



**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
BITİRME PROJESİ RAPORU**

**PIONEER 3 - DX GEZGİN ROBOTU ÜZERİNE
UYGULAMA GELİŞTİRME**

**EMİN İNAL
20493913**

Bölümü: ELEKTRİK – ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ

Proje Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. HAMİT ERDEM

Ders Kodu ve Adı: EEM 492 BITİRME PROJESİ 2

Proje Başlangıcı: 2008-2009 Bahar Proje Süresi (Yarıyıl): 2

Rapor Sunumu: 2008-2009 Bahar

ÖZ

Pioneer 3-DX robota çeşitli uygulamalar geliştirilerek bunların simulasyonu ilgili program ile gerçekleştirilecektir. Bu uygulamalar; duvar izleme, hareketli objeyi takip etme, engelden kaçma, verilen hedefe ulaşma gibi uygulamalar olacaktır. Uygulamalar öncelikle yazılım ortamında gerçekleştirilecek ve daha sonra robota da uygulanacaktır.

Bu raporda, pioneer 3-DX robotun özellikleri ve yapılan uygulamaların nasıl oluşturulduğu sunulmaktadır.

ABSTRACT

Some applications will be developed and simulated for pioneer 3-DX autonomous robot. These applications can be following wall, following active object, avoiding obstacle and reaching to given goal. Firstly, Applications will be developed at software environment after that they applicate to pioneer 3-DX autonomous robot too.

In this report, the properties of pioneer 3-DX autonomous robot and applications that how to created and developed are presented.

Bu Rapor, / 2009 tarihinde aşağıda üye adları yazılı jüri tarafından kabul edilmiştir.

Unvan

Adı Soyadı

İmza

Prof. Dr.

Emin AKATA

Yrd. Doç. Dr.

Hamit ERDEM



TEŞEKKÜR

Bu bitirme projesinin yapılmasında değerli görüşlerine ve engin bilgilerine başvurduğum, değerlendirmeleri ile yardım ve destek veren, proje çalışmamın her aşamasında yol gösterici olan değerli ve saygıdeğer hocam ayrıca proje danışmanım Yrd. Doç. Dr. Hamit Erdem'e ve rahat bir çalışma ortamı ile beraber imkanların kullanılmasına olanak sağlayan, proje çalışmamda değerli görüş ve düşüncelerini belirten, hataların düzeltilmesinde yardımcı olan değerli hocam Prof. Dr. Emin Akata'ya teşekkür ederim...

Maddi manevi desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen, her zaman yanımada olan en değerli varlığım aileme sonsuz teşekkürler...

İÇİNDEKİLER

ÖZ	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR	v
1. GİRİŞ	1
1.1. Projenin Konusu ve Amacı	1
1.2. Projede Yapılacak iş ve işlemler	1
2. PROJEDE YAPILAN ARAŞTIRMA VE ÇALIŞMALAR	2
2.1. Bulanık Mantık.....	3
2.1.1.Bulanık Mantığın Özellikleri.....	4
2.1.2.Bulanıklaştırma.....	5
2.1.3.Bulanık Çıkarım.....	6
2.1.4.Durulaştırma.....	7
2.2. Gezgin Robot İçin Geliştirilen Uygulamalar.....	8
2.2.1.Gezgin Robotun(P3-DX) (BM) ile Duvar İzlemesi.....	8
2.2.2.Gezgin Robotun(P3-DX) (BM) ile Koridor Ortalaması.....	15
2.2.3.Gezgin Robotun(P3-DX) Belirlenen Bir Hedefe Ulaşması.....	23
2.2.4.Gezgin Robotun(P3-DX) (BM) ile Başka Bir Robotu Takibi.....	27
3. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	35
4. KAYNAKLAR.....	36

ŞEKİLLER

Şekil No	Açıklama	Sayfa No
2.1	BM ve Klasik Mantık Farkı	3
2.2	Klasik Mantık	4
2.3	Bulanık Mantık	5
2.4	Bir Sistemin Bulanıklaştırılması	6
2.5	Bulanık Mantık Sisteminin Bulanık Çıkarımı	7
2.6	Bulanık Mantık Sisteminin Durulaştırılması	7
2.7	Duvar İzleme İçin tasarlanan Harita	9
2.8	BM Sistemi Giriş ve Çıkışları	10
2.9	Girişlerin P3-DX üzerinde Gösterimi	10
2.10	SAĞ SONAR Girişinin Bulanıklaştırılması	11
2.11	DELTA Girişinin Bulanıklaştırılması	12
2.12	BM Kural Kümesi ve çıkış Değişkeni	13
2.13	Tasarlanan BM sisteminin Akış Şeması	14
2.14	Duvar İzlemede Açı/kapa kontrol(a) ile BM(b) Farkı	15
2.15	Koridor Ortalama İçin tasarlanan Harita	16
2.16	BM Sistemi Giriş ve Çıkışları	17
2.17	Giriş ve çıkışın Robot Üzerinde Gösterimi	17
2.18	Delta Değişiminin Bulanıklaştırılması	18
2.19	Delta1 Değişiminin Bulanıklaştırılması	19
2.20	BM Sisteminin Kural Kümesi	20
2.21	BM Sisteminin çıkışı	21

2.22	Tasarlanan BM sisteminin Akış Şeması	22
2.23	Sağ ve Sol Sonar Verileri	23
2.24	Hedefe Ulaşma İçin Tasarlanan Harita	24
2.25	Hedefe Ulaşma Algoritması Akış Şeması	25
2.26	Robotun Hedefe Ulaşması	26
2.27 Sensörler	Robotun Öndeki Robotu İzlerken Kullandığı Sonar	27
2.28	Tasarlanan BM Sistem Yapısı	28
2.29	ON1_SOL Değişkeni	28
2.30	ON2_SAĞ Değişkeni	29
2.31	BM Kural Kümesi	29
2.32	Hız Değişiminin Kümesi	30
2.33	Açışal Değişiminin Kümesi	31
2.34	BM sistem Algoritması	32
2.35	Robot Takib İçin Geliştirilen Harita	33
2.36	BM ile Robot Takibi Simülasyon Sonucu	34

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simge / Kısaltma	• Açıklama
BM	Bulanık Mantık
P3-DX	Pioneer 3-DX

1. GİRİŞ

Günümüzde robotlar birçok alanda kullanılmaktadır. Artan kullanım alanı robotların çok farklı ortamlarda çalışabilmeleri ihtiyacını doğurmuştur. Bu nedenle, robotların farklı ortamlarda çalışabilmeleri için geliştirme çalışmaları hız kazanmıştır. Robotların gelişimi açısından birçok çalışma yürütülmektedir. Robotların birçoğu bilgisayar ya da işlemciler tarafından denetlenen kollardan oluşmaktadır, bazları da tekerlekler, bacaklar veya paletler üzerinde hareket eden yapılarından oluşmaktadır. Buna bağlı olarak robotlar, başlangıçtaki durağan yapılarına ve işlevselliklerine kıyasla daha gezgin ve daha çok kendi kendilerine hareket edebilen yapılara kavuşmuşlardır.

Gezginlik, robotların konumlarını değiştirebilme yeteneklerinin olup olmadığı olarak tanımlanabilir. Projemizde kullanacağımız P3-DX robottu gezgin bir robottur.

Bizde proje çalışmalarımız süresince gezgin robotumuzu hedef alan birtakım çalışmalar yapacağız.

1.1 Projenin Konusu ve Amacı

Projenin konusu; P3-DX robota çeşitli uygulamalar geliştirerek bunların simülasyonlarını benzetim programında gerçekleştirmek ve daha sonra bu yapılan uygulamaları robot üzerinde denemektir.

Bu uygulamalar; duvar izleme, hareketli objeyi takip etme, engelden kaçma, verilen hedefe ulaşma gibi uygulamalar olabilirler.

1.2 Projede Yapılacak İş ve İşlemler

Projenin ilk aşamasında P3-DX robotun özellikleri öğrenilmiş ve bununla ilgili gerekli araştırmalar yapılmıştır. Robotun sürüs sistemini ve matematiksel modellemesinin nasıl yapılacağı öğrenilmiştir. Bunlara ek olarak ARIA(Advanced Robotics Interface Application) ve MobileSim programlarının kullanımı öğrenilmiştir.

Araştırma sürecinden sonra birinci yarıyıl hedefleri doğrultusunda robot üzerine basit uygulamalar gerçekleştirılmıştır. Bu uygulamalar aç/kapa ve ölübölgeli aç/kapa kontrol ile robotun duvarı izlemesi uygulamalarıdır.

Bunlara ilaveten ikinci yarıyıl hedefleri gereğince robota ek birtakım uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Bu noktada dönem hedeflerimizi sıralayacak olursak;

Birinci Yarıyıl Hedefleri:

- Pioneer robotun çalışması öğrenilecektir.
- Farklı algılayıcılarından veri alınacak ve işlenecektir.
- Diferansiyel modeli olan robotun çalışması ve modellemesi öğrenilecektir.
- Robot üzerine basit uygulamalar gerçekleştirilecektir.

İkinci Yarıyıl Hedefleri:

- Önceki dönem robotun çalışmaları baz alınarak, yeni algoritmalar uygulanacaktır.

2. PROJEDE YAPILAN ARAŞTIRMA VE ÇALIŞMALAR

Projenin birinci yarıyılında yapılan araştırmalar; P3-DX gezgin robotun özelliklerinin, diferansiyel sürüs sistemini ve *ARIA&MobileSim* programlarının kullanımının öğrenilmesidir. Bu araştırmalar sayesinde robota uygulama geliştirmek için gerekli bilgi toplanmıştır.

Araştırmalara ek olarak basit bir uygulamanın hangi yazılım ortamında ve hangi yazılım dili kullanılarak gerçekleştirileceğine karar verilmiştir.

Projede birinci yarıyıl hedefleri doğrultusunda iki adet uygulama gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamalar P3-DX robotun aç/kapa ve ölübülgeli aç/kapa kontrol ile bir duvari izlemesi olarak tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Ayrıca uygulamaların simulasyonu *MobileSim* benzetim programında yapılmıştır.

Projenin ikinci yarıyıl hedefi doğrultusunda ise P3-DX robota 4 adet yeni uygulama daha üretilmiştir. Bu uygulamalar oluşturulurken BM sisteminden yararlanılmış. BM hakkında bilgi toplanmış ve gerekli araştırmalar yapılmıştır. BM kullanımı ile robotun duvari izlemesi, içinde bulunduğu koridoru ortalaması ve başka bir robottu takip etmesi uygulamaları gerçekleştirilmiştir.

2.1 Bulanık Mantık

BM, 1961 yılında Lotfi A. Zadeh'in yayınladığı bir makalenin sonucu olmuş bir mantık yapısıdır. Zadeh'e göre BM çoklu değerliliktir. Klasik mantığın (0 – 1) veya (Doğru-Yanlış) önermelerine karşılık BM, üç veya daha fazla sayıda önerme oluşturur.

Bu nedenle BM de, klasik mantıktaki keskin geçişlerin aksine her bir değişkenin üyelik fonksiyonunun derecesi vardır.

Aşağıda bir meyvenin Elma olma durumunu, klasik ve BM farkı ile bu şekilde gösterebiliriz.



Şekil 2.1 – BM ve Klasik Mantık Farkı

Şekilden de görüldüğü gibi grinin tonlarını gördiğimiz BM sisteminde doğruluğun bir derecesi vardır. Bu derece değişkendir. Klasik mantığın aksine keskin geçişler söz konusu değildir.

2.1.1 Bulanık Mantığın Özellikleri

BM'ın başlıca özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

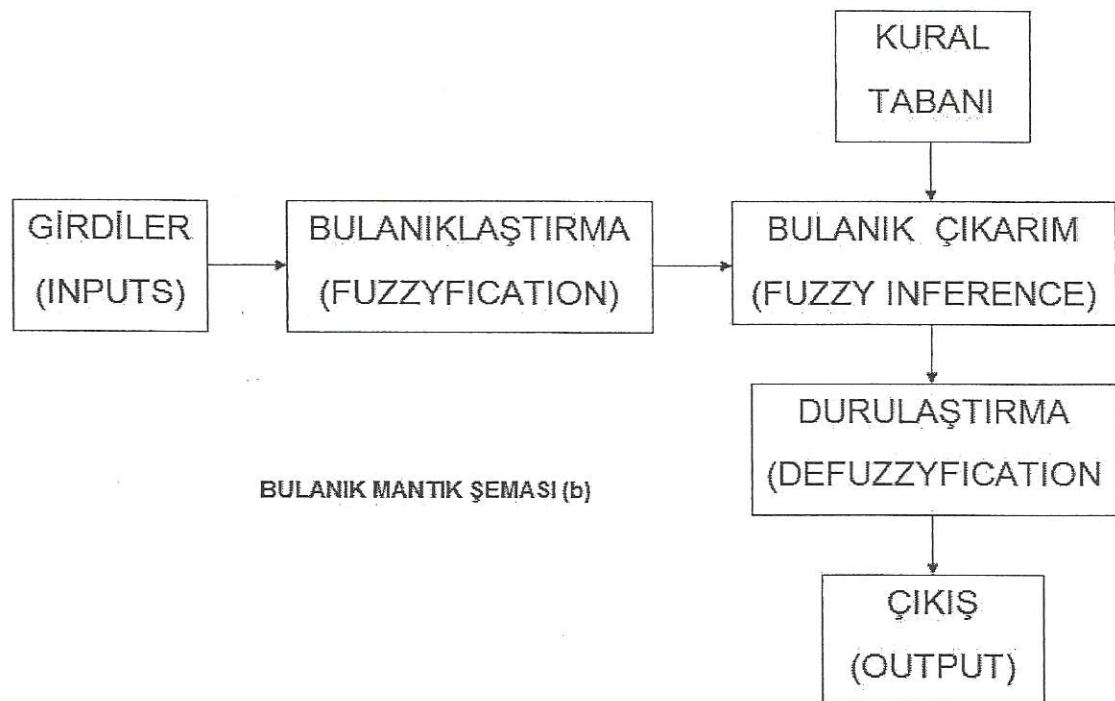
- "doğru" , "çok doğru" , "az çok doğru" v.b. gibi sözel olarak ifade edilen (lingüistik-dilsel-değişkenli) doğruluk derecelerine sahip olması.
- Geçerliliği kesin değil fakat yaklaşık olan çıkarım kurallarına sahip olması.
- Her kavramın bir derecesi olması.
- Her mantıksal sistemin bulanıklaştırılabilmesi.

