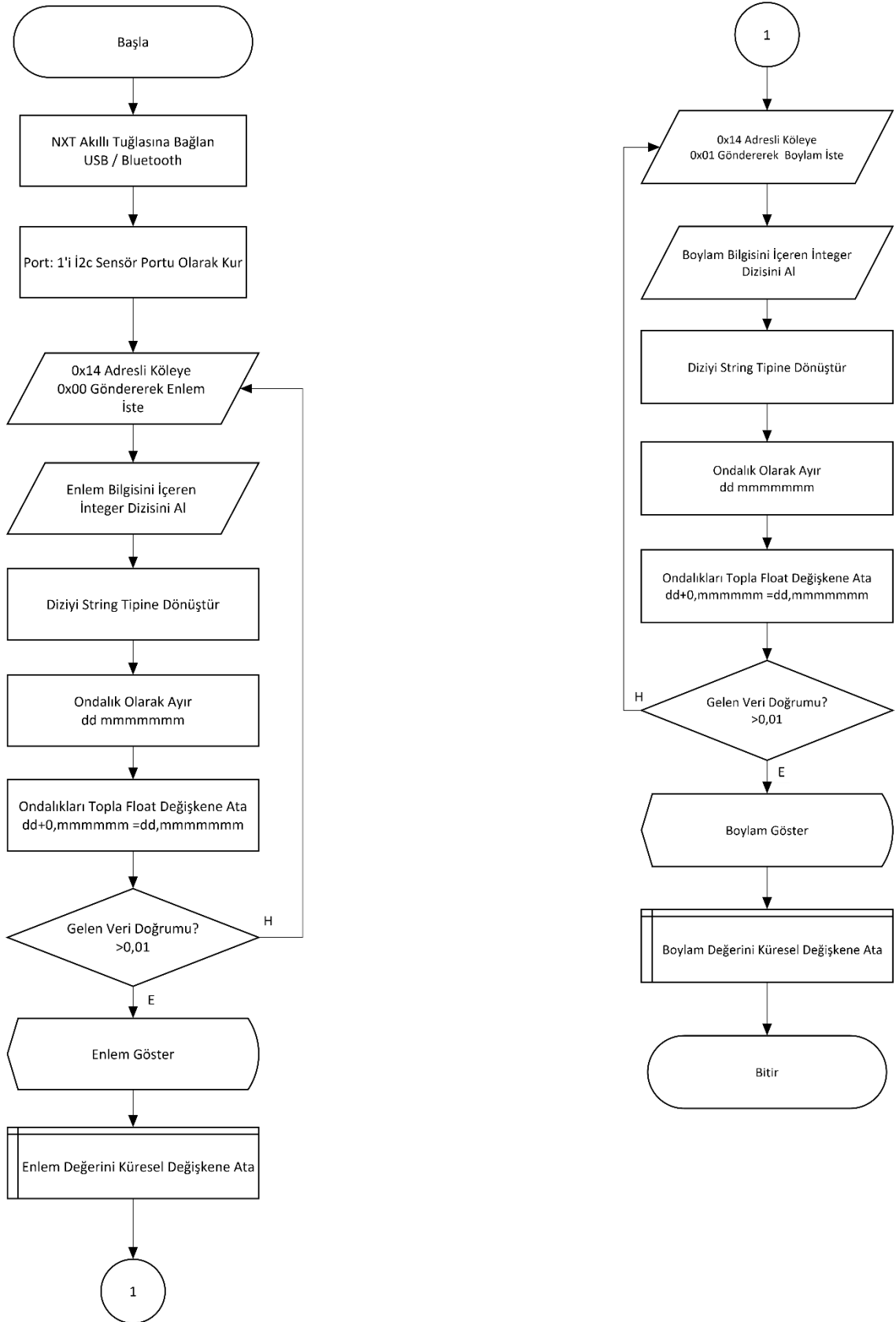
Arduino ve Lego NXT kiti arasındaki haberleşmede özetle, Lego NXT akıllı tuğlası iletişimi başlatmakta ve efendi olarak Arduino'ya emir bilgisi göndermektedir. Arduino NXT tarafından gelen emir bilgisindeki değere göre hazır bulundurduğu ve GPS alıcısından gelen veriye göre sürekli güncellediği koordinat bilgilerinden hangisini

göndereceğini belirlemekte ve göndermektedir. Sonraki aşamada Lego NXT koordinat bilgilerini almakta, gerekli format dönüşümlerini yaparak ve filtreleyerek kaydetmektedir. Bu karşılıklı veri alışverişi geliştirilen sensör sisteme bağlı ve Lego NXT robot kiti açık olduğu sürece devam etmektedir. Arduino'nun ve GPS alıcısının beslemeleri Lego NXT kitinin giriş portundan alınan 4.3V gerilim ile sağlanmaktadır. Bu sayede sistem herhangi bir harici güç kaynağına ihtiyaç duymadan çalışabilmektedir.

Bu aşamaların sonunda EM-411 GPS alıcısı, Arduino Uno R3 ve Prototipleme kalkanı kullanılarak Lego NXT robot kitiyle çalışabilen bir sensör haline getirilmiştir. Bu tez çalışmasının devamında, Lego NXT robot kitiyle oluşturulan mobil robotun, geliştirilen GPS sensörü kullanılarak belirlediği, bulunduğu konumundan, kullanıcı tarafından manuel olarak girilen hedef konuma gitmesi ve bunu IMU sensörlerini kullanmadan yapabilmesi amaçlanmıştır. Geliştirilen sensörün kararlılığına ve mobil robotun istenen hedefe ne ölçüde ulaşabildiğine dair açıklamalara, grafiklere ve çizelgelere bulgular kısmında yer verilmiştir.

Arduino ve Lego NXT robot kiti arasındaki  $i^2c$  iletişiminin gerçekleştirildiği Lego NXT yazılımına ait algoritma Şekil 3.5'de, oluşturulan yazılımın Labview blok diagramına ait görseller ise Ek 3'de verilmiştir.



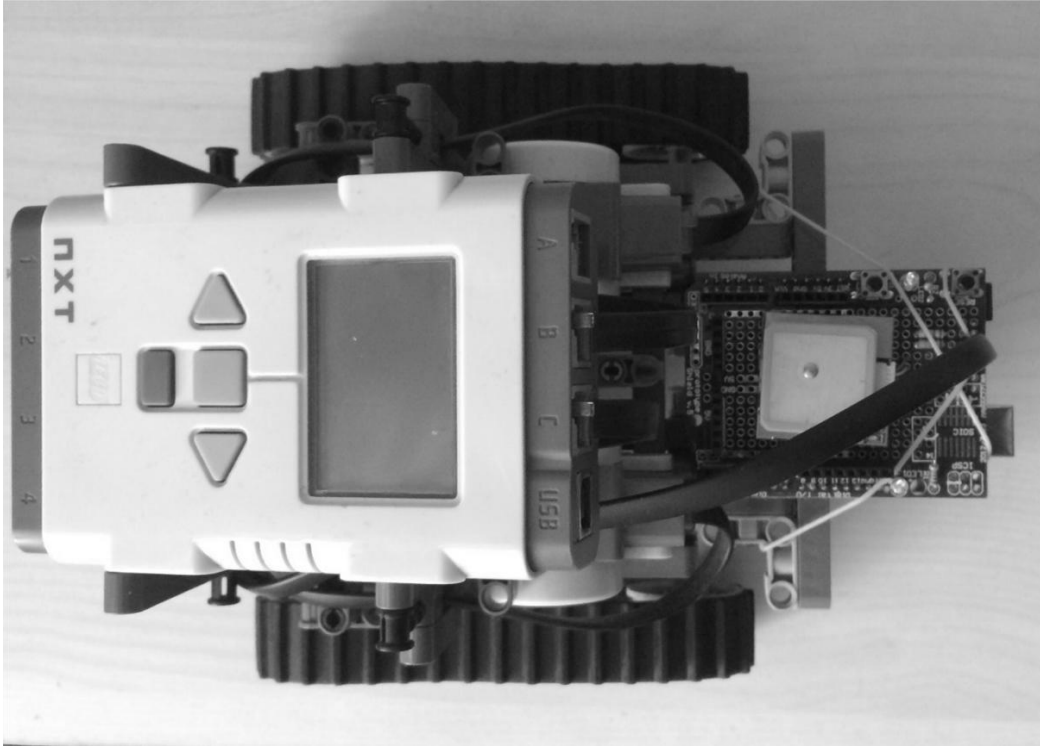


Şekil 3.5 Lego NXT i<sup>2</sup>c protokolüyle koordinat bilgilerini alma algoritması.

## 3.2 Mobil Robot Navigasyonu

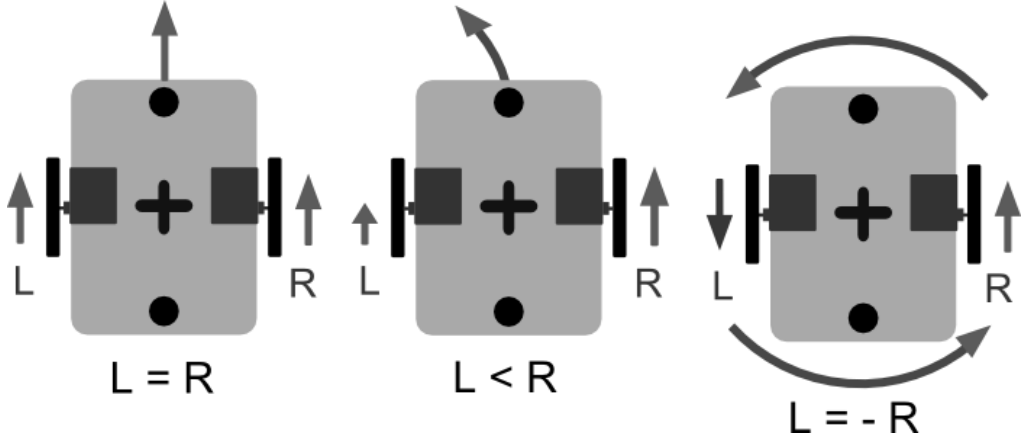
### 3.2.1 Mobil Robot Mekaniği

Mobil robot Lego Mindstorms NXT 2.0 kiti kullanılarak geliştirilmiştir. Geliştirilen mobil robotda iki adet NXT servo motoru kullanılarak diferansiyel sürüş sistemli robot yapısı tercih edilmiştir. Mobil robotta teker yerine paletli sistem kullanılarak hem daha geniş bir yüzey tutunma alanı elde edilmiş hem de dönüş hareketlerini daha dar bir ekseninde yapabilmesi sağlanarak iyi bir manevra kabiliyeti kazandırılmıştır. Aşağıdaki Resim 3.4’de Lego NXT kitiyle geliştirilen mobil robotun GPS alıcısıyla birlikte son halinin üstten görüntüsü verilmiştir.



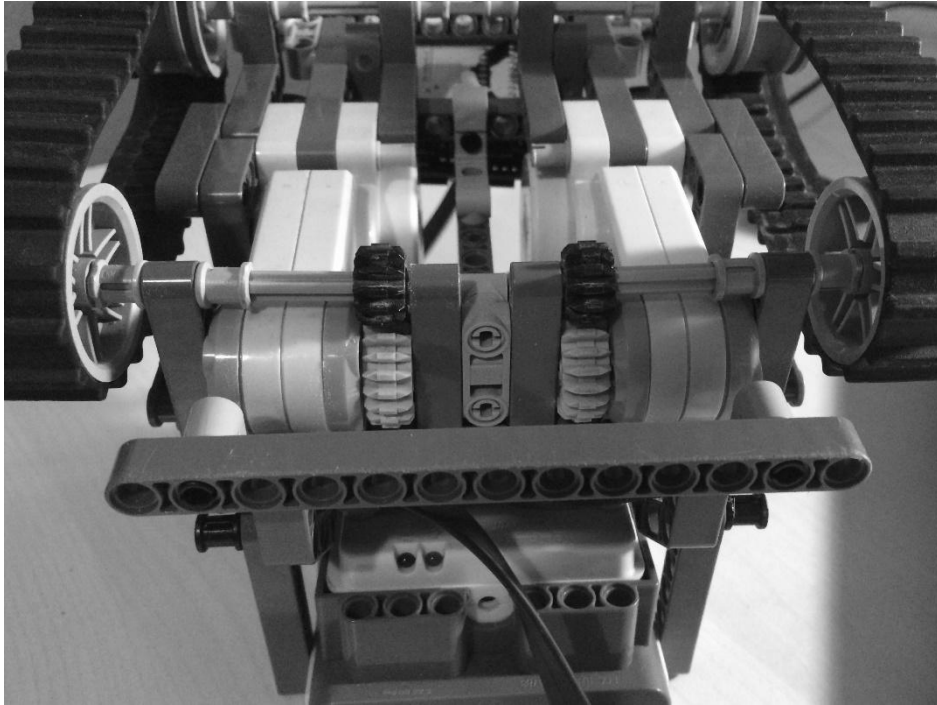
**Resim 3.4** Geliştirilen mobil robot.

Diferansiyel sürüş sisteminde sağ ve sol motorların hızları değiştirilerek mobil robotun hızı düşük olan motorun tarafına olacak şekilde dönmesi sağlanmaktadır. Aşağıdaki Şekil 3.6’da bu durum gösterilmiştir.



**Şekil 3.6** Diferansiyel sürüş sisteminde yön değişikliği (İnt.Kyn.11).

Motorlardan alınan gücün paletlere aktarılmasında dişli sistemi kullanılmıştır. Geliştirilen mobil robotta 5/3 dişli oranı kullanılmıştır. Aşağıdaki Resim 3.5’de alttan görünümü verilen mobil robotdaki açık renk büyük dişlilerin dişli sayısı yirmi, koyu renk küçük dişlilerin ise dişli sayısı on ikidir. Bu durum mobil robotun, 1/1dişli oranına göre %40 daha yavaş hareket etmesini sağlamaktadır ancak hareketlerindeki kararlılığı olumlu etkilemektedir.

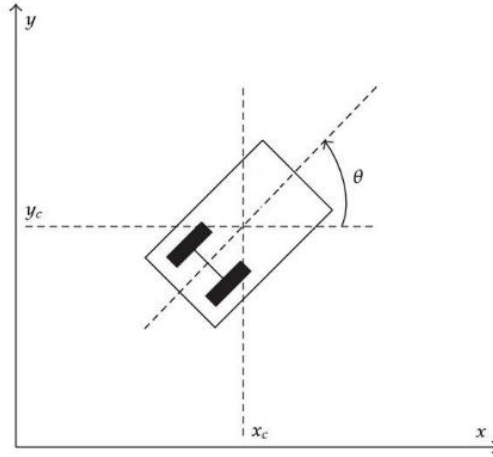


**Resim 3.5** Mobil robotun alttan görünümü ve gücün paletlere aktarılması.

### 3.2.2 Rota Açısı (Heading) ve İki Nokta Arası Uzaklık

IMU sensörleriyle yapılan çalışmalarda rota açısı terimi robotun gidiş istikametinin, Kuzey ( $0^\circ$ ) ile arasında olan açıyı ifade etmektedir. Çünkü pusula sensörlerinden gelen açı bilgisi robotun başlangıç rota açısının sıfır derece olduğu kabulüne dayanır. Bu tez çalışmasında ise bu durum biraz daha farklı olup rota açısı terimi robotun takip ettiği yol üzerinde bulunan yerküre üzerindeki farklı bir noktanın koordinatlarıyla arasında olan açıyı ifade etmektedir.

Aşağıdaki Şekil 3.7’de temsili bir mobil robotun genel koordinat düzlemine göre konumu  $(x,y)$ , robotun kendi eksenlerine göre konumu  $(x_c,y_c)$  belirtilmiş ve rota açısı  $(\theta)$  şekil üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 3.7 Rota açısı ( $\theta$ ) (İnt.Kyn.12).

Bu tez çalışmasında GPS verileriyle navigasyon tamamen rota açısına bağlı olarak yapılmaktadır. Rota açısının hesaplanmasında yerküre üzerinde iki farklı noktanın enlem ve boylam değerleri radyan değerlerine dönüştürülerek kullanılmaktadır. Yerküre üzerindeki iki noktanın eksenleri arasındaki mesafe denklem 3.1 ve 3.2 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\Delta_x = x_2 - x_1 = R_E \times \cos(\alpha_2) \times \sin(\beta_2 - \beta_1) \quad (3.1)$$

$$\Delta_y = y_2 - y_1 = R_E \times \sin(\alpha_2 - \alpha_1) \quad (3.2)$$

Denklem: 3.1 ve 3.2 kullanılarak *rota açısı* denklem: 3.3'de görüldüğü gibi hesaplanmaktadır.

$$\theta = \tan^{-1}(\Delta_x, \Delta_y) \quad (3.3)$$

*İki nokta arasındaki uzaklık* metre cinsinden denklem: 3.4 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$d_{1-2} = \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2} \quad (3.4)$$

Buradaki denklemlerde geçen;

$R_E$ : Dünyanın yarıçapını (6371 Km),

$\alpha_1$ : Birinci noktanın enlemini,

$\alpha_2$ : İkinci noktanın enlemini,

$\beta_1$ : Birinci noktanın boylamını,

$\beta_2$ : İkinci noktanın boylamını ifade etmektedir.

### 3.2.3 Mobil Robotun Kontrolü

Önerilen sistemde mobil robot navigasyonu IMU algılayıcıları kullanılmadan sadece geliştirilen GPS sensörü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mobil robotun hareketleri, hedef koordinatlara ve bulunduğu konumların koordinatlarına bağlı olarak hesaplanan rota açıları üzerinden kurgulanmıştır.

Mobil robotun rota açısı ( $\theta_1$ ), bir önceki konumuyla gerçek konumu kullanılarak, olması gereken rota açısı ( $\theta_2$ ) ise gerçek konum ve hedef konum kullanılarak belirlenmiştir.

Mobil robotun kontrolünde, robotun rota açısı ve hedef noktaya doğru ilerleyebilmesi için olması gereken rota açısı arasındaki fark denklem: 3.5'de elde edildiği şekliyle kullanılarak, orantısal (proportional) bir metod ile sağ ve sol motorlara ait PWM değerleri belirlenmiştir.

$$\Delta_\theta = \theta_2 - \theta_1 \quad (3.5)$$

Denklem: 3.6'de sağ motora ait PWM değerinin, denklem 3.7'da ise sol motora ait

PWM değerinin hesaplanması gösterilmiştir.

$$PWM_R = 100 - K - (K \times \sin \Delta\theta) \quad (3.6)$$

$$PWM_L = 100 - K + (K \times \sin \Delta\theta) \quad (3.7)$$

Burada **K**: rota açıları arasındaki farkın sinüs fonksiyonundan geçirilmesiyle elde edilen küçük değerlikli kontrol parametresini, motorların PWM değerlerinde gerekli ölçüde değişiklik getirebileceği seviyeye yükseltmek amacıyla kullanılan kazanç katsayısıdır.

Lego NXT motorlarına verilebilecek maksimum PWM değer parametresi yüz olarak belirlenmiştir. Denklem: 3.6 ve 3.7’de kazanç katsayılarıyla çarpılarak elde edilen kontrol parametreleri yüz değerinden sağ motor için çıkarılmış, sol motor için ise toplanmıştır. **K** katsayısı denklem 3.6 ve 3.7’de yüz değerinden ayrıca çıkarılmıştır, burada amaç, sol motorda 100 değeriyle toplanan kontrol parametresinin Lego NXT motorları için tanımlanan maksimum PWM değerinin üzerine çıkmasını engellemek ve mobil robotun maksimum hızını **K** parametresiyle sınırlandırmaktır. Kazanç katsayısı önerilen sistemde deneme – yanılma yöntemiyle çeşitli testler sonucunda optimum 12 olarak tespit edilmiştir.

Kontrolde, eğer olması istenen şekilde rota açıları arasındaki fark sıfır olursa kazanç katsayısının sinüs fonksiyonundan gelecek sıfır ile çarpılarak sıfıra gitmesi sağlanmıştır. Bu durumda sağ ve sol motora ait PWM değerleri eşit olur ve robot düz bir istikamette ilerler. Bunun dışındaki tüm durumlarda sinüs fonksiyonundan alınan kontrol parametresi daima sıfırdan büyük bir değer almaktadır ve bu değer de gerçekte olan rota açısıyla olması istenen rota açısı arasındaki fark ile orantılıdır. Rota açılarının eşit olmaması durumunda sağ ve sol motorların PWM değerleri de rota açıları arasındaki fark ile orantısal olarak değişmektedir. Bu değişiklik ile mobil robotun hedefe yönelmesi sağlanmaktadır.