Bu özellikler göz önünde bulundurarak klasik mantık ile BM'yi karşılaşırıracak olursak;



KLASİK MANTIK ŞEMASI (a)

Şekil 2.2 – Klasik Mantık

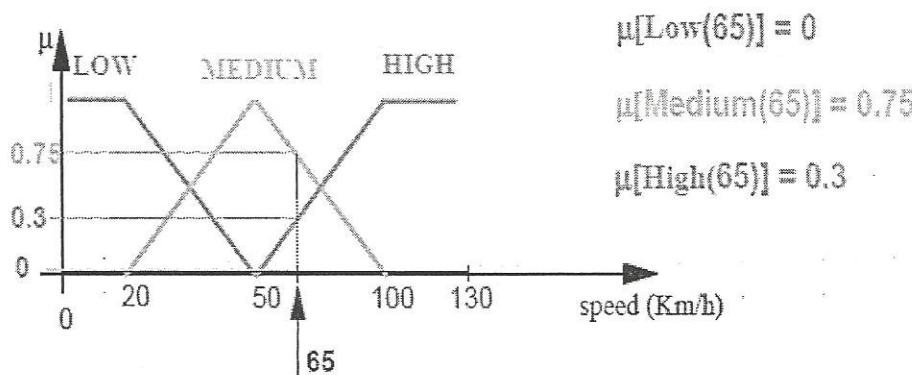


Şekil 2.3 – Bulanık Mantık

Şekillerdende görüldüğü gibi klasik mantık ve BM sistemlerinin ana yapıları yukarıdaki gibidir. Bu noktada BM sisteminde; Bulanıklaştırma, Bulanık Çıkarım ve Durulaştırma işlemleri ön plana çıkmaktadır.

2.1.2 Bulanıklaştırma

Bulanıklaştırma bir BM sisteminde alınan bir giriş değerinin, dilsel değişkenlere göre herbir üyelik derecesindeki katsayı hesabının yapılması işlemidir. Bu işlem sistemdeki giriş değerinin, üyelik fonksiyonlarındaki doğruluk derecesini saptamayı sağlar.



Şekil 2.4 – Bir Sistemin Bulanıklaştırılması

Yukarıdaki şekil 2.4'te de gördüğümüz gibi; arabanın hız miktarını giriş olarak alan bir sistem dilsel değişkenlerle bulanık kümelere ayrılabilir.

Low,Medium,High gibi dilsel değişkenlerle bulanık kümelere ayrılan sistem, görüldüğü gibi "65 km/h" değerindeki bir hız verisinin katsayı değerlerini hesaplar. Bu değerler hesaplandıktan sonra bulanıklaştırma işlemi son bulur.

2.1.3 Bulanık Çıkarım

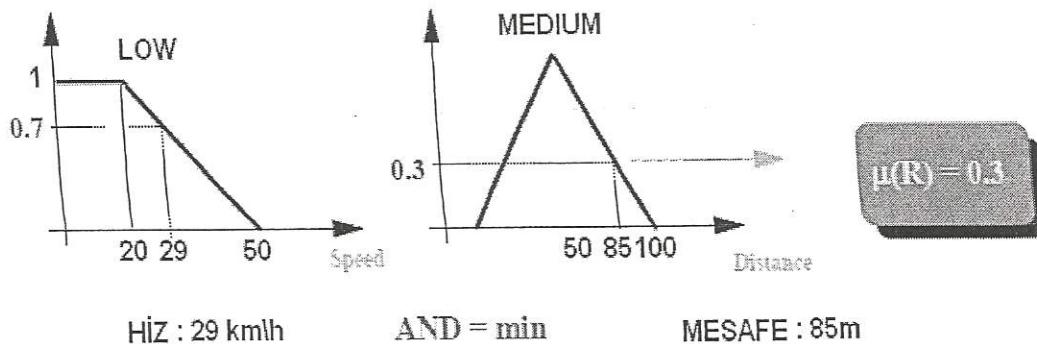
Bulanık çıkarım işleminde; BM sisteminin kuralları belirlenir. Bu kurallar (if-then) motodu ile oluşturulur. Her bir koşul ve bunun sonucunda sistemin üreteceği tepki belirlenir. Aşağıda, şekil 2.5'te de görüldüğü gibi Hiz ve mesafe değişkenlerinin durumuna göre ve kuralımıza göre bulanıklaştırma işleminde hesaplanan katsayı değerlerine göre minimum katsayı hesaplanacak ve buna göre çıkış işlemeye yani durulaştırma işlemeye geçilecektir.

Bulanık mantık kurallarını örnek olarak aşağıdaki gibi oluşturabiliriz;

(IF) Eğer Arabanın *HIZI* orta ve (AND) *MESAFE* az ise(THEN) yavaşla. OUTPUT)

IF) Eğer Arabanın *HIZI* yüksek ve (AND) *MESAFE* az ise(THEN) çok yavaşla. OUTPUT) gibi...

If Speed is LOW AND Distance is MEDIUM



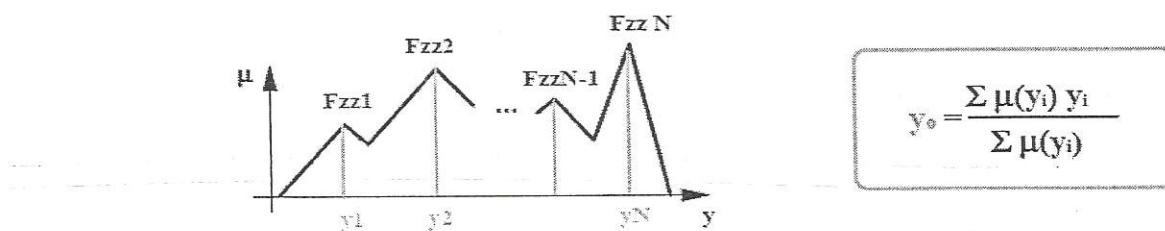
Şekil 2.5 – Bulanık Mantık Sisteminin Bulanık Çıkarımı

Katsayılar hesaplanmış ve BM kurallarına göre minimum katsayı hesaplanmıştır. Bu noktada durulaştırma işlemine geçilir ve çıkış için sayısal bir değer hesaplanır.

2.1.4 Durulaştırma

Durulaştırma işleminde; bulanık çıkarımda minimumu alınan katsayı değeriyle yine BM kuralları ile belirlenen çıkış katsayısının çarpımı yapılır. Bu çarpım sonucu çıkışta kontrol ettiğimiz çıkış değerini hesaplamış olurz. Bu işlem "Height Metodu" olarak adlandırılır. Şekil 2.6'da bu methodun kullanımı gösterilmektedir.

➤ Height method



y_i = Uzun Bir Süreçte Belirlenen Çıkış Katsayıları

$\mu(y_i)$ = Kurallara göre Minimumu alınan üyelik değeri (0-1 arasında)

Şekil 2.6 – Bulanık Mantık Sisteminin Durulaştırılması

2.1 Gezgin Robot İçin Geliştirilen Uygulamalar

Projemizin ikinci yarıyıl hedefleri doğrultusunda BM 'ı kullanarak birtakım uygulamalar gerçekleştirdik.

Bu uygulamalar;

- P3-DX gezgin robotun BM ile duvar izlemesi
- P3-DX gezgin robotun BM ile koridoru ortlaması
- P3-DX gezgin robotun verilen bir hedef noktasına ulaşımı
- P3-DX gezgin robotun BM ile bir başka robotu takibi uygulamalarıdır.

2.1.1 P3-DX Gezgin Robotun BM ile Duvar İzlemesi

Problemin Tanımı:

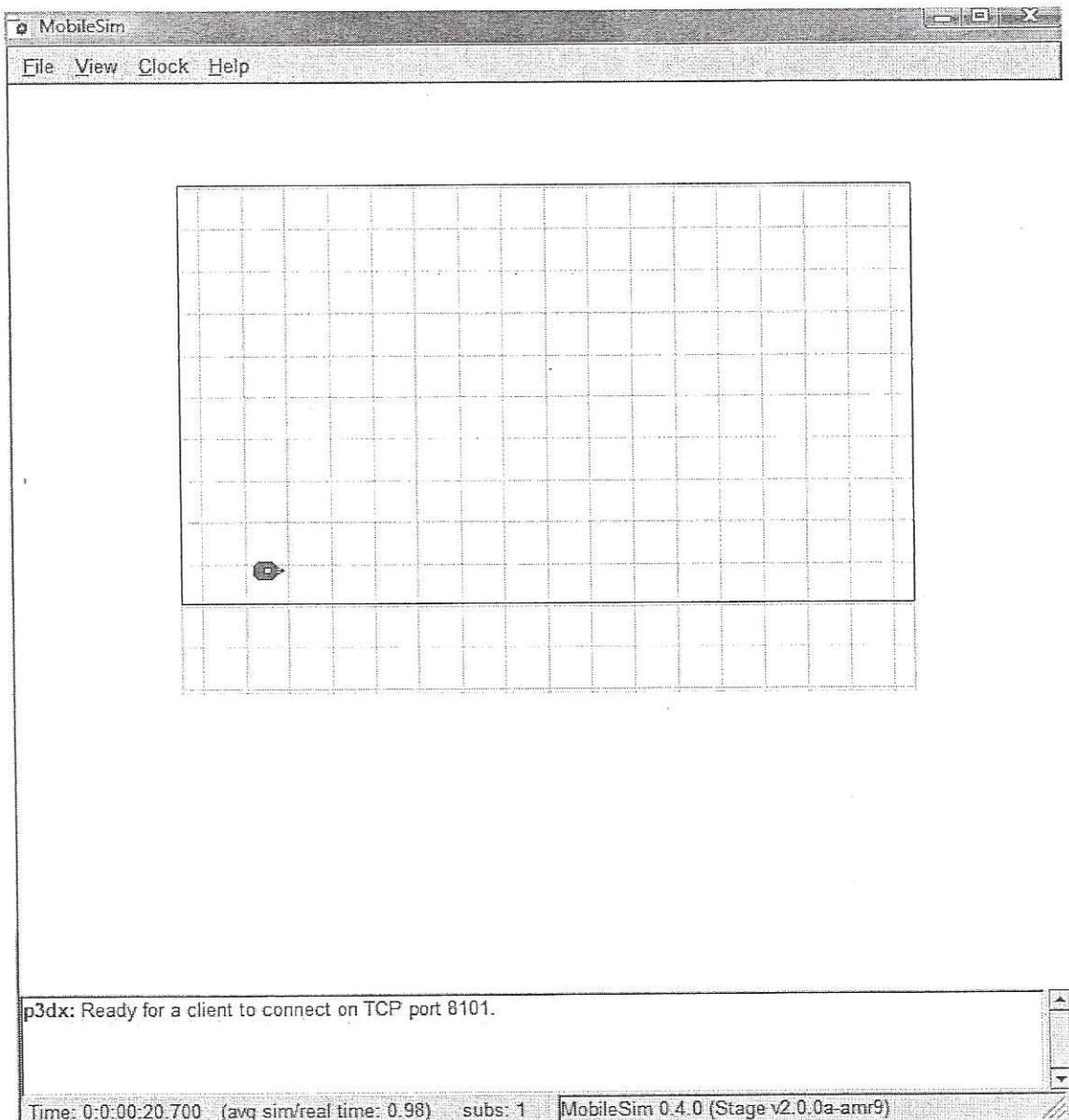
P3-DX gezgin robotun; duvar izleme mesafesini kullanıcidan alarak bu uzaklıği sabit tutması ve duvarı kararlı bir şekilde izlemesi istenmektedir.

Problemin Çözüm Yöntemi:

BM kuralları çerçevesinde oluşturulan algoritma ile; robot duvari kararlı bir şekilde izlemiş ve simülasyonu *MobileSim* benzetim programında yapılmıştır.

Uygulamanın yapılmasındaki amaç; robotun sağ tarafındaki duvari yalpalama yapmadan izlemesini sağlamaktır. Bu noktada robotun varacağı hedefe olan varış süresini ölçerek, güç kullanımı hakkında yorum yapılacaktır. Ayrıca Açı/kapa kontrol ile yapılan uygulama arasında karşılaştırmalar yapılacaktır.

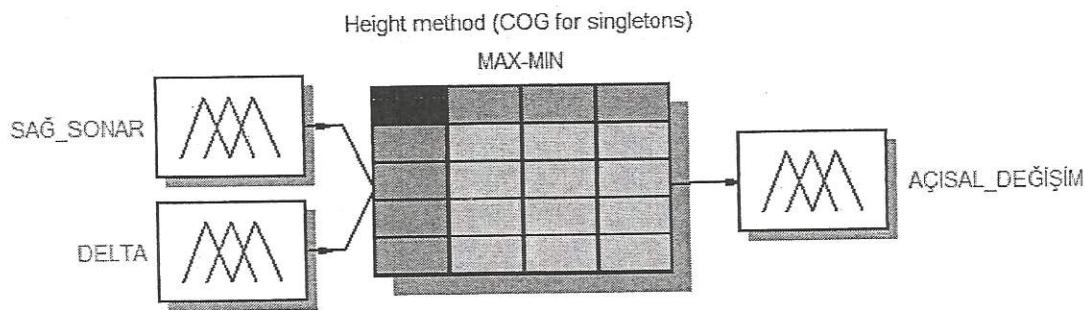
Öncelikle robotun simülasyonunu yapacağı harita *mapper3* programı ile tasarlanmıştır. Bu harita şekil 2.7 da gösterilmektedir.