### 3.2.4 Mobil Robotun Yazılımı

Mobil robotun yazılımında GPS koordinatlarının alınmasına daha önceki konularda değinilmiştir. Burada mobil robotun konumunu bildiği bir noktadan kullanıcı tarafından

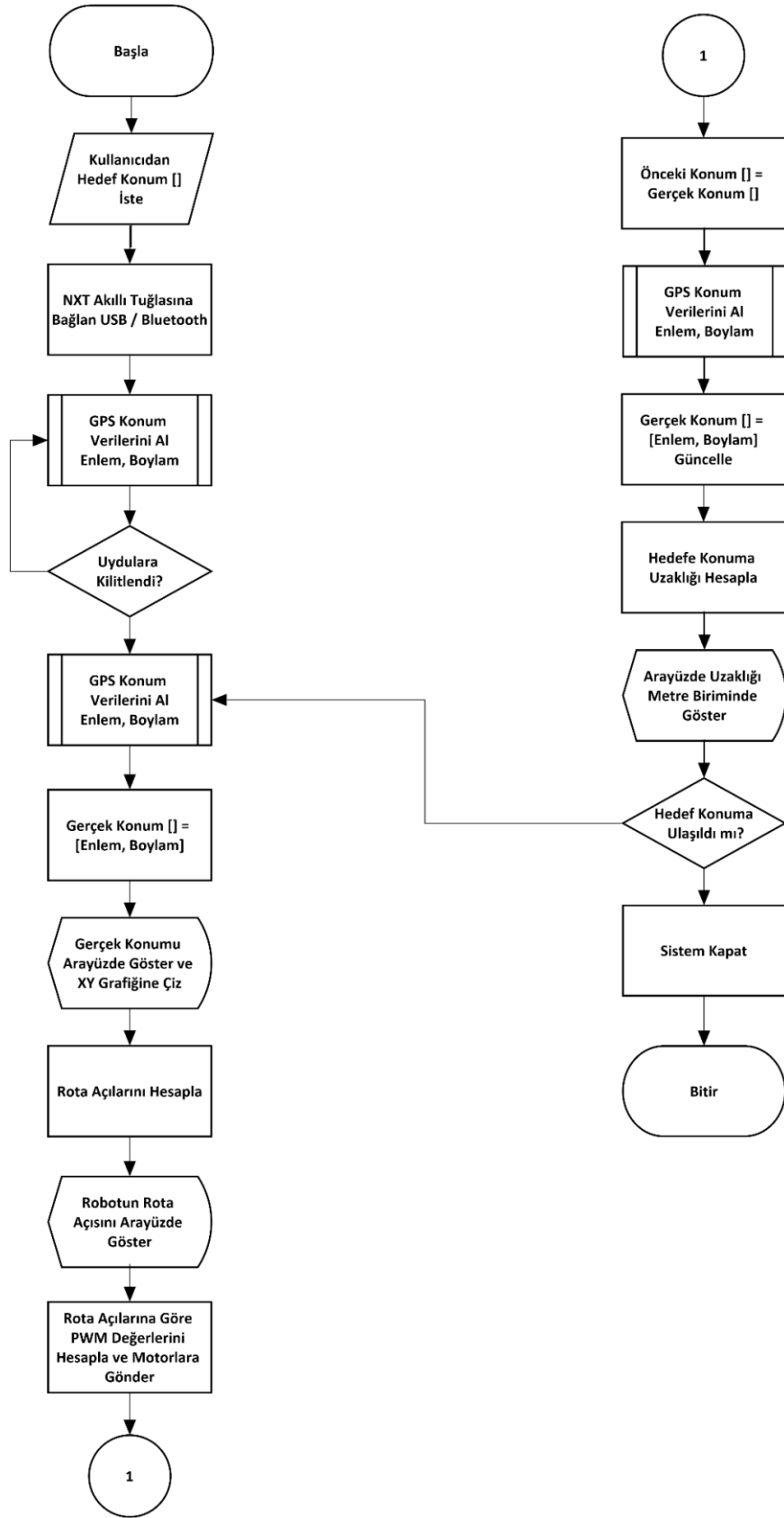
girilen bir noktaya navigasyonu konusu üzerinde durulacaktır.

Mobil robotun yazılımını kontrol et, data al ve sistemi kapat olmak üzere üç sekansda gerçekleştirilmiştir. Yazılımda, hedef konuma ulaşılmadığı sürece kontrol et ve data al aşamaları arasında sürekli bir döngü devam etmektedir. Hedef konuma ulaşıldığında ise sistemi kapat sekansına geçilmekte ve program sonlandırılmaktadır.

Hedef konuma ulaşılmasında uzaklık parametresi dikkate alınmamış daha kesin bir doğruluk elde edebilmek amacıyla hedef konum ile gerçek konum arasındaki enlem ve boylam değerlerinin kendi aralarındaki farklarının ikisinde 0,001 dereceden daha düşük olup olmadığı kontrol edilmiş ve düşük olduğu noktada hedef noktaya ulaşıldığına karar verilmiştir.

GPS sensörlerinden verilerin alınabilmesi için GPS alıcısının uydulara kilitlenebilmesi gerekmektedir. Kilitlenme süresi ilk çalışma esnasında yaklaşık bir dakika sürmekte ilk çalışmadan sonraki çalışmalarda ise bu süreye güç tamamen kesilip yeniden açılrsa dahi ihtiyaç duyulmamaktadır. Kilitlenme gerçekleşmediği sürece ise konum bilgileri sıfır olarak gelmektedir. GPS verilerinin alınmasında 0,01 değerinden daha düşük olan verilerin filtrelenerek reddedildiğinden bahsedilmiştir. Bu durumda kilitlenme gerçekleşmediği sürece gelen veriler reddedilmektedir. Gerçekleştirilen yazılımda, ilk anlamlı GPS verisi gelene kadar motorların hareket etmemesi ve ilk veri alındıktan sonra ise motorların hiç durmadan hedefe ulaşılıncaya kadar hareketine devam etmesi sağlanmıştır.

Önceki konumun belirlenmesinde, *shift register* kullanılarak program döngüsü içerisindeki sekanslar arasında o anki gerçek konum değeri önceki konum değeri olarak belirlenmiş ve daha sonrasında gerçek konum değeri yeni alınan veriler ile güncellenmiştir. Elde edilen önceki konum değerinin hemen gerçek konum değerine eşitlenmesini engellemek amacıyla 1000 ms gecikme eklenmiştir. Yazılımda kullanılan gecikmelerin toplam değeri aynı zamanda konum bilgileri güncellenmeden ve robotun yönelimi değişmeden hareket ettiği süreyi vermektedir ve 1100 ms'dir.



Şekil 3.8 Mobil robot kontrol algoritması.



Tasarlanan arayüzde mobil robotun; kullanıcıdan alınan hedef konumu, anlık gerçek konumu, anlık rota açısı, sağ ve sol motorların anlık PWM değerleri, yüzdeler olarak anlık pil seviyesi gösterilmiştir. Uydulara kilitlenme durumu, enlem ve boylam verilerinin alınıp alınmadığı durumları göstergeler yardımıyla gösterilmiştir. Sistemin gerektiğinde kullanıcı tarafından durdurulabilmesi için bir küresel durdurma butonu eklenmiştir. Arayüzde ayrıca mobil robotun hedefine ilerlerken genel koordinat düzleminde (x,y) aldığı yollar grafik olarak çizdirilmiştir.

Yukarıdaki Şekil 3.8’de mobil robotun kontrol algoritması, Ek 3’de mobil robotun tüm yazılımına ait Labview blok diagram görselleri, Ek 2’de ise geliştirilen arayüze ait görsel verilmiştir.

## 4. BULGULAR

Tez çalışmasının bu aşamasında öncelikle geliştirilen GPS sensörünün etkinliği ve GPS alıcısından kaynaklı hatalar incelenmiş daha sonrasında ise mobil robotun gerçekleştirilen oransal kontrol algoritmasıyla hedef bulmadaki başarımı incelenmiştir.

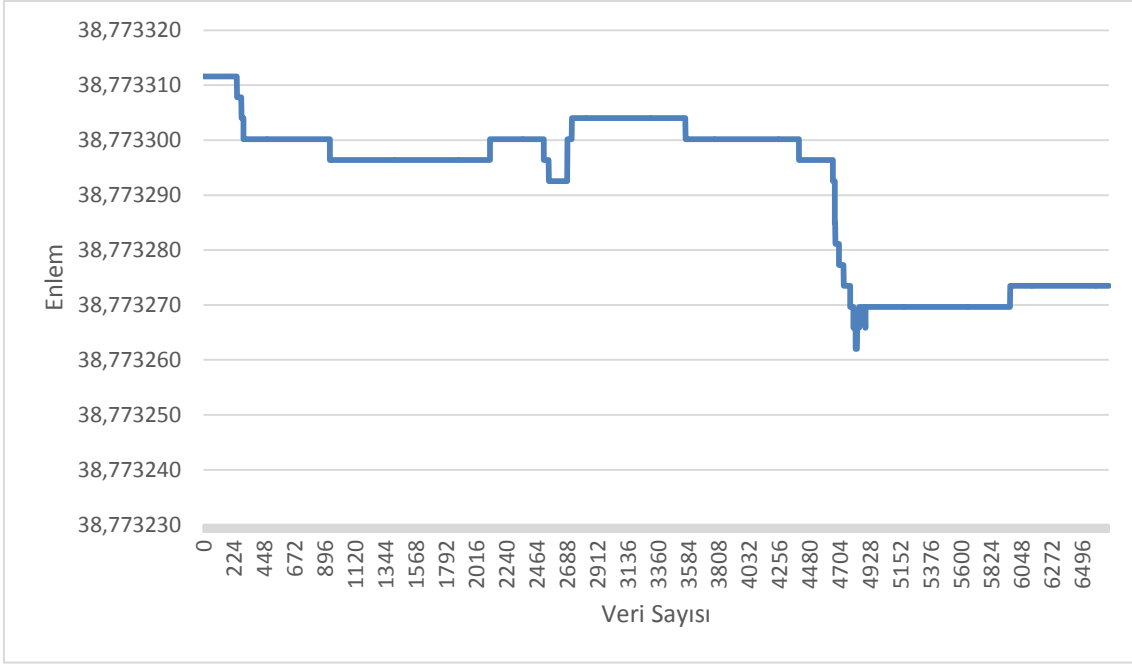
### 4.1 Lego Mindstorms NXT Robot Kiti İçin Geliştirilen GPS Sensörü

Lego Mindstorms NXT robot kiti için geliştirilen GPS sensörünün başarımının incelenmesinde, GPS alıcısının on adet GPS uydusuna kitlendiği bir noktada konumu sabit tutularak hem Arduino üzerinden hem de Lego Mindstorms NXT akıllı tuğlası üzerinden enlem ve boylam bilgileri alınmıştır. Arduino tarafında GPS alıcısından gelen ve ayrıştırılan koordinat bilgileri i<sup>2</sup>c protokolüne gönderilmeden ham olarak elde edilmiştir. Lego Mindstorms NXT tarafında ise i<sup>2</sup>c protokolü üzerinden gelen veriler alınmıştır. Veriler alınırken hem Arduino hem de Lego Mindstorms NXT robot kiti on dakika boyunca bilgisayara bağlı ve verileri kaydedilecek şekilde açık tutulmuş, ortam şartlarını olabildiğince sabit hale getirmek amacıyla da bu süre zarfında ortamdaki uzaklaşmıştır.