Şekil 2.7 – Duvar İzleme İçin tasarlanan Harita

Harita tasarlama işleminden sonra kullanılacak sonar sensörlerine karar verilmiştir. Bunlar ön, sağ,sol ve robotun sağ tarafındaki çapraz iki sensördür.

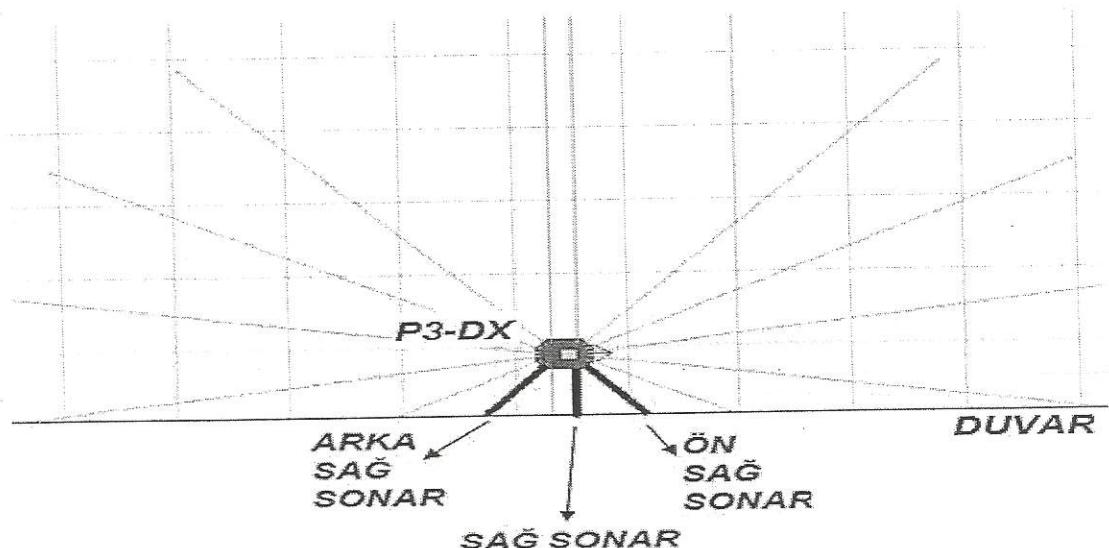
P3-DX DUVAR_TAKİP



Şekil 2.8 – BM Sistemi Giriş ve Çıkışları

Kullanılan Sensörler seçildikten sonra BM sisteminin giriş ve çıkışı belirlenmiştir. BM sisteminin yapısı şekil 2.8 de gösterilmektedir.

Bu noktada sistemin; SAĞ SONAR ve DELTA adında 2 girişi bulunmaktadır. Bunlara ek olarak çıkışta robotun AÇISAL DEĞİŞİM'i kontrol edilmektedir.



Şekil 2.9 – Girişlerin P3-DX üzerinde Gösterimi

Şekil 2.9'da da görüldüğü gibi robota 2 boyutta bakacak olursak; sensörlerin konumuna göre DELTA ve SAĞ SONAR giriş değerlerini şekilden rahatça görebiliriz.

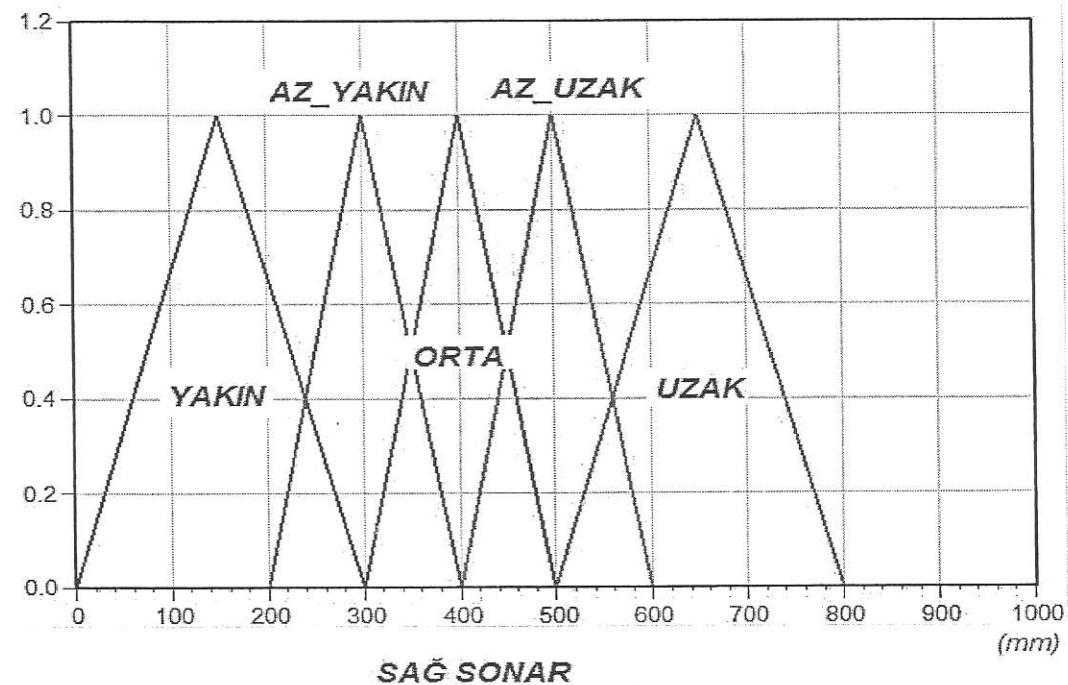
Bu iki giriş değerini aşağıdaki gibi matematiksel olarak ifade edebiliriz;

$$\text{DELTA} = (\text{Ön Sağ Sonar} - \text{Arka Sağ Sonar}) \quad (2 \text{ simetrik sonar sensörün anlık uzaklık bilgisinin farkı})$$

$$\text{SAĞ SONAR} = (\text{Robotun } 90 \text{ derecelik sağ sensöründen alınan anlık uzaklık bilgisi})$$

Bu noktada BM sisteminin amacı SAĞ SONAR giriş değerini kullanıcının programın başında robotun duvarı takip mesafesi olarak istediği değerde tutmasını sağlamaktır. Bunlara ek olarak DELTA değişim değerini 0'a götürerek robotun yalpalamasını engellemek amaçlanmıştır.

Bu amaçlar güdüllererek bir BM sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan sistemin 2 giriş değişkeninin üçgen yapıları ve dilsel değişkenleri şekiş 2.10 ve 2.11 deki gibidir.



Şekil 2.10 – SAĞ SONAR Girişinin Bulanıklaştırılması

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi düşey eksen üyelik derecesini, yatay eksen ise uzaklık miktarını (mm cinsinden) göstermektedir. Menzilimiz 800mm olarak tasarlanmıştır. Fakat yazdığım programda; kullanıcıdan duvari izlenecek mesafeyi isteyerek, bu mesafe ile üçgenlerin orta noktası olan 400 (mm) arasındaki farkı alarak üçgenleri sağa kaydırabiliyoruz, bu sayede duvar izleme işlemini daha esnek bir yapıya dönüştürüyoruz. Yaptığımız bu işlemin bize kazancı 800 mm lik menzilin daha yüksek bir değere mesela 1000-1500 mm değerlerine yükseltilebilmiş olamasıdır.

Şekilden de görüldüğü gibi "YAKIN, AZ_YAKIN , ORTA , AZ_UZAK, UZAK" dilsel değişkenleri kullanarak SAĞ SONAR verisini bulanıklaştırmakta yani bir anlamda kategorize etmekteyiz.

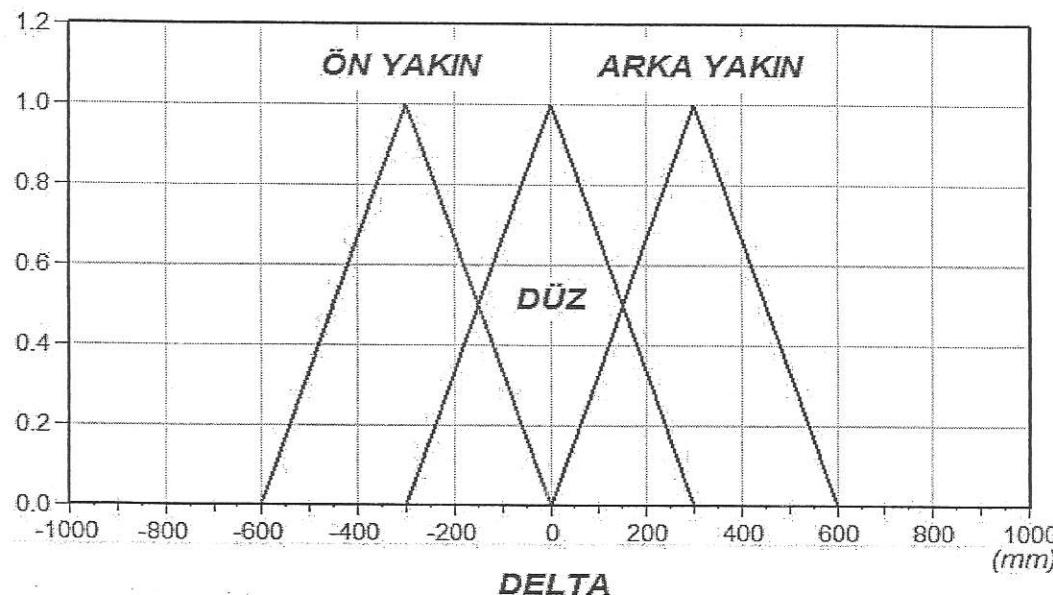
YAKIN KÜMESİ : (0 - 300mm)

AZ_YAKIN KÜMESİ : (200 - 400mm)

ORTA KÜMESİ: (300 - 500mm) → sınırlar.

AZ_UZAK KÜMESİ: (400 - 600mm)

UZAK KÜMESİ: (500 - 800mm)



Şekil 2.11 – DELTA Girişinin Bulanıklaştırılması

Delta yi daha önce söylediğimiz gibi; P3-DX robotun; 6 numaralı (-50 derece) ve 9 numaralı (-130 derece) sonar sensörlerinin uzaklık bilgisi farkından oluşturduk. Bulanıklaştırılan DELTA değişkeni şekil 2.11'de görülmektedir.

DELTA 'yı; “ÖN YAKIN, DÜZ ve ARKA YAKIN” gibi dilsel değişkenler kullanarak kategorize ettik.

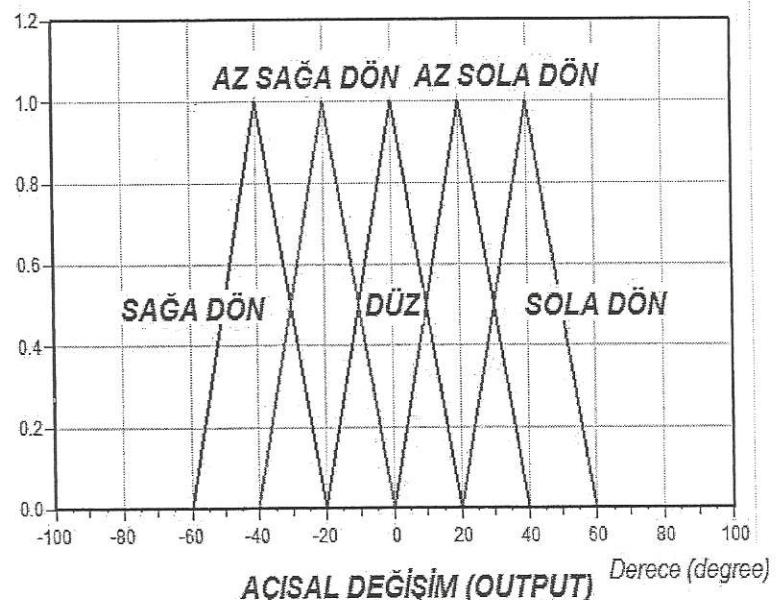
ÖN YAKIN KÜMESİ : (-600 - 0mm)

DÜZ KÜMESİ: (-300 - 300mm)

ARKA YAKIN KÜMESİ : (0 - 600mm)

→ sınırlar.

	SAĞ SONAR	DELTA	AÇISAL DEĞİŞİM
1	ORTA	DÜZ	DÜZ
2	ORTA	ÖN_YAKIN	AZ_SOLA_DÖN
3	ORTA	ARKA_YAKIN	AZ_SAĞA_DÖN
4	UZAK	DÜZ	SAĞA_DÖN
5	UZAK	ÖN_YAKIN	DÜZ
6	UZAK	ARKA_YAKIN	SAĞA_DÖN
7	YAKIN	DÜZ	SOLA_DÖN
8	YAKIN	ÖN_YAKIN	SOLA_DÖN
9	YAKIN	ARKA_YAKIN	DÜZ
10	AZ_UZAK	DÜZ	AZ_SAĞA_DÖN
11	AZ_UZAK	ÖN_YAKIN	DÜZ
12	AZ_UZAK	ARKA_YAKIN	SAĞA_DÖN
13	AZ_YAKIN	DÜZ	AZ_SOLA_DÖN
14	AZ_YAKIN	ÖN_YAKIN	SOLA_DÖN
15	AZ_YAKIN	ARKA_YAKIN	DÜZ



Şekil 2.12– BM Kural Kümesi ve Çıkış Değişkeni

Girişler Bulanıklaştırma işlemine tabi tutulduktan sonra BM kural kümemiz ve çıkış değişkeni için katsayı kümemiz oluşturulmuştur. Bu kümeler şekil 2.12 de gösterilmektedir.

DÜZ= 0 (Derece)

AZ SAĞA DÖN= -20 (Derece)

SAĞA DÖN= -40 (Derece)

AZ SOLA DÖN= 20 (Derece)

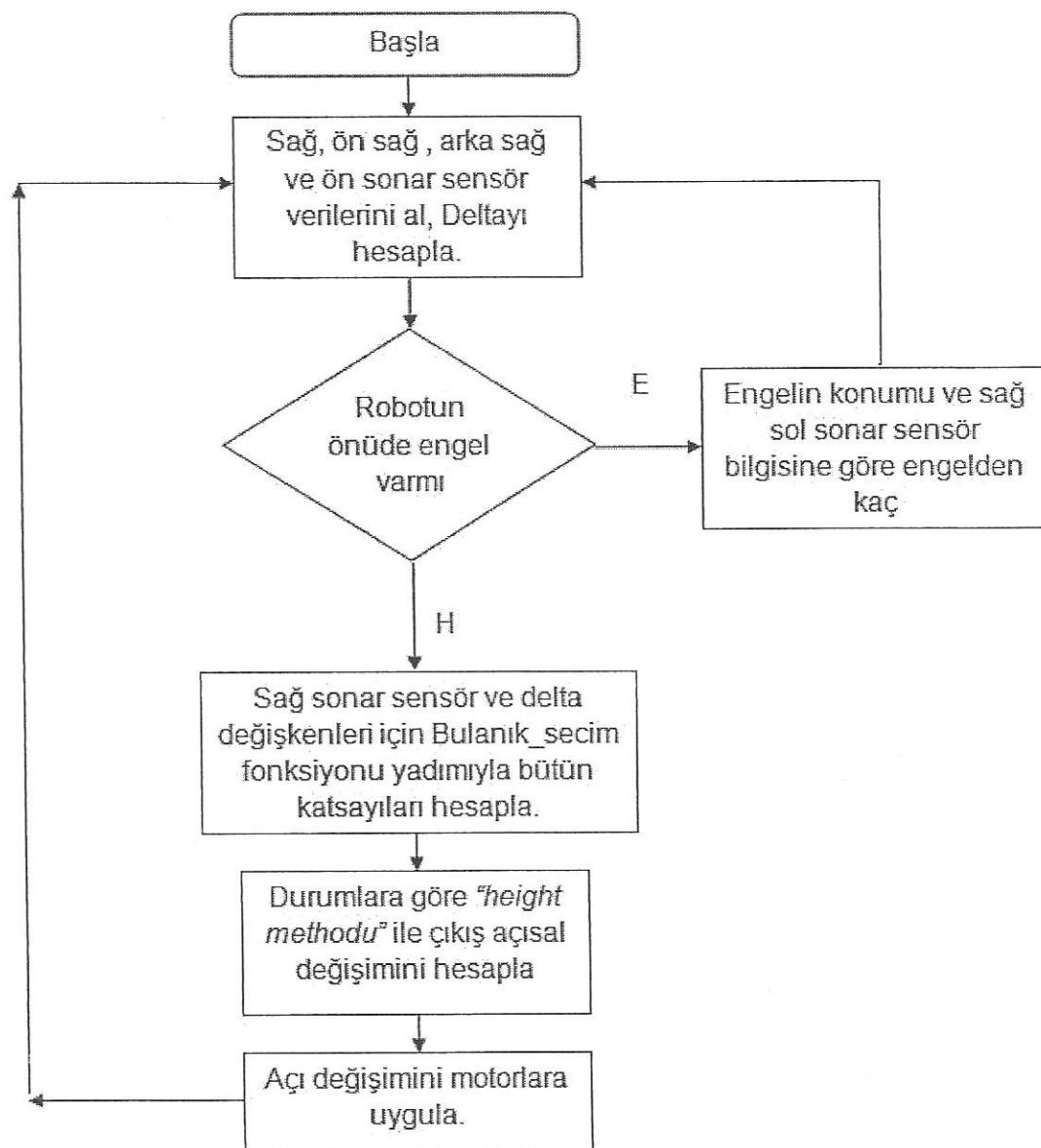
SOLA DÖN= 40 (Derece)

→BM Sisteminin Çıkış Katsayıları

Bu katsayılar robotun açısal olarak kontrolü nedeniyle (-) veya (+) şeklinde atanmıştır.

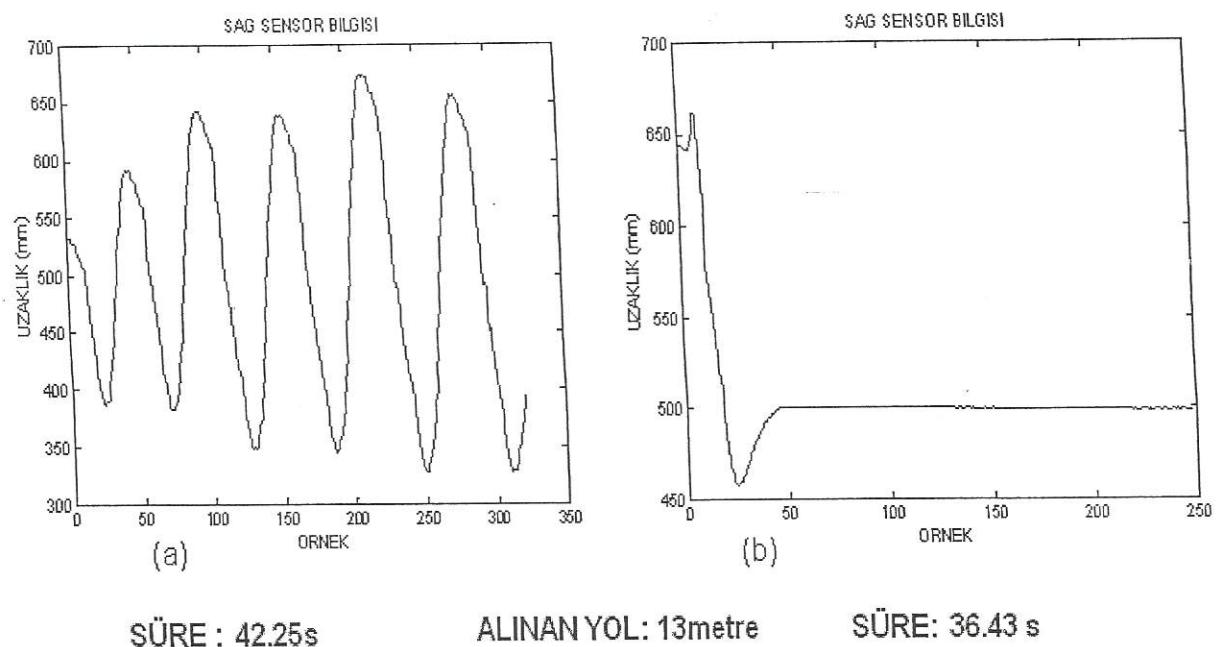
Sonuç olarak P3-DX robottu bulanık mantık ile istediğimiz mesafede (400-1500mm) arasında tutarak duvar izleme işlemini kararlı bir şekilde gerçekleştirmiş

olduk. Sistemin özetî olarak BM sisteminin akış şeması şekil 2.13 de gösterilmektedir.



Şekil 2.13– Tasarlanan BM sisteminin Akış Şeması

Benzetimde kaydedilen veriler ile oluşturulan grafikler ise aşağıdaki gibidir.



Belirlenen Hiz : 400 mm/s

Belirlene Duvar Uzaklığı : 500mm

Şekil 2.14 Duvar İzlemede Açı/kapa kontrol(a) ile BM(b) Farkı

Görüldüğü gibi Açı/kapa kontrolde; robot 500mm lik uzaklık etrafında salınım yapmaktadır. Bu salınım sonucu hedefe, BM sistemine göre 6 saniye daha geç varmıştır ve yaklaşık olarak 2400mm daha fazla yol almıştır.

Sonuç olarak Güç tüketimi açısından ve kararlılık açısından BM sisteminin Açı/Kapa kontrole göre çok daha iyi bir sonuç sergilediği görülmektedir.

2.1.2 P3-DX Gezgin Robotun BM ile Koridoru Ortlaması

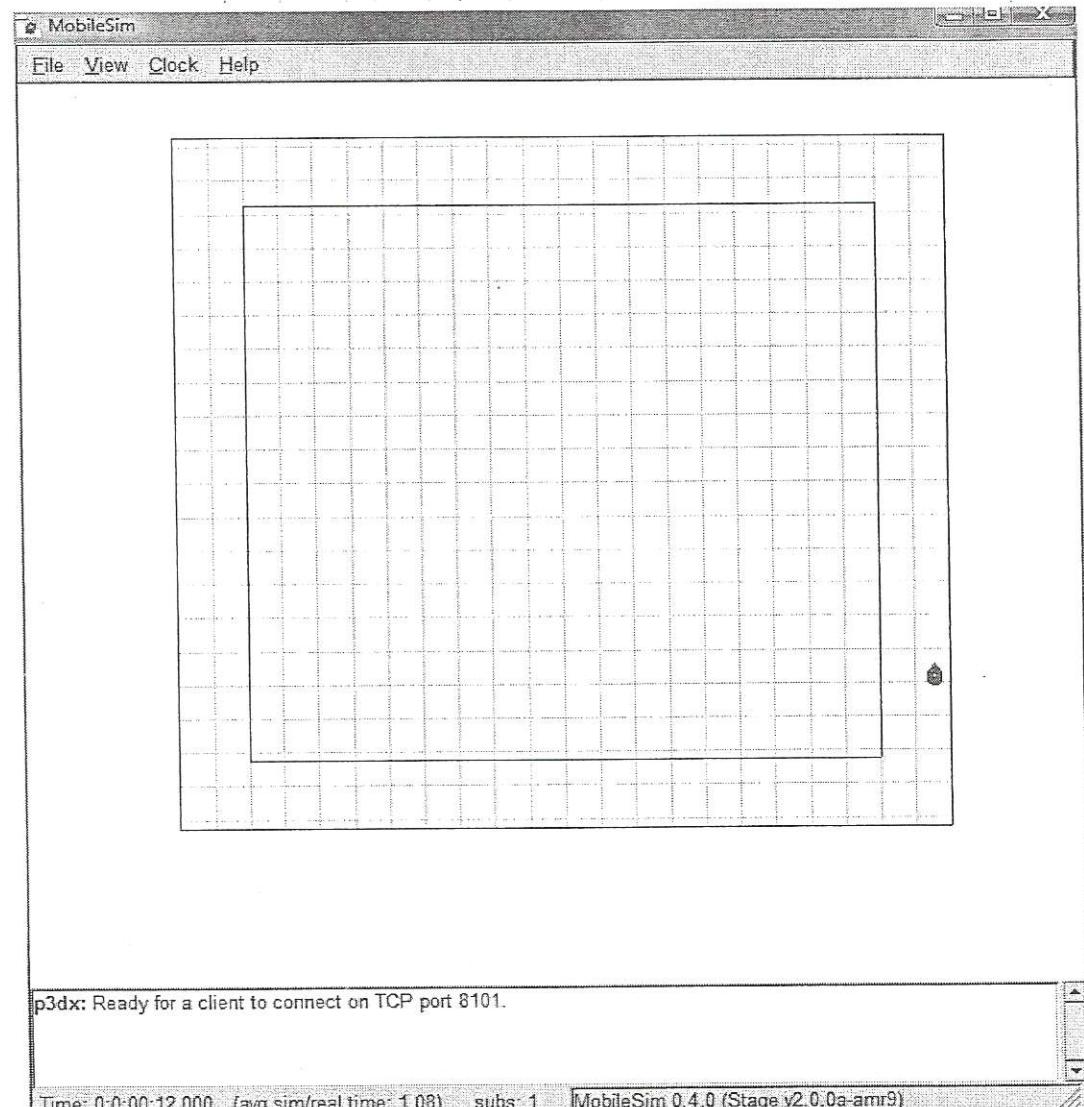
Problemin Tanımı:

P3-DX gezgin robotun; içinde bulunduğu koridoru ortalayarak yoluna devam etmesi istenmektedir.

Problemin Çözüm Yöntemi:

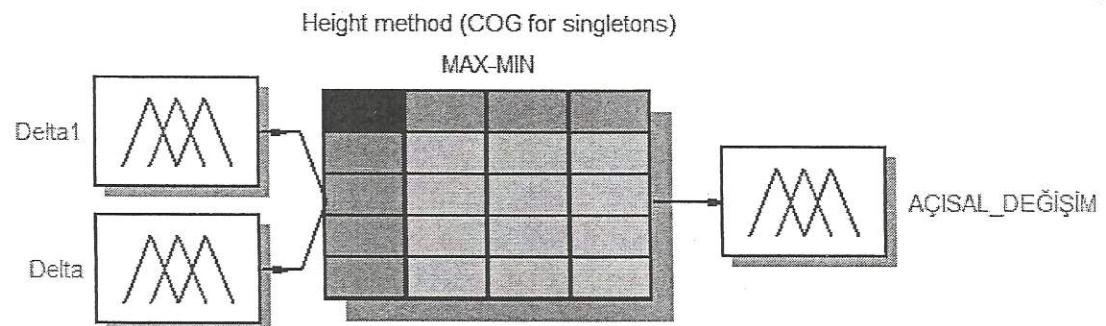
BM kuralları çerçevesinde oluşturulan algoritma ile; robot koridoru ortalamış ve simulasyonu *MobileSim* benzetim programında yapılmıştır.

Öncelikle robotun simulasyonunu yapacağı harita *mapper3* programı ile tasarlanmıştır. Bu harita şekil 2.15 de gösterilmektedir.