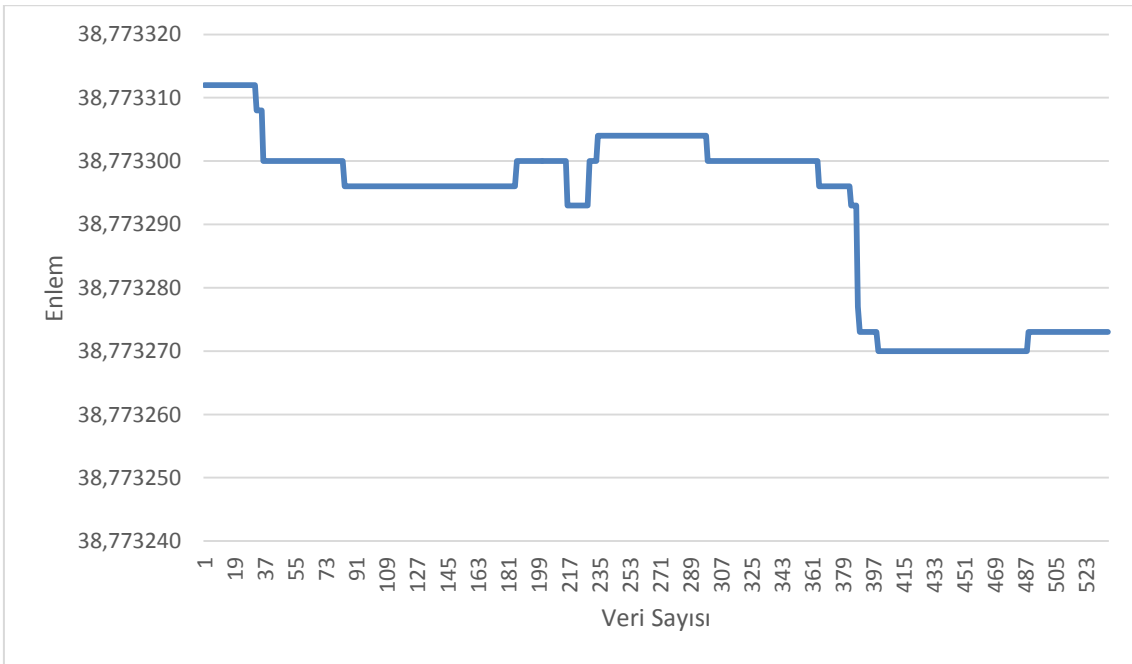
Şekil 4.1 – 4.4’de verilen grafiklerde GPS alıcısından ve Lego Mindstorms NXT robot kitinden alınan enlem ve boylam verileri ayrı ayrı grafikler halinde ifade edilmiştir çünkü Arduino ve Lego Mindstorms NXT kitinin yazılımları arasındaki zaman uyumsuzluğuna bağlı olarak iki platformdan elde edilen veri sayılarında da farklılıklar görülmektedir.

Aşağıdaki şekillerde verilen grafikler sabit konumda alınan verileri ifade ettiği için GPS alıcısından kaynaklı hatalar da grafiklerde ayrıca görülebilmektedir. GPS alıcısı hareket ettirilmeden alınan verilerin ideal bir sistemde sabit olarak gelmesi gerekirken gerçekte olan durum da bu grafiklerde ifade edilmiştir. Bu hataların on adet GPS uydusuna kilitlendiği bir zamanda elde edildiği de göz önünde bulundurulursa daha kötü şartlarda ve kapalı alanlarda GPS alıcılarının etkinliği söz konusu olmayacaktır.

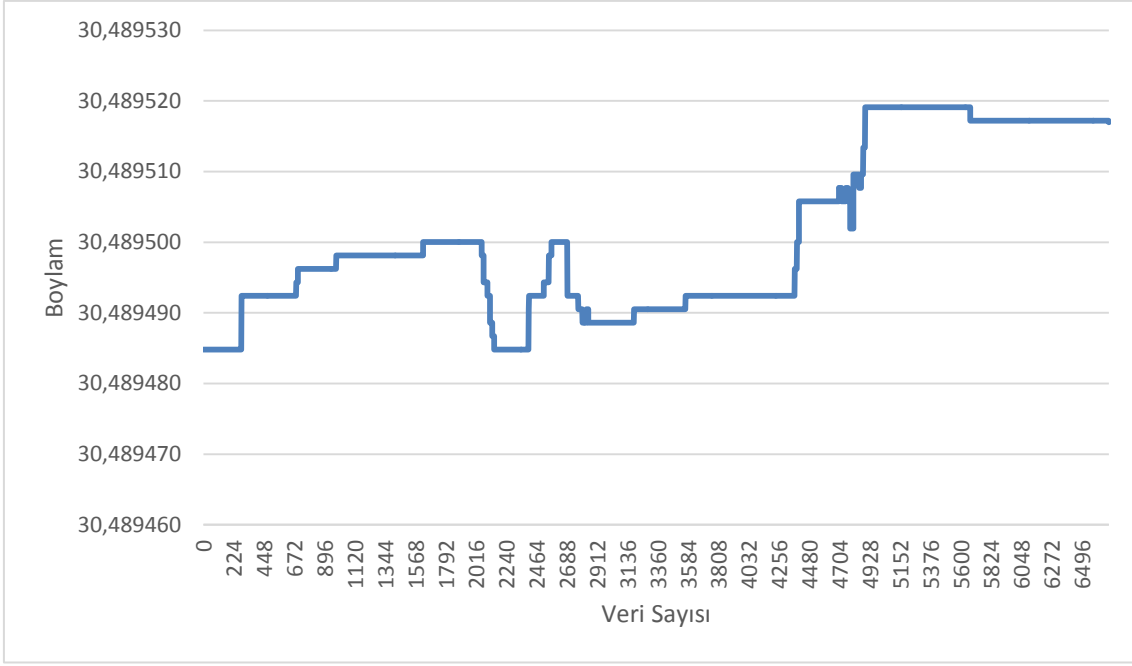
Arduino ve Lego Mindstorms NXT üzerinden alınan veriler karşılaştırıldığında Lego Mindstorms NXT için geliştirilen GPS sensörünün i<sup>2</sup>c protokolünden kaynaklı, göz ardı edilebilir veri kayıpları olmakla birlikte başarılı sonuçlar ortaya koyduğu gözlenmiş ve aşağıdaki grafiklerde bu durum ifade edilmiştir.



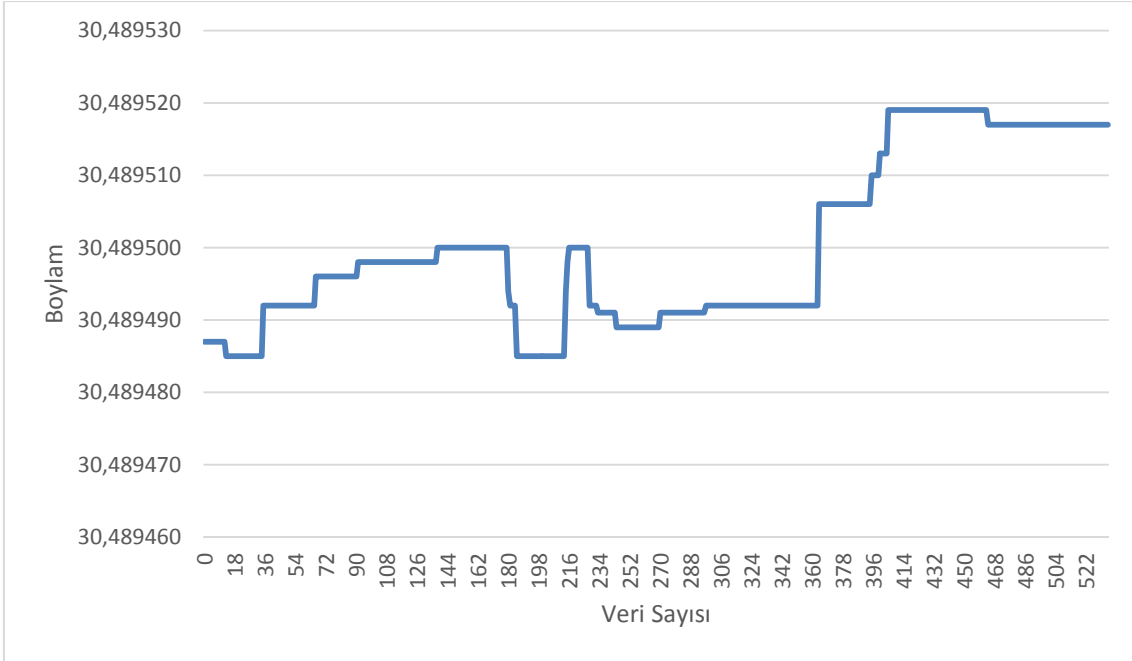
Şekil 4.1 Arduino üzerinden, GPS alıcısından alınan enlem verilerinin grafiği.



Şekil 4.2 Lego Mindstorms NXT üzerinden alınan enlem verilerinin grafiği.



Şekil 4.3 Arduino üzerinden GPS alıcısından alınan boylam verilerinin grafiği.



Şekil 4.4 Lego Mindstorms NXT üzerinden alınan boylam verilerinin grafiği.

Bu veriler ışığında ve belirtilen şartlar altında GPS alıcısından gelen verilerin konum doğruluğunun  $\pm 2$  metrelik bir alan içerisinde olduğu belirlenmiştir.

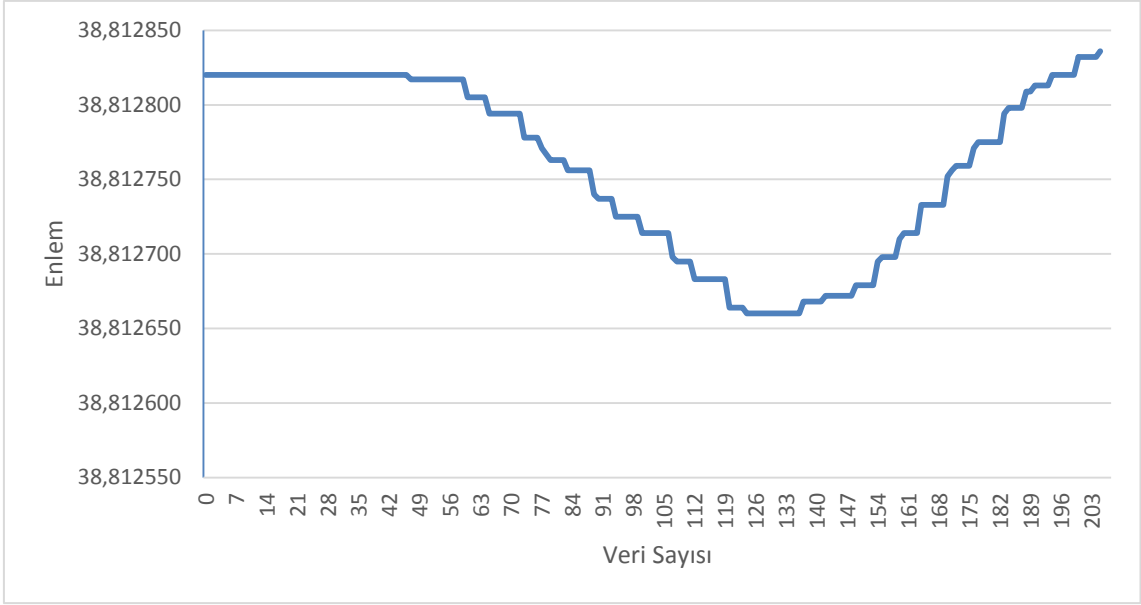
## 4.2 Mobil Robotun Oransal Kontrol Algoritmasıyla Navigasyonu

Mobil robotun test güzergahı olarak Afyon Kocatepe Üniversitesi Konser Alanı tercih edilmiştir. Bu alanın, mobil robotun rahatca hareket edebileceği şekilde parke taşlı düz bir zemini ve yeterli büyüklüğü vardır. Alan üzerinden hedef koordinatların belirlenmesinde mobil robot rastgele bir noktaya götürülerek koordinatlar alınmış ve mobil robota bu koordinatlar hedef konum olarak belirtilmiştir daha sonrasında hedef konumdan alınan mobil robot yaklaşık 23m uzaklıkta farklı bir konuma götürülmüş ve hedef konuma gitmesi istenmiştir. Bu çalışma esnasında mobil robotun anlık; enlem, boylam, uzaklık, sağ ve sol motorlara ait PWM değerleri, rota açısı ve genel koordinat düzleminde yaptığı hareketlere ait veriler kaydedilmiştir. Test gününde hava şartları parçalı bulutlu olup test noktasında GPS alıcısının dokuz adet GPS uydusuna kilitlendiği tespit edilmiştir.

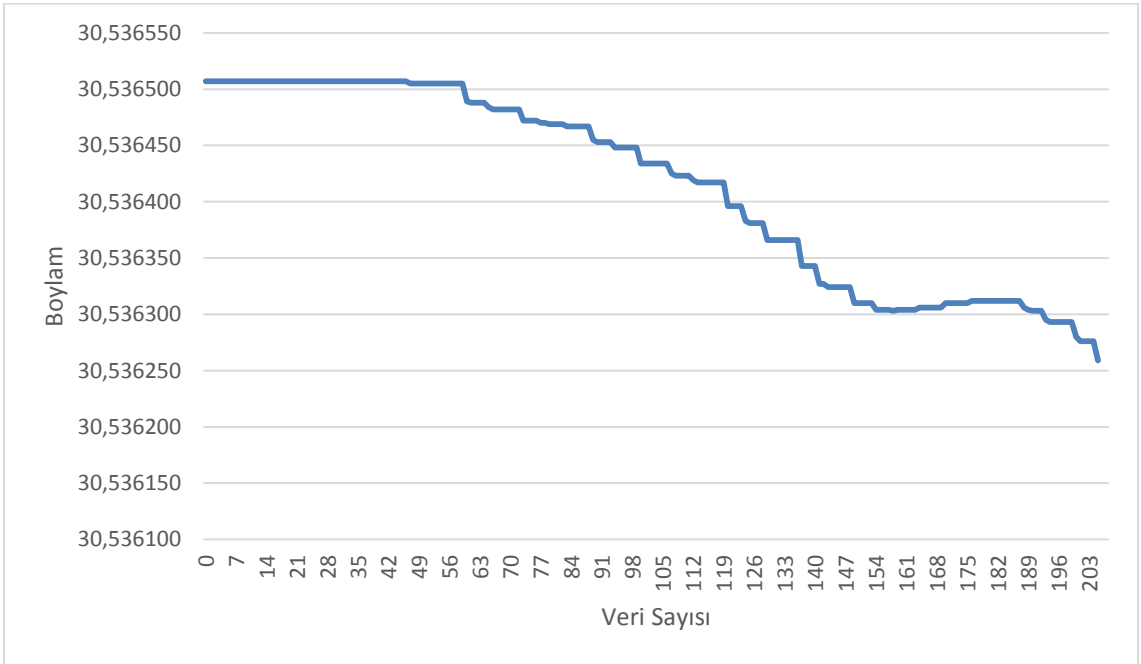
Çizelge: 4.1’de test güzergahında mobil robotun başlangıç konumu ve hedef konumuna ait enlem boylam bilgileri verilmiştir. Şekil: 4.5 ve 4.6’da test güzergahında mobil robotun hareketleri esnasında alınan enlem ve boylam bilgilerine ait grafikler görülmektedir. Şekil: 4.7’de mobil robotun rota açısının ve istenen rota açısının test güzergahındaki hareketleri esnasında değişimi, Şekil 4.8’de ise değişen rota açılarına göre belirlenen sağ ve sol motor PWM değerleri görülmektedir. Şekil 4.9’da mobil robotun hareketleri sonucunda oluşan hedef konumla mobil robot arasındaki en kısa uzaklık bilgisindeki değişimin grafiği verilmiştir. Son olarak Resim 4.1’de mobil robotun test güzergahındaki hareketleri sonucunda alınan konum bilgilerinin Google Maps (Haritalar) kullanılarak oluşturulan harita üzerindeki görünümü verilmiştir.

**Çizelge 4.1** Test güzergahı başlangıç ve hedef konum bilgileri.

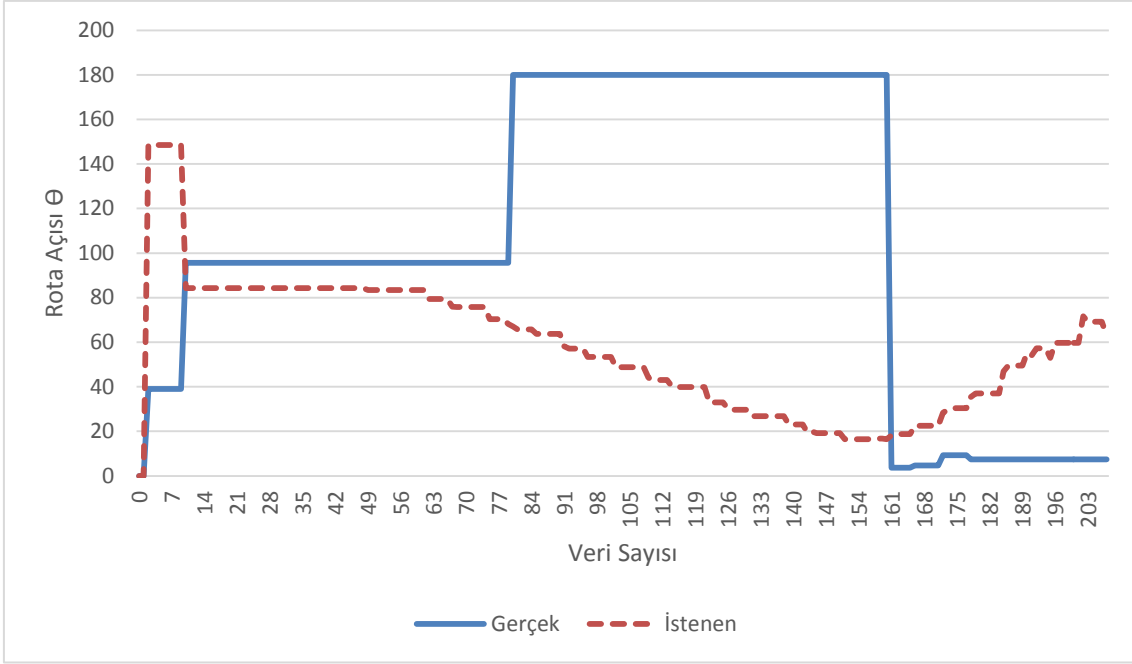
	<b>Başlangıç Konumu</b>	<b>Hedef Konum</b>
<b>Enlem</b>	38,812817	38,812851
<b>Boylam</b>	30,536505	30,536257



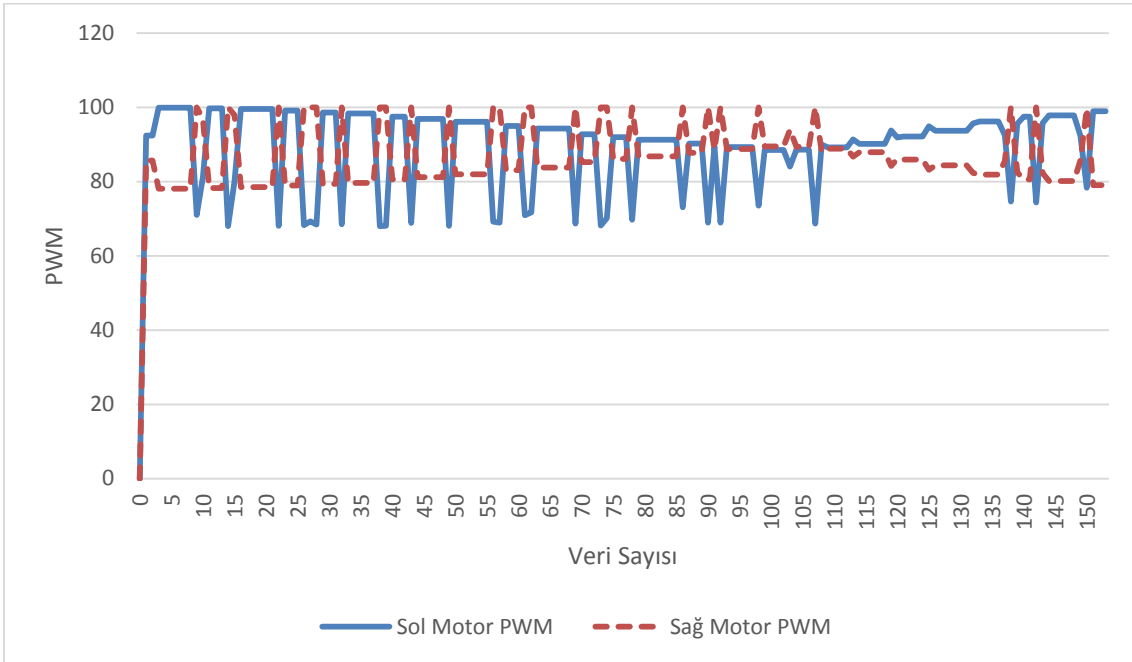
Şekil 4.5 Test güzergahında alınan enlem verilerinin grafiği.



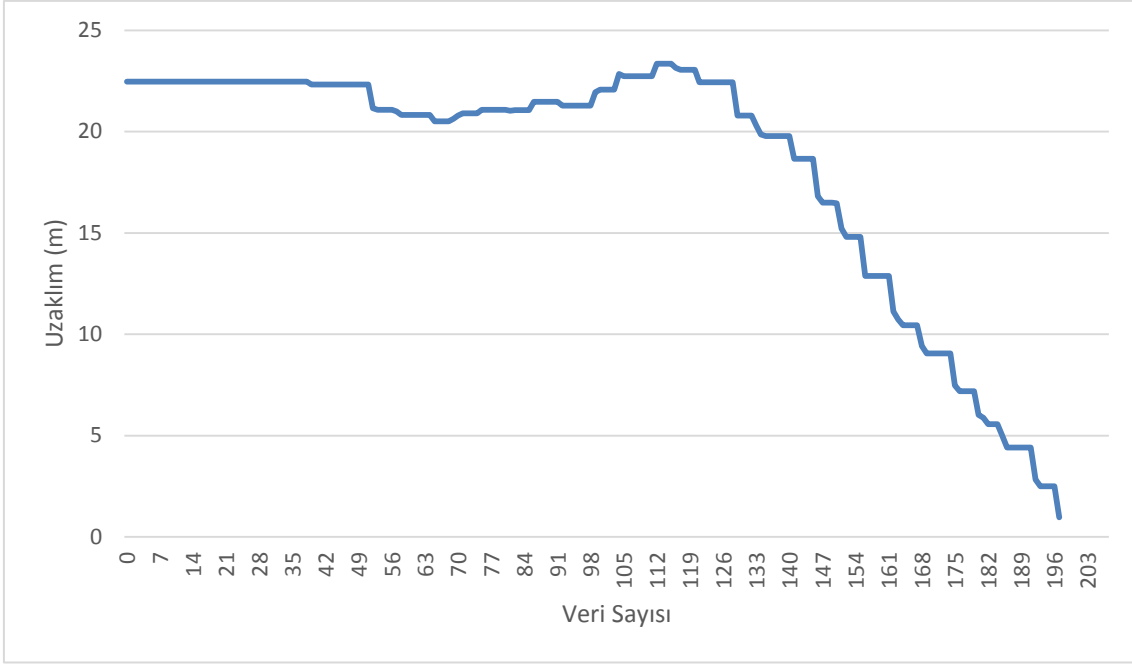
Şekil 4.6 Test güzergahında alınan boylam verilerinin grafiği.