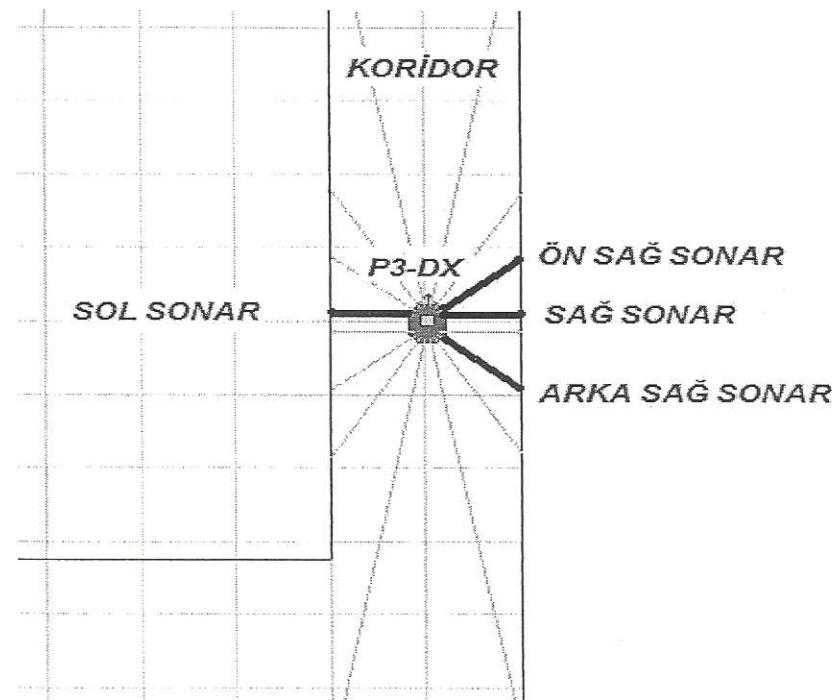
Şekil 2.15 – Koridor Ortalama İçin tasarılanan Harita

P3-DX KORİDOR_TAKİP



Şekil 2.16 – BM Sistemi Giriş ve Çıkışları

Sistem 2 girişten oluşmaktadır. Bu girişler; Delta ve Delta1 dir. Bu iki girişe bağlı olarak BM sistemi çıkışta robotun açısal değişimini kontrol etmektedir.

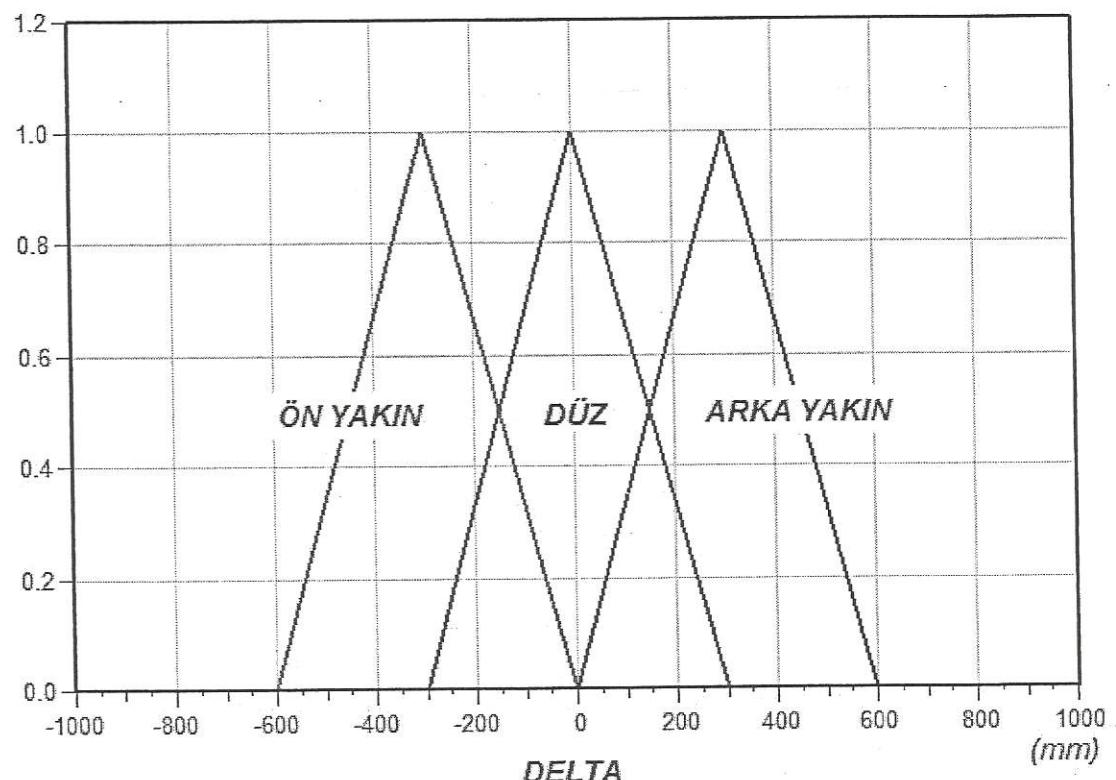


Şekil 2.17 – Giriş ve Çıkışın Robot Üzerinde Gösterimi

$$\begin{aligned} \text{Delta} &= (\text{Ön Sağ Sonar} - \text{Arka Sağ Sonar}) \\ \text{Delta1} &= (\text{Sağ Sonar} - \text{Sol Sonar}) \end{aligned}$$

Delta değişimi ile robot duvara göre düz tutulması amaçlanmıştır. Delta1 girişi ile de robotun sağı ile solu arasındaki uzaklık eşitlenmeye çalışılmıştır.

Bu amaçla BM sisteminin girişleri için BM üçgenleri oluşturulmuştur.



Şekil 2.18 – Delta Değişiminin Bulanıklaştırılması

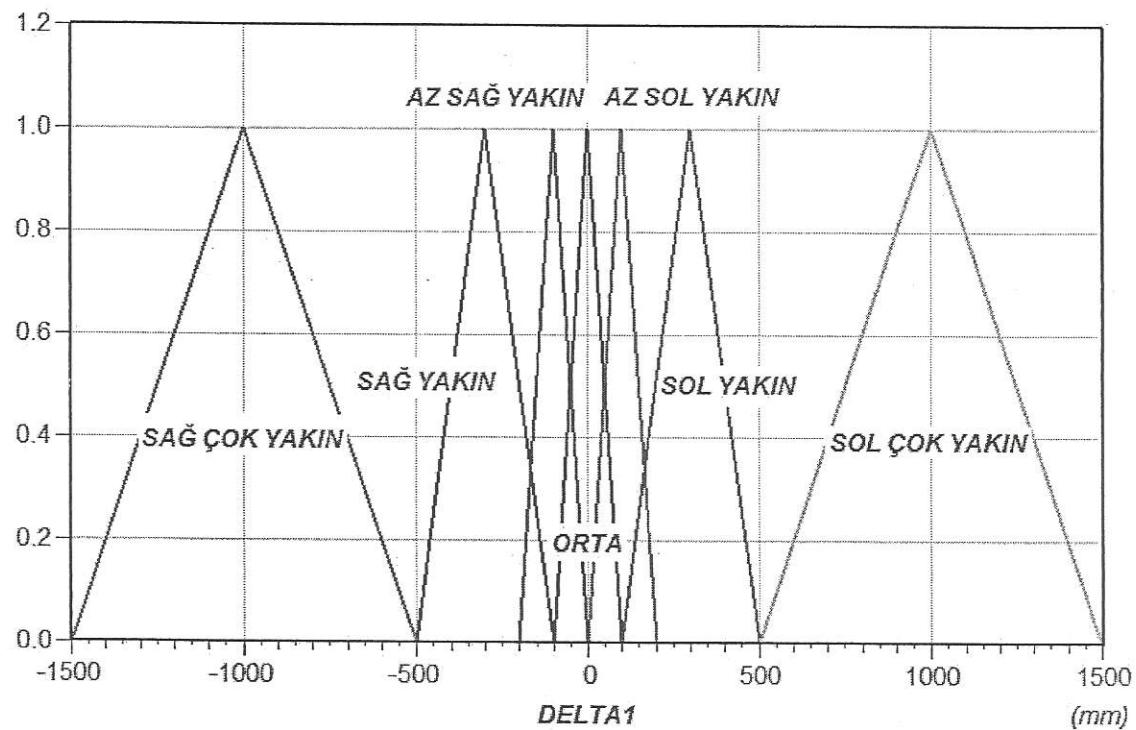
Delta 'yı; “ÖN YAKIN, DÜZ ve ARKA YAKIN” gibi dilsel değişkenler kullanarak kategorize ettik.

ÖN YAKIN KÜMESİ : (-600,0mm)

DÜZ KÜMESİ: (-300,300mm) → sınırlar.

ARKA YAKIN KÜMESİ : (0,600mm)

Delta1 değişkenini de bu şekilde bulanıklaştırırsak şekil 2.19 deki gibi bir yapı elde etmiş oluruz.



Şekil 2.19 – Delta1 Değişiminin Bulanıklaştırılması

Sekilde görüldüğü gibi "SAĞ_ÇOK_YAKIN, SAĞ_YAKIN, AZ_SAĞ_YAKIN, ORTA, AZ_SOL_YAKIN, SOL_YAKIN, SOL_ÇOK_YAKIN" dilsel değişkenleri kullanarak Delta1 verisini bulanıklaştmakta yani bir anlamda kategorize etmekteyiz.

AZ_SAĞ_YAKIN KÜMESİ: (-200,0 mm)

SAĞ_YAKIN KÜMESİ : (-500,-100 mm)

SAĞ_ÇOK_YAKIN KÜMESİ: (-500, -1500)

ORTA KÜMESİ: (-100,100mm) → sınırlar.

AZ_SOL_YAKIN KÜMESİ: (0,100mm)

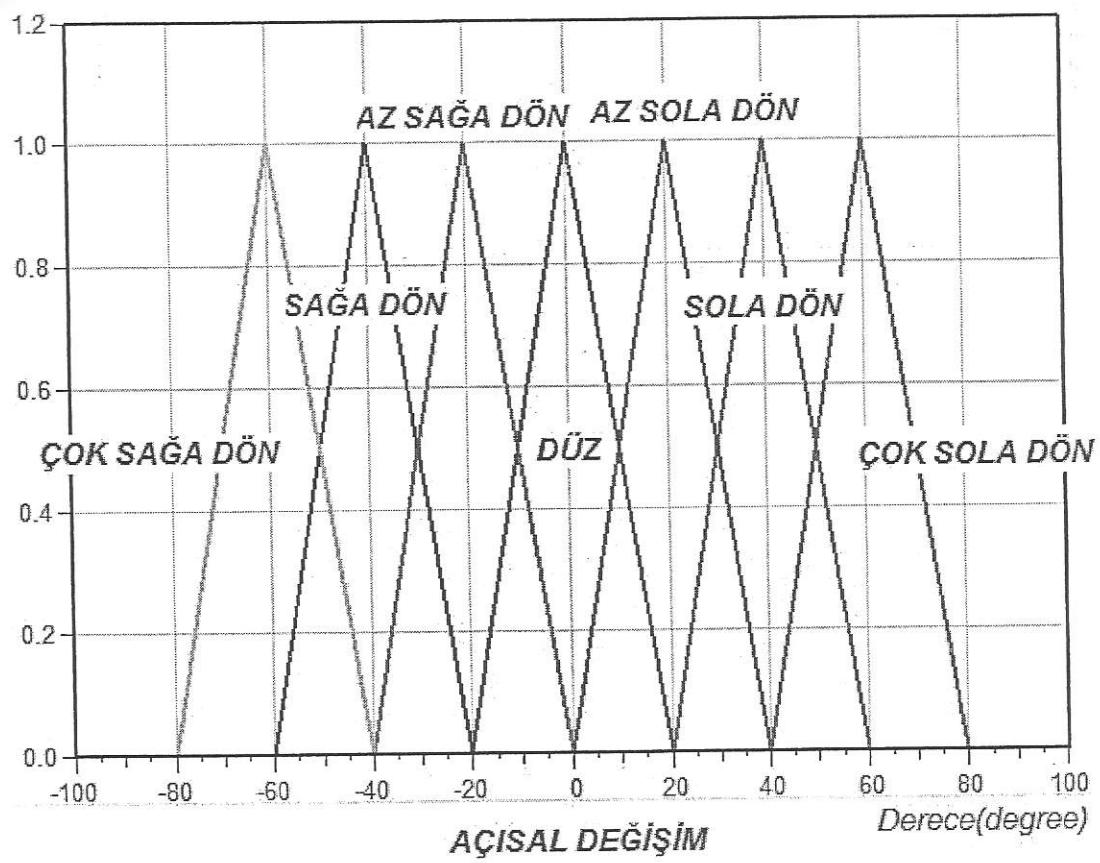
SOL_YAKIN KÜMESİ: (0,500mm)

SOL_ÇOK_YAKIN KÜMESİ: (500,1500mm)

	Delta1	Delta	AÇISAL_DEĞİŞİM
1	ORTA	DÜZ	DÜZ
2	ORTA	ÖN_YAKIN	AZ_SOLA_DÖN
3	ORTA	ARKA_YAKIN	AZ_SAĞA_DÖN
4	SOL_YAKIN	DÜZ	SAĞA_DÖN
5	SOL_YAKIN	ÖN_YAKIN	DÜZ
6	SOL_YAKIN	ARKA_YAKIN	SAĞA_DÖN
7	SAG_YAKIN	DÜZ	SOLA_DÖN
8	SAG_YAKIN	ÖN_YAKIN	SOLA_DÖN
9	SAG_YAKIN	ARKA_YAKIN	DÜZ
10	AZ_SOL_YAKIN	DÜZ	AZ_SAĞA_DÖN
11	AZ_SOL_YAKIN	ÖN_YAKIN	DÜZ
12	AZ_SOL_YAKIN	ARKA_YAKIN	SAĞA_DÖN
13	AZ_SAG_YAKIN	DÜZ	AZ_SOLA_DÖN
14	AZ_SAG_YAKIN	ÖN_YAKIN	SOLA_DÖN
15	AZ_SAG_YAKIN	ARKA_YAKIN	DÜZ
16	SAĞ_COKYAKIN	DÜZ	ÇOK_SOLA_DÖN
17	SAĞ_COKYAKIN	ÖN_YAKIN	ÇOK_SOLA_DÖN
18	SAĞ_COKYAKIN	ARKA_YAKIN	DÜZ
19	SOL_COKYAKIN	DÜZ	ÇOK_SAĞA_DÖN
20	SOL_COKYAKIN	ÖN_YAKIN	ÇOK_SAĞA_DÖN
21	SOL_COKYAKIN	ARKA_YAKIN	DÜZ

Şekil 2.20 – BM Sisteminin Kural Kümesi

BM sisteminin kural kümesi şekil 2.20'de görülmektedir. Kural kümesine göre çıkış katsayımız belirlenecektir.



Şekil 2.21 – BM Sisteminin Çıkışı

Cıktı Değişkeni olarak belirlediğimiz Açısal Değişim şekil 2.21'de gösterilmektedir. Cıktı katsayılarımız ise aşağıdaki gibidir;

$$\text{ÇOK_SAĞA_DÖN} = -60 \text{ (Derece)}$$

$$\text{SAĞA_DÖN} = -40 \text{ (Derece)}$$

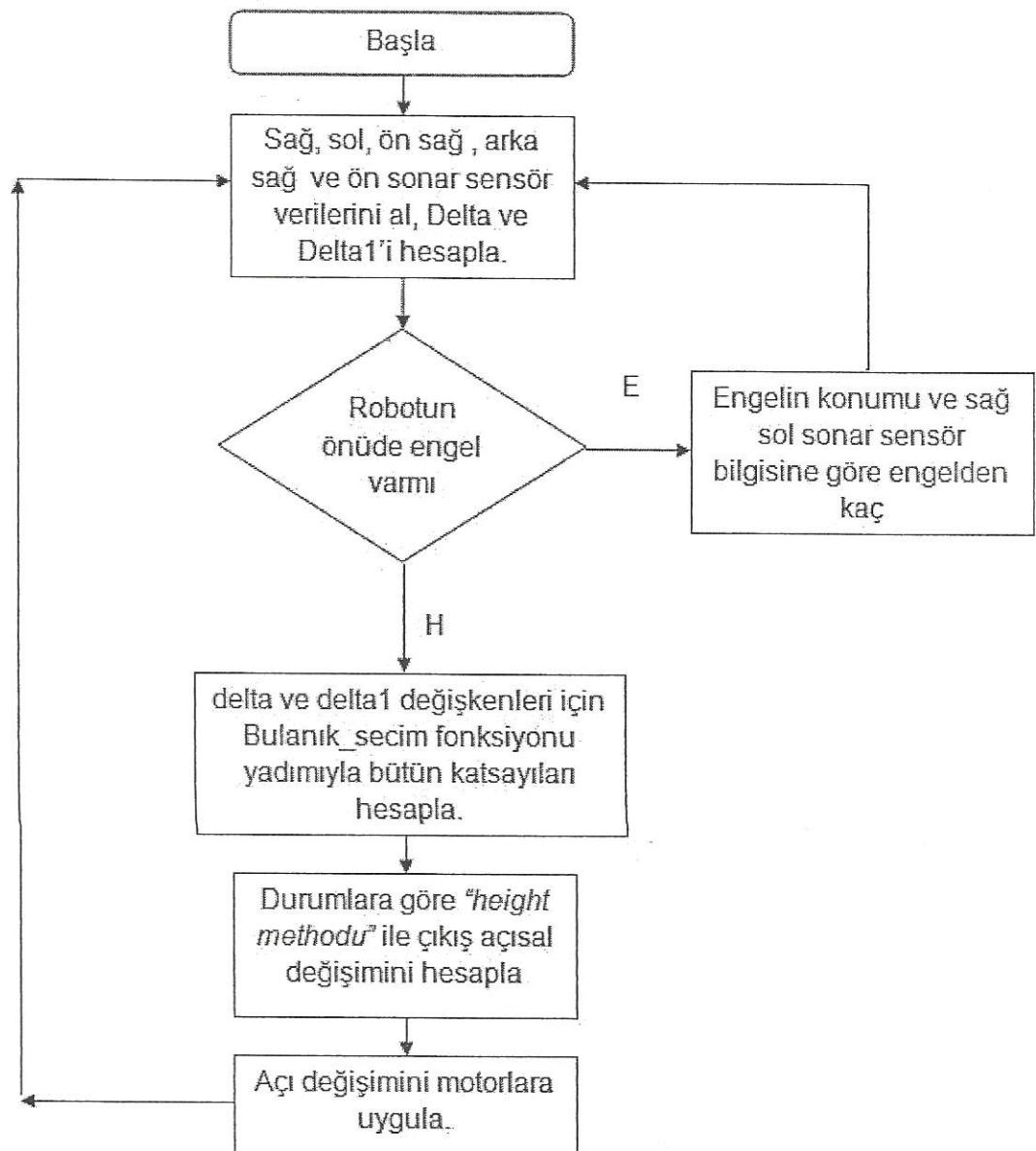
$$\text{DÜZ} = 0 \text{ (Derece)}$$

→BM Sisteminin Çıktı Katsayıları

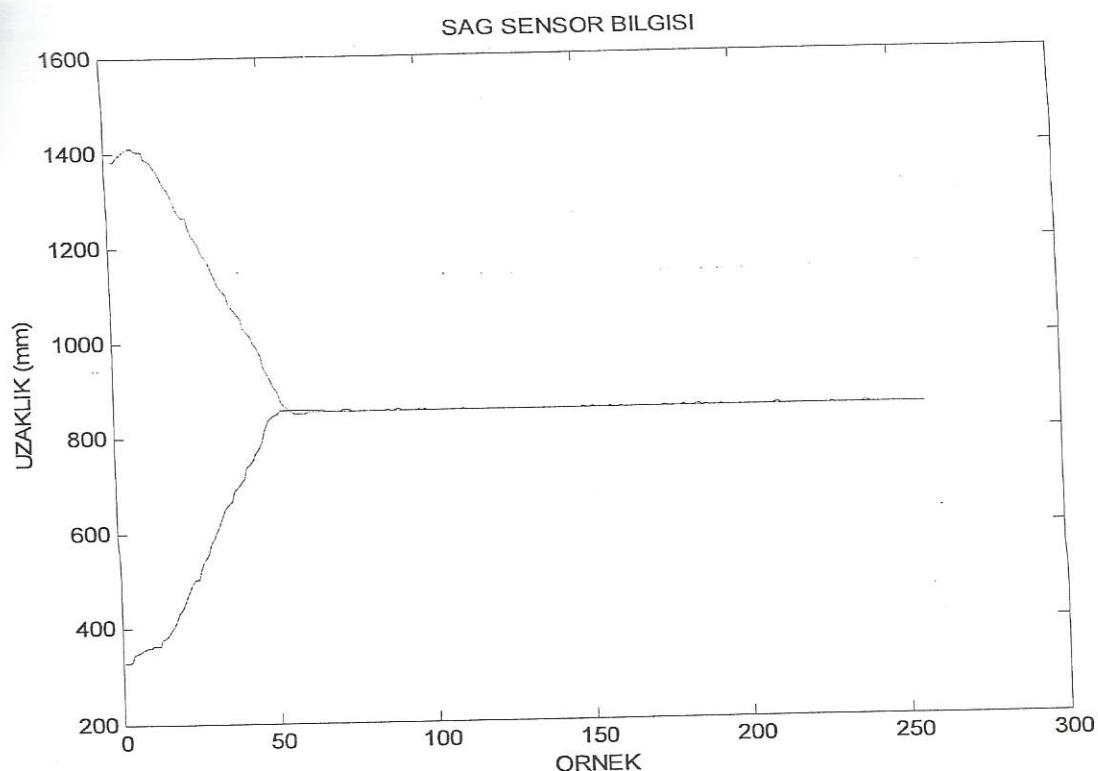
$$\text{SOLA_DÖN} = 40 \text{ (Derece)}$$

$$\text{ÇOK_SOLA_DÖN} = 60 \text{ (Derece)}$$

Sistemin temel algoritması şekil 2.22 daki gibidir.



Şekil 2.22 – Tasarlanan BM sisteminin Akış Şeması



Şekil 2.23 – Sağ ve Sol Sonar Verileri

P3-DX gezgin robottu koridor izlerken sağ ve sol sonar sensörlerinden alınan veriler, *matlab* programı sayesinde çizdirilmiştir. Bu çizdirilen veriler şekil 2.23 te görülmektedir. Sonuç olarak şekilde görüldüğü gibi, P3-DX robot koridoru başarıyla ortalamıştır.

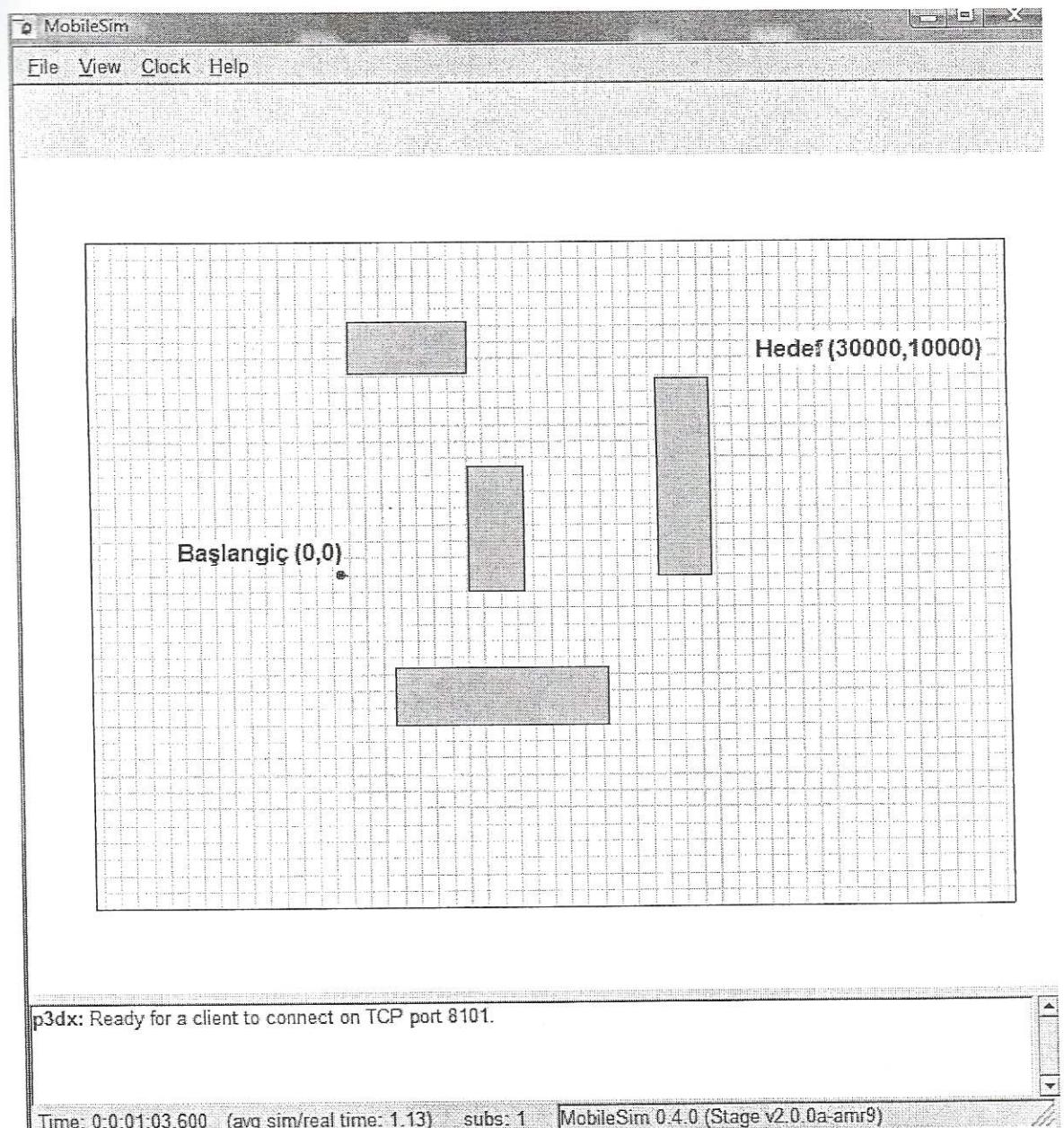
2.1.3 P3-DX Gezgin Robotun Verilen Bir Hedef Noktasına Ulaşması

Problemin Tanımı:

P3-DX gezgin robottun; verilen bir kordinata göre engellere çarpmadan hedefe gitmesi amaçlanmakta bu nedenle bir algoritma üretilmesi istenmektedir.