Şekil 4.7 Rota açılarındaki değişimin grafiği.



Şekil 4.8 Sağ ve sol motor PWM değerlerindeki değişimin grafiği.



**Şekil 4.9** Test güzergahında mobil robotun hareketleri esnasında uzaklıkdaki değişimin grafiği.



**Resim 4.1** Test sırasında mobil robotdan alınan konum bilgilerinin Google Maps üzerinde görünümü.



## 5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Lego Mindstorms robot kitleri günümüzde gençlerin eğitimi alanında olduğu kadar robotik alanında yapılan akademik ve bilimsel çalışmalarda da adından söz ettirmektedir. Robot teknolojisi disiplinlerarası bir konudur. Bir robotda yazılım, elektronik ve mekanik unsurları bir arada bulunur. Lego Mindstorms robot kitleri kullanıcılarına mekanik ve elektronik aşamalarının hızla geçilmesi olanağını sunmaktadır bu sayede son kullanıcı daha çok yazılım odaklı çalışmalar yapabilmektedir. Lego Mindstorms ile gençler programlama tekniklerini etkin, kolay ve verimli bir şekilde öğrenirken, robotik alanında çalışan akademisyenler de mekanik aşamaların zahmetini ve maliyetini azaltarak çalışmalarını hızlandırabilir.

Bu tez çalışmasında Lego Mindstorms NXT robot kiti için GPS sensörü geliştirilmiş ve aynı kitle meydana getirilen mobil robotun geliştirilen GPS sensörüyle navigasyonu gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen sensörden alınan sonuçlar, bulgular kısmında verilmiştir ve sensörün başarılı olarak çalıştığını göstermektedir. Bu bağlamda gelecek çalışmalarda Lego Mindstorms robot kitlerine üreticisi tarafından içeriğe dahil edilmeyen çok sayıda donanım bu tez çalışmasında sunulan yöntem ve teknikler kullanılarak geliştirilebilir.

Oransal kontrol algoritmasıyla gerçekleştirilen navigasyona ait sonuçlar bulgular kısmında verilmiştir. Mobil robotun navigasyonunda GPS alıcısı dışında IMU algılayıcıları gibi hiçbir ekstra donanım kullanılmamıştır. Bu durum geliştirilen sistemde navigasyon süresini ve rota takibini olumsuz etkilese de mobil robot navigasyon görevini başarıyla yerine getirebilmiştir. Mobil robot navigasyonunda hemen her zaman kullanılan IMU algılayıcılarının başlangıçta kalibrasyon ihtiyaçları vardır. Fakat bu tez çalışmasında önerilen sistemin kalibrasyon ihtiyacı yoktur. Ayrıca IMU algılayıcılarının kullanılmamasının mobil robot navigasyonunda maliyete de olumlu etkileri olacaktır. Bu sayede daha basit görevleri olan düşük maliyetli mobil robotlar geliştirilerek yaygınlaştırılabilir. Gelecekteki çalışmalarda, bulanık mantık yapay zeka gibi farklı kontrol yöntemleri kullanılarak sonuçlar iyileştirilebilir. Lego Mindstorms robot kitleri için benzer yöntemlerle IMU sensörleri geliştirilerek hibrid navigasyon çalışmaları yapılabilir.

## 6. KAYNAKLAR

- Alhmiedat, T., Taleb, A.A., Samara, G. (2013). A Prototype Navigation System for Guiding Blind People Indoors using NXT Mindstorms. *International Journal of Online Engineering*, **5**: 52-58.
- Bao, J., Tsui, Y. (2000). Fundamentals of Global Positioning System Receivers: A Software Approach. Wiley Interscience Publication, 1.edition, New York, USA.
- Canan, S. (2006). Yapay Sinir Ağları ile GPS Destekli Navigasyon Sistemi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Fidan, U., Yalçın, Y. (2012). Robot Eğitim Seti Lego NXT. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, **12**: 1-8
- Gasperi, M., Hurbain, P. (2009). Extreme NXT: Extending the Lego Mindstorms NXT to the Next Level. Apress, 2.edition, New York, USA.
- Hamada, M., Sato, S. (2011). A Game-based Learning System for Theory of Computation Using Lego NXT Robot. *Procedia Computer Science*, **4**: 1944 – 1952.
- Hamid, M.H.A., Adom, A., Rahim, N.A., Rahiman, M.H.F. (2009). Navigation of Mobile Robot Using Global Positioning System (GPS) and Obstacle Avoidance System with Commanded Loop Daisy Chaining Application Method. International Colloquium on Signal Processing & Its Applications, University Malaysia Perlis, Malaysia, April, 178-183.
- Hanzel, j., Klůčik, M., Duchoň, F., Rodina, J. (2013). Localization of Small Mobile Robot by Low-Cost GPS Receiver. *Journal of Mechanics Engineering and Automation*, **3**, 522 – 528.
- Hou, K., Jia, Q., Sun, H., Zhang, Y. (2012). An Autonomous Positioning and Navigation System for Spherical Mobile Robot. *Procedia Engineering*, **29**: 2556-2561.
- Kaplan, E.D., Hegarty, E.J. (2006). Understanding GPS Principles and Applications. Artech House Inc, 2.edition, Boston, USA.
- Karabulut, Y. (2016). Dokunmatik Ekranlı Cihazlar için Görüntü İşlemeye Dayalı Robotik Test Otomasyon Sistemi Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.

- Korkmaz, M.O. (2012). Açık Deniz Platformlarının Konumlandırılması için Konum Belirleme Sistemlerinin Entegrasyonu. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Parkinson, B.W., Spilker, J.J.J. (1996). Global Positioning System: Theory and Applications. American Institute of Aeronautics and Astronautics, 3.edition, Washington, USA.
- Pinto, M., Moreira, A.P., Matos, A. (2012). Localization of Mobile Robots Using an Extended Kalman Filter in a LEGO NXT. *IEEE Transactions on Education*, **55**: 135-144.
- Reina, G., Nagatani, K., Vargas, A., Yoshida, K. (2007). Adaptive Kalman Filtering for GPS-based Mobile Robot Localization. International Workshop on Safety, Security and Rescue Robotics, Rome, Italy, September.
- Reyes, D., Lefranc, G., Millán, G. (2015). Mobile Robot Navigation Assisted by GPS. *IEEE Latin America Transactions*, **13**: 1915-1920.
- Santos, A.G.N.C. (2008). Autonomous Mobile Robot Navigation using Smartphones. Master in Information Systems and Computer Engineering, Instituto Superior Technico.
- Shade, R. (2011). Choosing Where to Go: Mobile Robot Exploration. Doctor of Philosophy, University of Oxford, Department of Engineering Science, Oxford.
- Tekerlek, M. (2006). Esnek Üretim Sisteminde Görüntü İşleme Tekniği ile Robotik Eğitim Modeli Geliştirilmesi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ünal, İ. (2012). GPS Yönlendirmeli Tarımsal Bir Robotun Geliştirilmesi ve Anız Yoğunluğunun Belirlenmesi Örneğinde Kullanımı Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Yalçın, Y. (2012). Lego Nxt ile Robot Uygulamaları Eğitim Materyali Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Zubaroglu, T. (2013). Yazılım Tabanlı GPS Almaçlarının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

## İnternet Kaynakları

- 1) [https://lc-www-live-s.legocdn.com/r/www/r/mindstorms/-/media/franchises/mindstorms%202014/downloads/firmware%20and%20software/nxt%20software/hdk\\_download1.zip?l.r2=-1260971408](https://lc-www-live-s.legocdn.com/r/www/r/mindstorms/-/media/franchises/mindstorms%202014/downloads/firmware%20and%20software/nxt%20software/hdk_download1.zip?l.r2=-1260971408), 30.05.2017
- 2) <https://www.lego.com/en-us/mindstorms/history>, 30.05.2017
- 3) [http://www.nxtprograms.com/sensor\\_meter/steps.html](http://www.nxtprograms.com/sensor_meter/steps.html), 30.05.2017
- 4) [https://en.wikipedia.org/wiki/Geographic\\_coordinate\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_coordinate_system), 30.05.2017
- 5) <https://www.sparkfun.com/datasheets/GPS/NMEA%20Reference%20Manual-Rev2.1-Dec07.pdf>, 30.05.2017
- 6) <https://people.ece.cornell.edu/land/courses/eceprojectsland/STUDENTPROJ/2004to2005/homeNet/HomeNetWebpage/Communication.htm>, 30.05.2017
- 7) <https://learn.sparkfun.com/tutorials/i2c>, 30.05.2017
- 8) <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/understanding-Arduino-uno-hardware-design/>, 30.05.2017
- 9) [https://lc-www-live-s.legocdn.com/r/www/r/mindstorms/-/media/franchises/mindstorms%202014/downloads/firmware%20and%20software/nxt%20software/sdk\\_download1.zip?l.r2=1640501448](https://lc-www-live-s.legocdn.com/r/www/r/mindstorms/-/media/franchises/mindstorms%202014/downloads/firmware%20and%20software/nxt%20software/sdk_download1.zip?l.r2=1640501448), 30.05.2017
- 10) <http://www.ni.com/newsletter/51141/en/>, 30.05.2017
- 11) <http://42bots.com/tutorials/differential-steering-with-continuous-rotation-servos-and-Arduino/>, 30.05.2017
- 12) <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2012/870498/fig1/>, 30.05.2017

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Şükrü ÜNVER  
Doğum Yeri ve Tarihi : Afyonkarahisar, 1991  
Yabancı Dili : İngilizce  
İletişim : 0-505 940 89 75, [sukrunver@hotmail.com](mailto:sukrunver@hotmail.com)

### Eğitim Durumu

Lise : Afyonkarahisar Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi,  
Elektrik – Elektronik Teknolojisi Alanı, (2005-  
2009)

Lisans : Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi,  
Elektronik Öğretmenliği Bölümü, (2009-2013)

Lisans : Anadolu Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Açık  
Öğretim İşletme Bölümü, (2009-2013)

Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri  
Enstitüsü, İş Güvenliği Anabilim Dalı, (2013-  
2016)

Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri  
Enstitüsü, Elektrik - Elektronik Mühendisliği  
Anabilim Dalı, (2013-2017)

Çalıştığı Kurum ve Yıl : Özel Rahmiye&Sare Palalı Mesleki ve Teknik  
Anadolu Lisesi, Elektronik Öğretmeni, (Eylül  
2014-Haziran 2016)

## EKLER

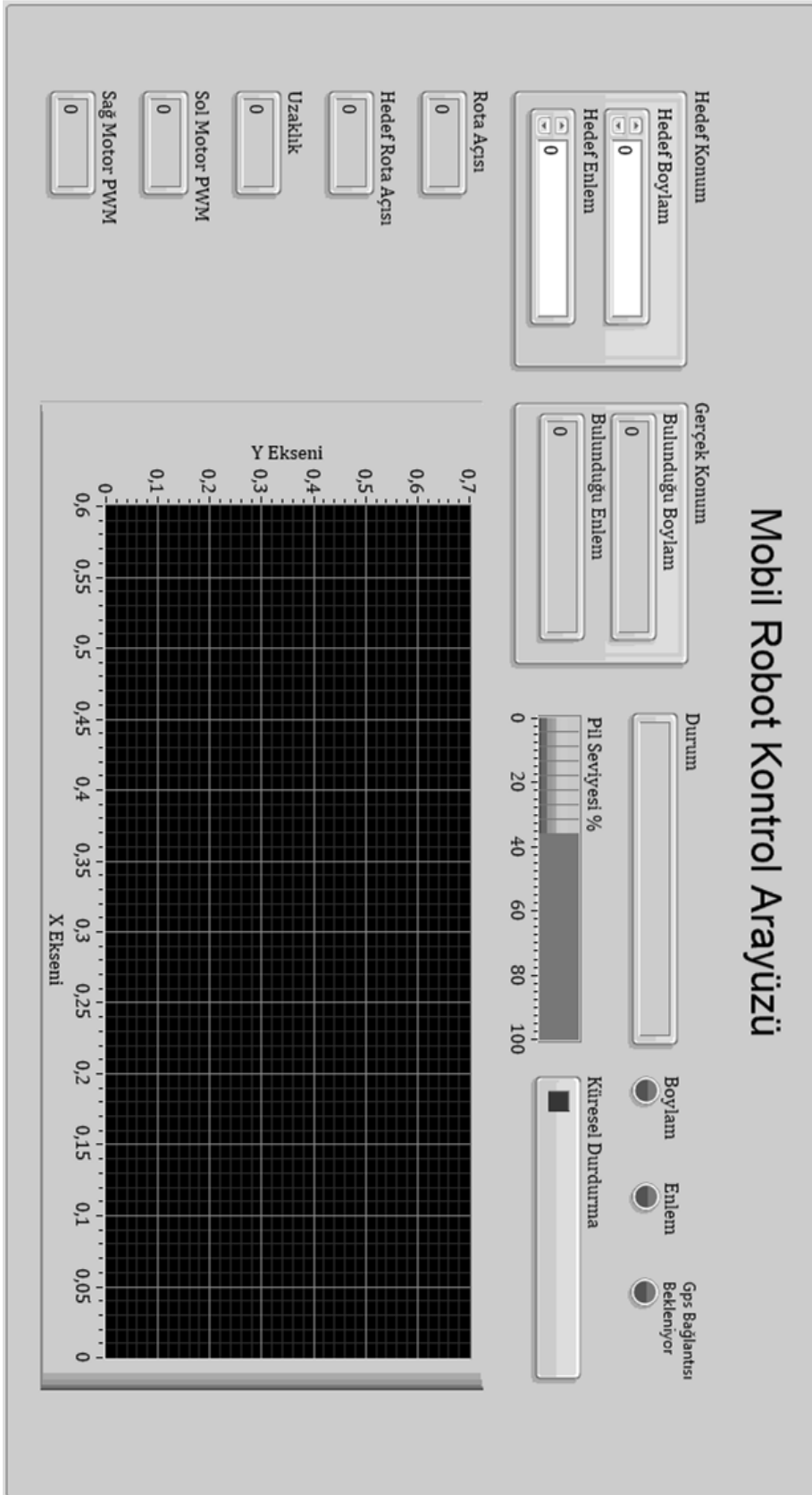
### EK 1. Arduino Programı

```
#include <TinyGPS++.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Wire.h>
#include <avr/wdt.h>
static const int RXPin = 4, TXPin = 3;
static const uint32_t GPSBaud = 4800;
byte EnlemDizisi [20];
byte BoylamDizisi [20];
int read_register;
long read_register1;
byte EnlemSender [10];
byte BoylamSender [10];
TinyGPSPlus gps;
SoftwareSerial ss(RXPin, TXPin);
float enlem, boylam;
void setup() {
Wire.begin(0x0A);
Wire.onRequest(requestEvent);
Wire.onReceive(receiveI2C);
Serial.begin(115200);
ss.begin(GPSBaud);
delay (500);
watchdogSetup();
}
void watchdogSetup(void){
cli();
wdt_reset();
WDTCSR |= (1 << WDCE) | (1 << WDE);
WDTCSR = (1 << WDIE) | (1 << WDE) | (0 << WDP3) | (1 << WDP2) | (1 < WDP1) |
(0 << WDP0);
sei();
}
void loop() {
KoordinatAl ();
wdt_reset();
}
void receiveI2C(int bytesIn){
```

## EK 1. Arduino Programı (Devam)

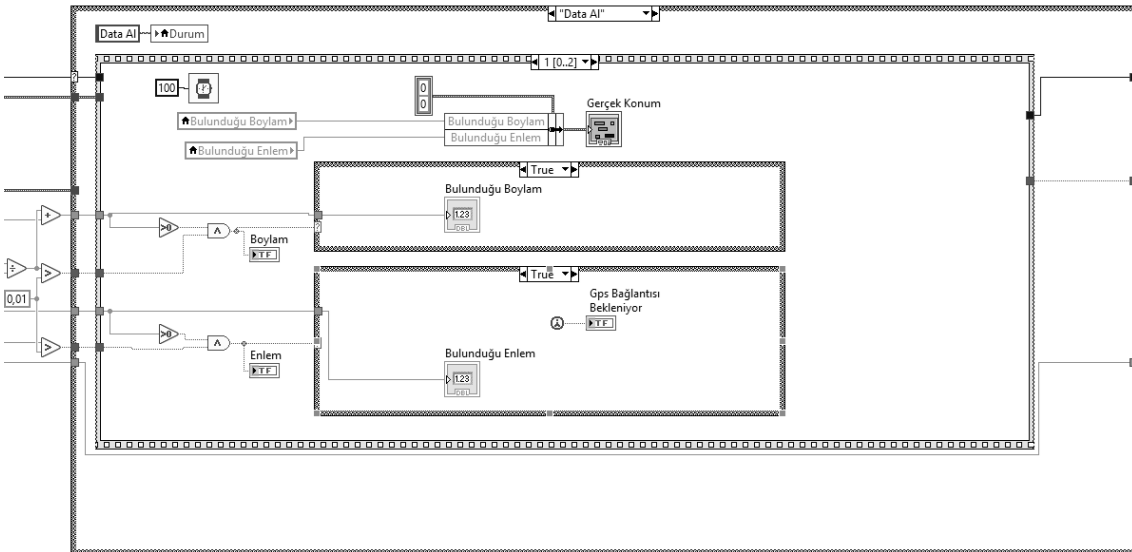
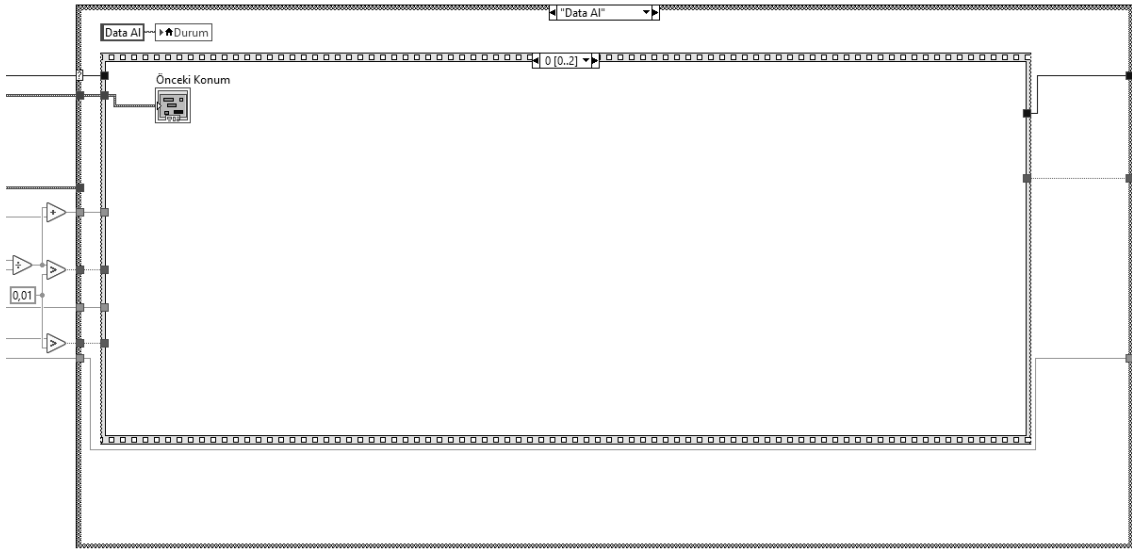
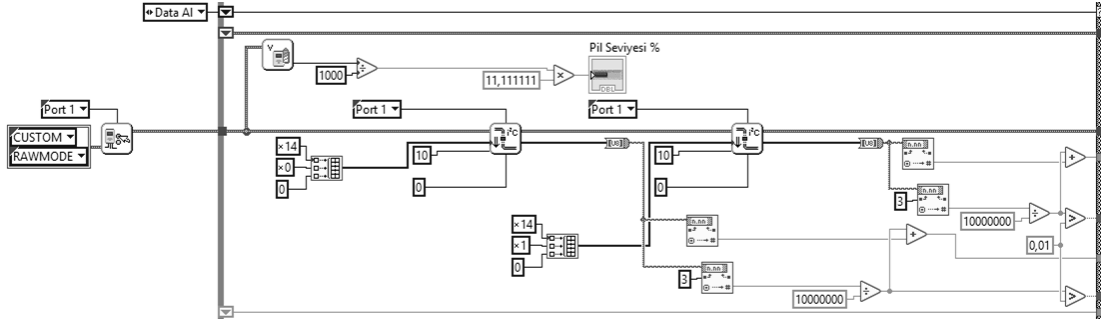
```
read_register = bytesIn;
while (1 < Wire.available())read_register = Wire.read();
}
void requestEvent() {
switch (read_register) {
case 0x00: Wire.write (EnlemSender, 10); break;
case 0x01: Wire.write (BoylamSender, 10); break;
}
}
void KoordinatAl () {
while (ss.available() > 0) gps.encode(ss.read());
enlem = gps.location.lat();
boylam = gps.location.lng();
dtostrf(enlem, 10, 8, EnlemDizisi);
dtostrf(boylam, 10, 8, BoylamDizisi);
EnlemSender [0] = EnlemDizisi[0];
EnlemSender [1] = EnlemDizisi[1];
EnlemSender [2] = EnlemDizisi[2];
EnlemSender [3] = EnlemDizisi[3];
EnlemSender [4] = EnlemDizisi[4];
EnlemSender [5] = EnlemDizisi[5];
EnlemSender [6] = EnlemDizisi[6];
EnlemSender [7] = EnlemDizisi[7];
EnlemSender [8] = EnlemDizisi[8];
EnlemSender [9] = EnlemDizisi[9];
BoylamSender [0] = BoylamDizisi[0];
BoylamSender [1] = BoylamDizisi[1];
BoylamSender [2] = BoylamDizisi[2];
BoylamSender [3] = BoylamDizisi[3];
BoylamSender [6] = BoylamDizisi[6];
BoylamSender [7] = BoylamDizisi[7];
BoylamSender [8] = BoylamDizisi[8];
BoylamSender [4] = BoylamDizisi[4];
BoylamSender [5] = BoylamDizisi[5];
BoylamSender [9] = BoylamDizisi[9];
}
```