Problemin Çözüm Yöntemi:

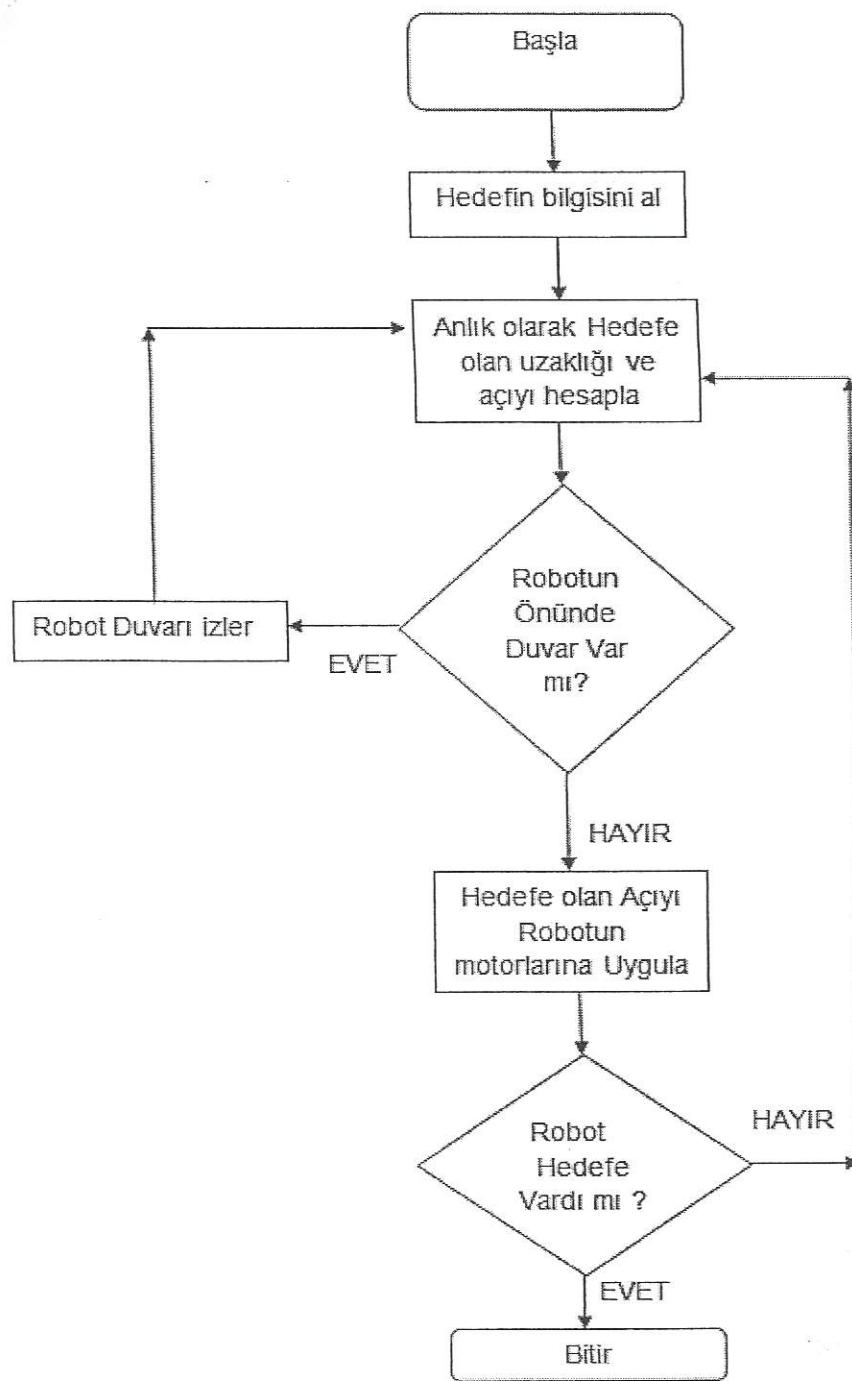
P3-DX gezgin robottun hedefe olan açısı anlık olarak hesaplanmıştır. Bu hesap ile açısal değişim bulunmuştur ve bu değişim robotun rotasında uygulanmıştır. Eğer robotun rotasında engel varsa bu engelden kaçılmış, duvar varsa duvar izlenmiştir. Ayrıca P3-DX gezgin robottun hedefe olan konum edilmiş ve hedefe ulaşılınca robottun durması sağlanmıştır. Bu işlem ortamında gerçekleşmiştir.



Şekil 2.24 – Hedefe Ulaşma İçin Tasarlanan Harita

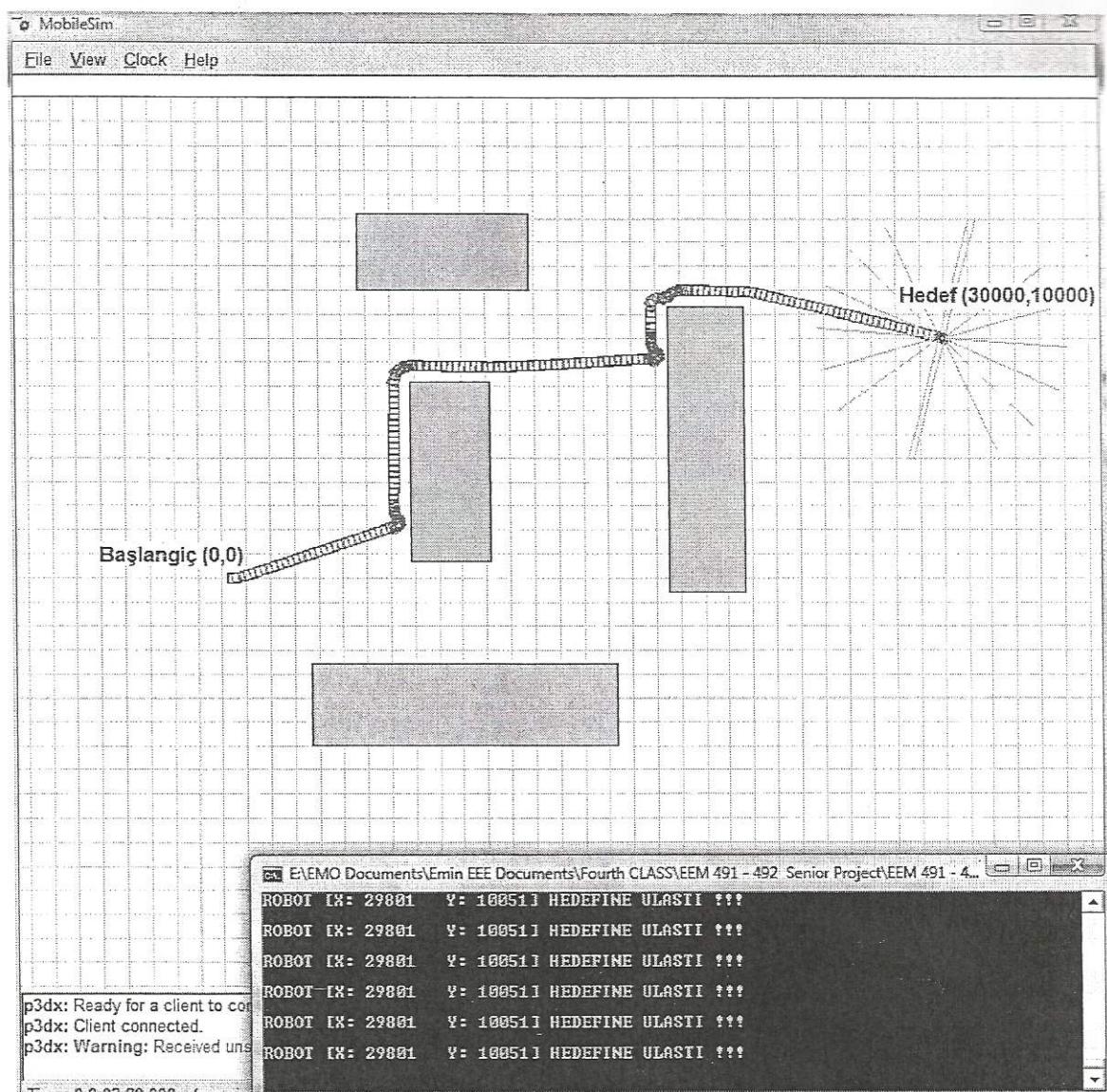
Şekilden de görüldüğü gibi P3-DX gezgin robot başlangıç(0,0) noktasından başlayarak, hedef(16000,12000) noktasına ulaşmayı amaçlamaktadır. Gezgin robot bu yolculuk esnasında önüne çıkan engellerden kaçacak ve duvarlarla izleyerek hedefine ulaşacaktır.

Gezgin robotun hedefine ulaşması için tasarlanan algoritma aşağıdaki gibidir;



Şekil 2.25 – Hedefe Ulaşma Algoritması Akış Şeması

Bu algoritma ile robot başlangıç noktası olan (0,0) noktasından (30000,10000) hedef noktasına aşağıdaki gibi bir yol izleyerek ulaşmıştır.



Şekil 2.26 – Robotun Hedefe Ulaşması

Sonuç olarak robot verilen bir kordinata, hedefe gitme algoritması ile varmıştır. *MobileSim* benzetim programı kullanılarak bu işlemin simülasyonu gerçekleştirilmiştir.

2.1.4 P3-DX Gezgin Robotun BM ile Bir Başka Robotu Takibi

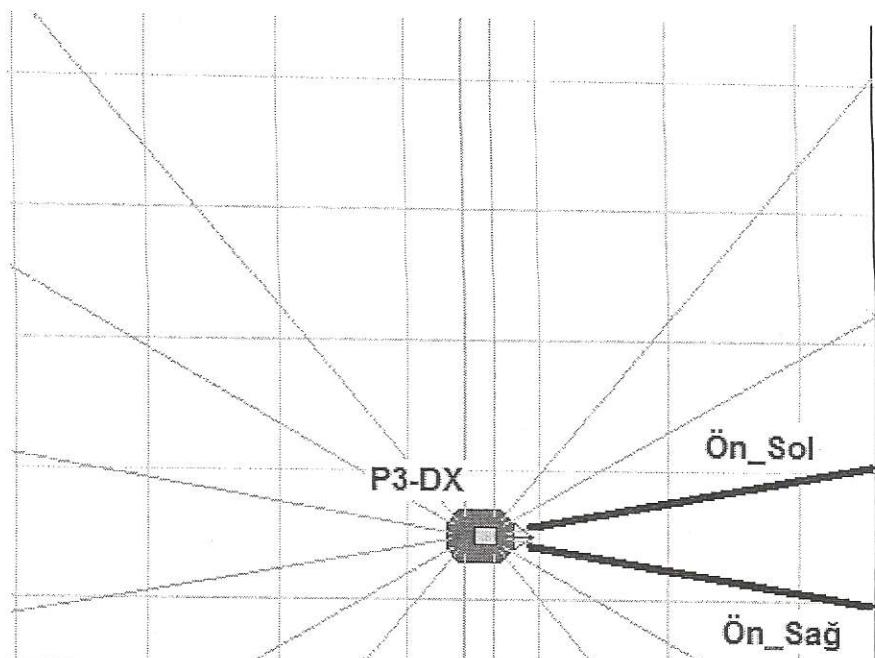
Problemin Tanımı:

P3-DX gezgin robotun; bir başka P3-DX robotu arkasından belirli bir hızda ve uzaklıkta izlemesi isteğidir.

Problemin Çözüm Yöntemi:

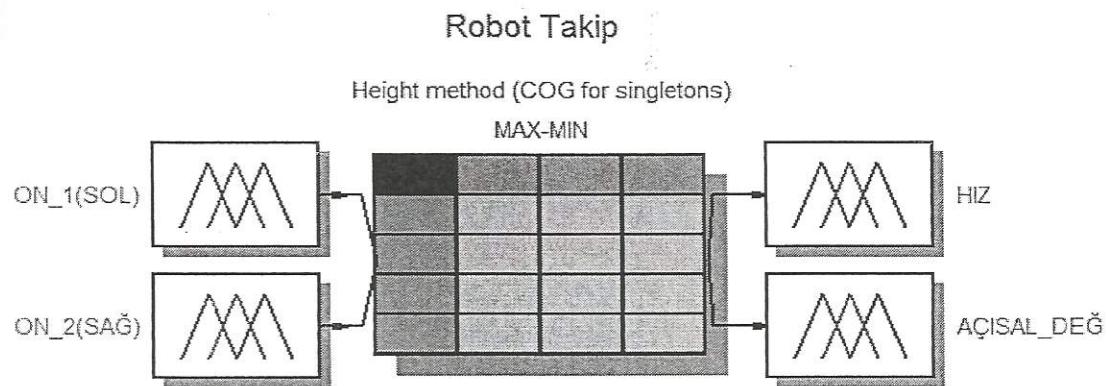
İzleyici robotun hızının ve diğer robotla arasındaki mesafenin, BM sistemiyle ayarlanması sağlanması amaçlanmaktadır. Bu nedenle iki girişli ve iki çıkışlı bir BM sistemi tasarlanmıştır.

BM sistemindeki iki giriş robotun en önündeki iki sensöründür. Aşağıda Şekil 2.27 da bu sensörler görülmektedir.

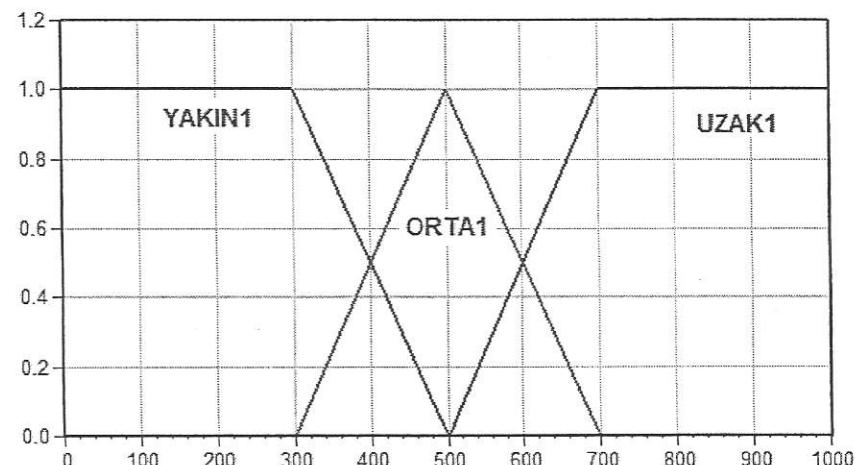


Şekil 2.27 – Robotun Öndeki Robotu İzlerken Kullandığı Sonar Sensörler

Ön_Sol ve Ön_sağ verileri BM sisteminin girişleridir. Çıkış olarak ise Hız değişimi ve Açısal değişimle robot kontrol edilmektedir. Şekil 2.28 sistemin yapısı görülmektedir.



Şekil 2.28 – Tasarlanan BM Sistem Yapısı

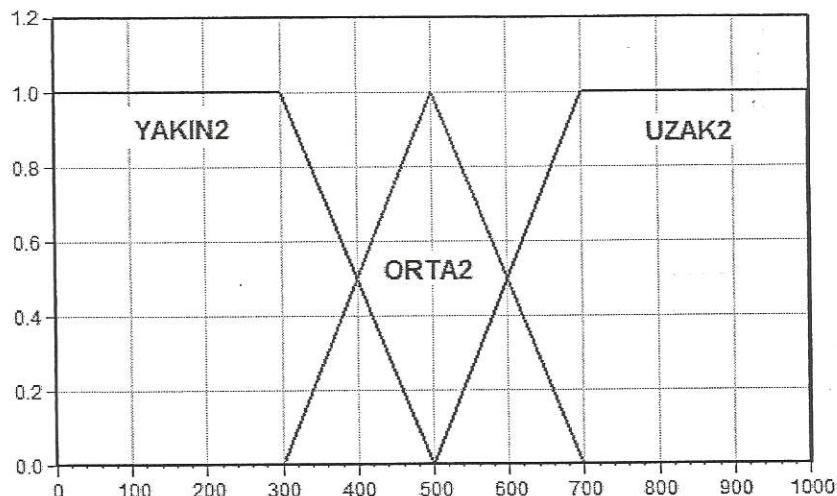


Şekil 2.29 – ON1_SOL Değişkeni

ON1_(SOL) girişinin bulanıklaştırılması ile şekildeki gibi bir üçgen sistemi elde edilmiştir.