## EK 2. Lego Mindstorms NXT Labview Programının Kullanıcı Arayüzü

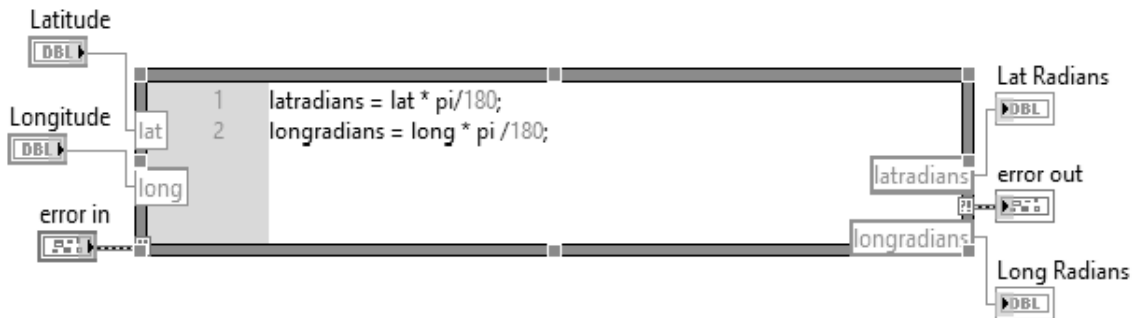
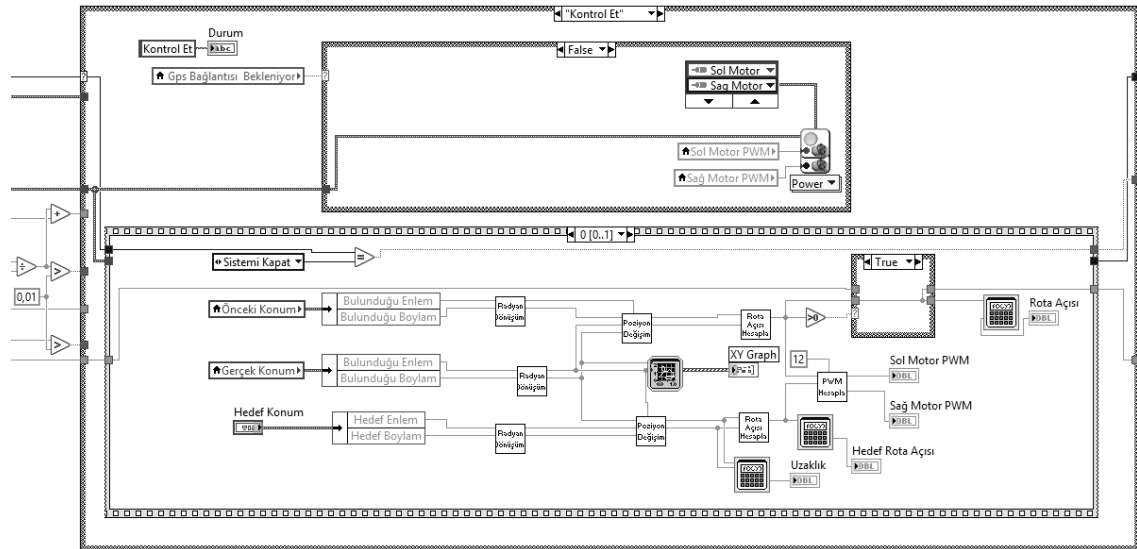
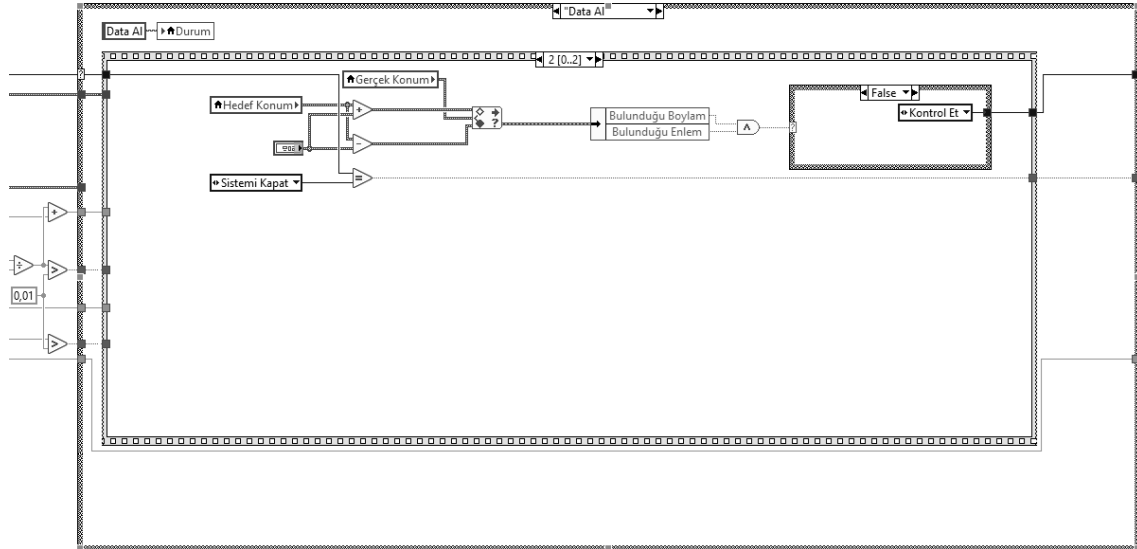




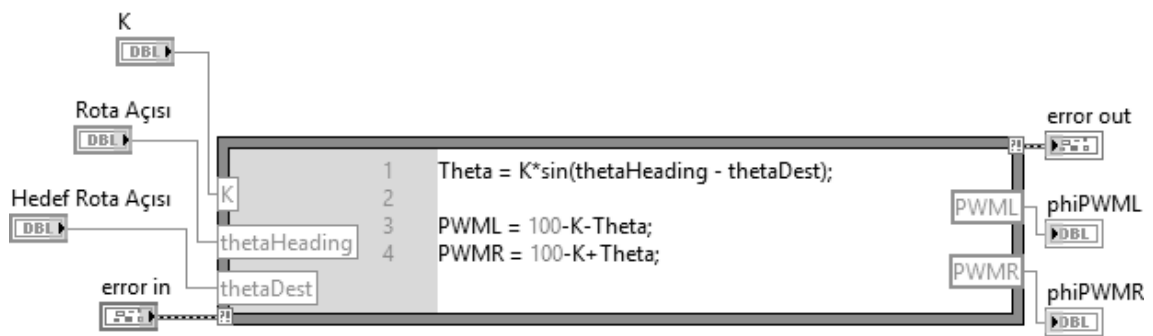
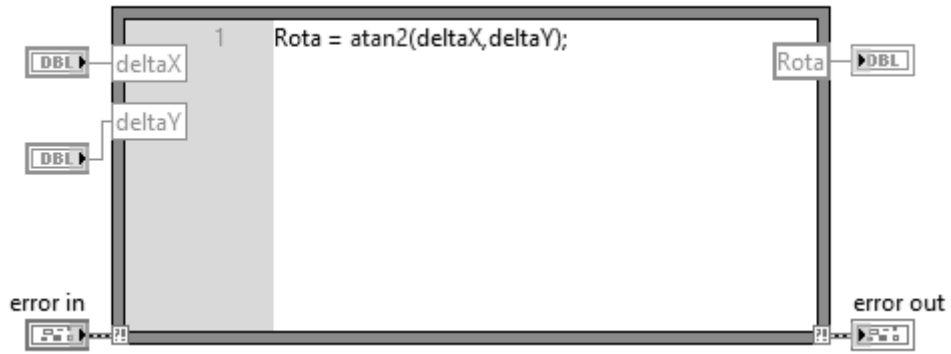
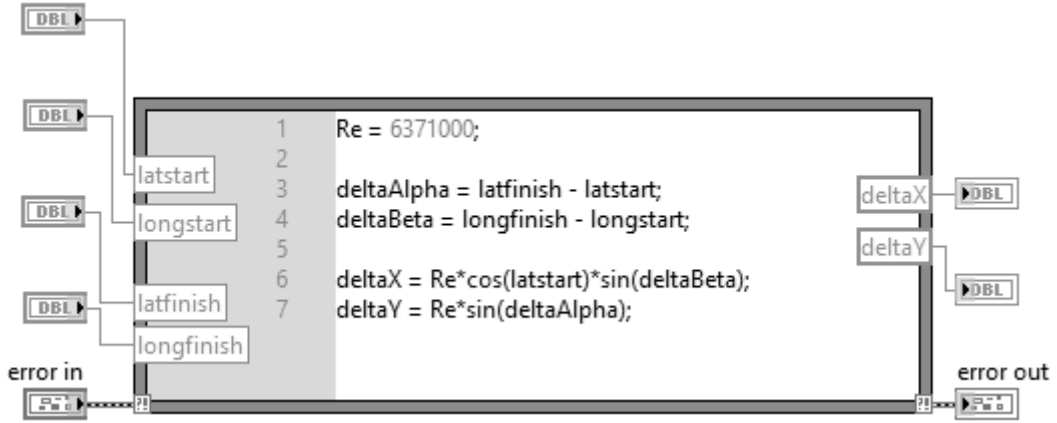
### EK 3. Lego Mindstorms NXT Labview Programının Blok Diagram Görüntüleri



### EK 3. Lego Mindstorms NXT Labview Programının Blok Diagram Görüntüleri (Devam)



**EK 3. Lego Mindstorms NXT Labview Programının Blok Diagram Görüntüleri (Devam)**





### EK 3. Lego Mindstorms NXT Labview Programının Blok Diagram Görüntüleri (Devam)