ON1_(SOL) girişi ise; “YAKIN1, ORTA1 ve UZAK1” gibi dilsel değişkenler kullanarak kategorize edilmiştir.

YAKIN1 KÜMESİ : (500,300,0mm)
 ORTA1 KÜMESİ: (300,700mm) → sınırlar.
 UZAK1 KÜMESİ : (500,700,∞ mm)



Şekil 2.30 – ON2_SAĞ Değişkeni

ON2_(SAĞ) girişi de; “YAKIN2, ORTA2 ve UZAK2” gibi dilsel değişkenler kullanılarak kategorize edilmiştir

YAKIN2 KÜMESİ : (500,300,0mm)

ORTA2 KÜMESİ: (300,700mm) → sınırlar.

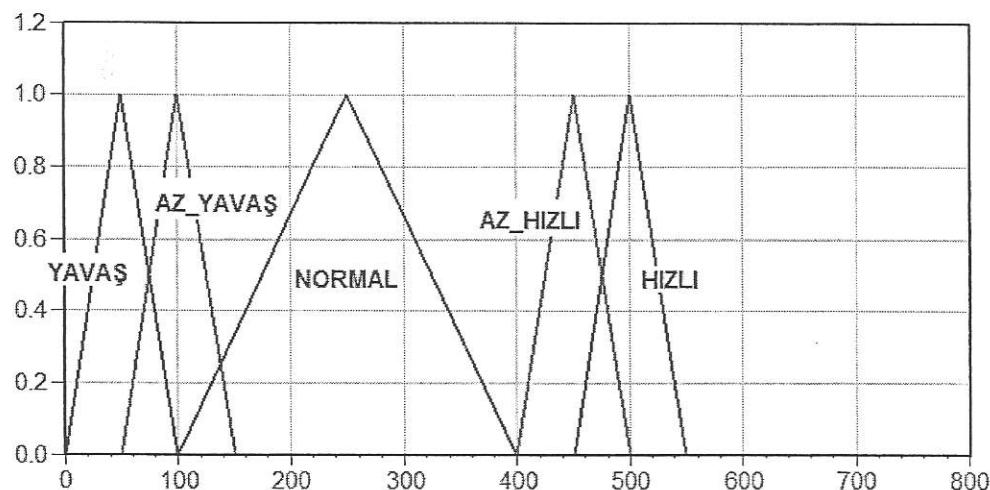
UZAK2 KÜMESİ : (500,700,∞ mm)

Bulanıklaştırma işleminden sonra BM kural kümemizi belirledik. BM kural kümemiz şekil 2.31 de gösterilmektedir.

	ON_1(SOL)	ON_2(SAĞ)	HIZ	AÇISAL_DEĞ
1	Yakın1	Yakın2	Yavaş	Düz
2	Yakın1	Orta2	Az_yavaş	Az_sol
3	Yakın1	Uzak2	Az_yavaş	Sol
4	Orta1	Yakın2	Az_yavaş	Az_sağ
5	Orta1	Orta2	Normal	Düz
6	Orta1	Uzak2	Normal	Sol
7	Uzak1	Yakın2	Az_yavaş	Sağ
8	Uzak1	Orta2	Normal	Sağ
9	Uzak1	Uzak2	Hızlı	Düz

Şekil 2.31 – BM Kural Kümesi

Bulanık Çıkarım işleminden sonra Durulaştırma işlemine geçmek için BM sisteminin çıkışındaki hız ve açısal değişimin katsayıları belirlenmiştir. Bu katsayılar şekil 2.32 ve 2.33 de detaylı bir biçimde gösterilmektedir.



Şekil 2.32 – Hız Değişiminin Kümesi

Hız değişimi için aşağıdaki katsayılar belirlenmiştir.

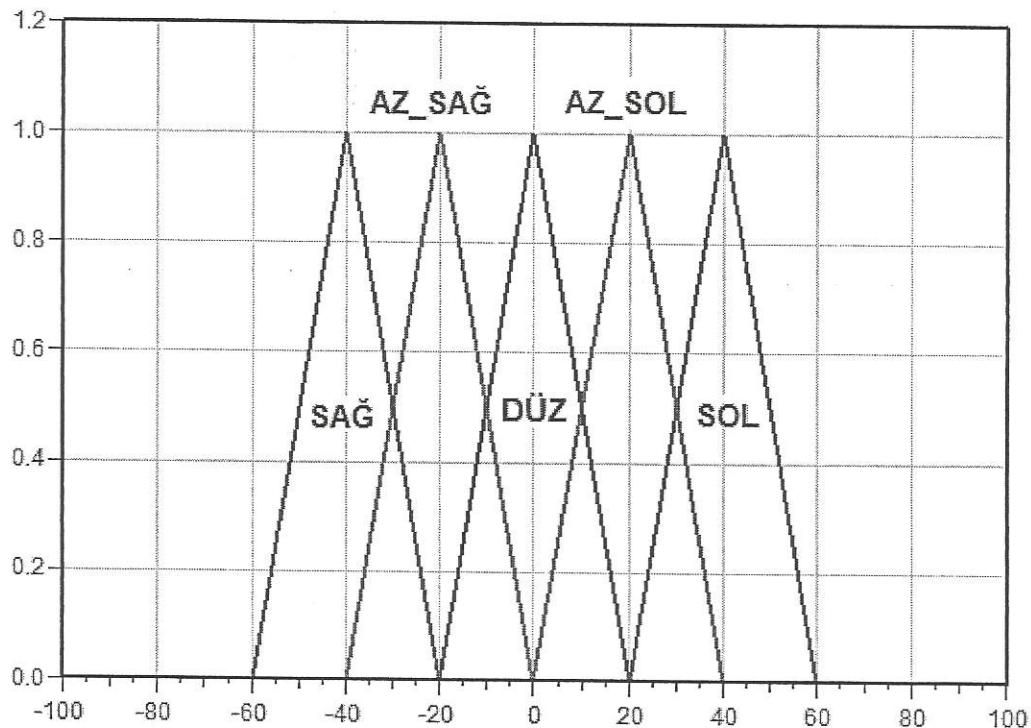
$$YAVAŞ = 50 \text{ mm/s}$$

$$AZ_YAVAŞ = 100 \text{ mm/s}$$

NORMAL = 250 mm/s → Hız değişimi için çıkış katsayıları

$$AZ_HIZLI = 450 \text{ mm/s}$$

$$HIZLI = 500 \text{ mm/s}$$



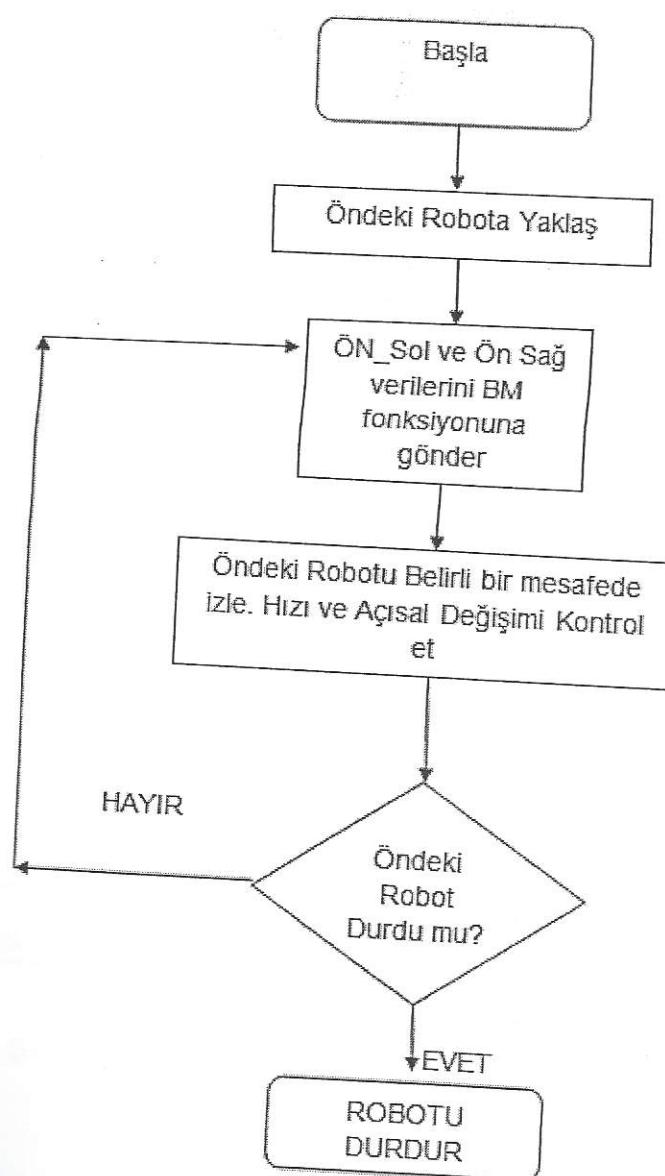
Şekil 2.33 – Açısal Değişimminin Kümesi

Açısal değişim için de aşağıdaki katsayılar belirlenmiştir.

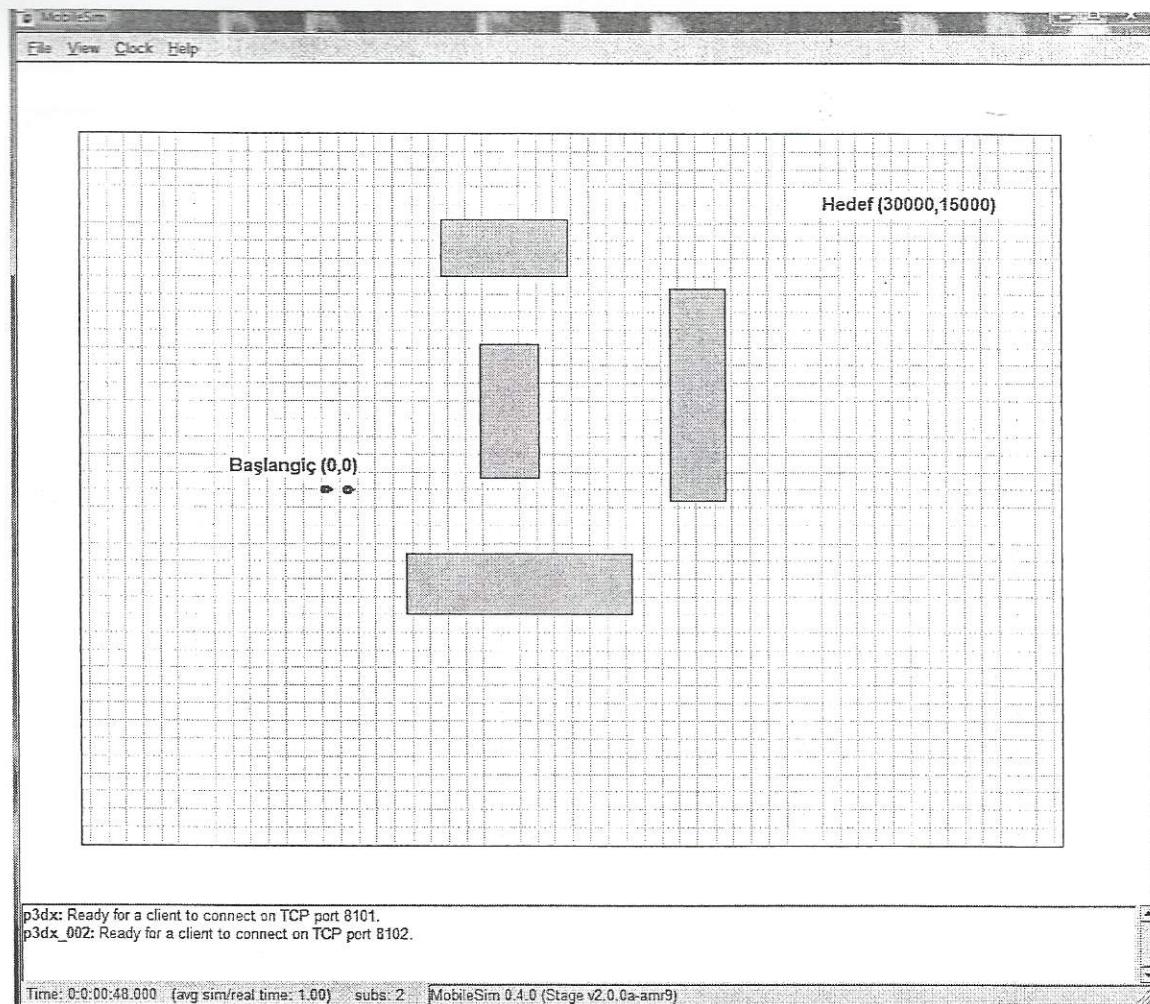
$$\begin{aligned}
 SAĞ &= -40 \text{ (Derece)} \\
 AZ_SAĞ &= -20 \text{ (Derece)} \\
 DÜZ &= 0 \text{ (Derece)} \\
 AZ_SOL &= 20 \text{ (Derece)} \\
 SOL &= 40 \text{ (Derece)}
 \end{aligned}$$

→ Açısal değişim için çıkış katsayıları

Bu noktada Robotun BM sistemini kullanırken izleyeceği algoritmanın Akış Şeması şekil 2.34 teki gibidir.



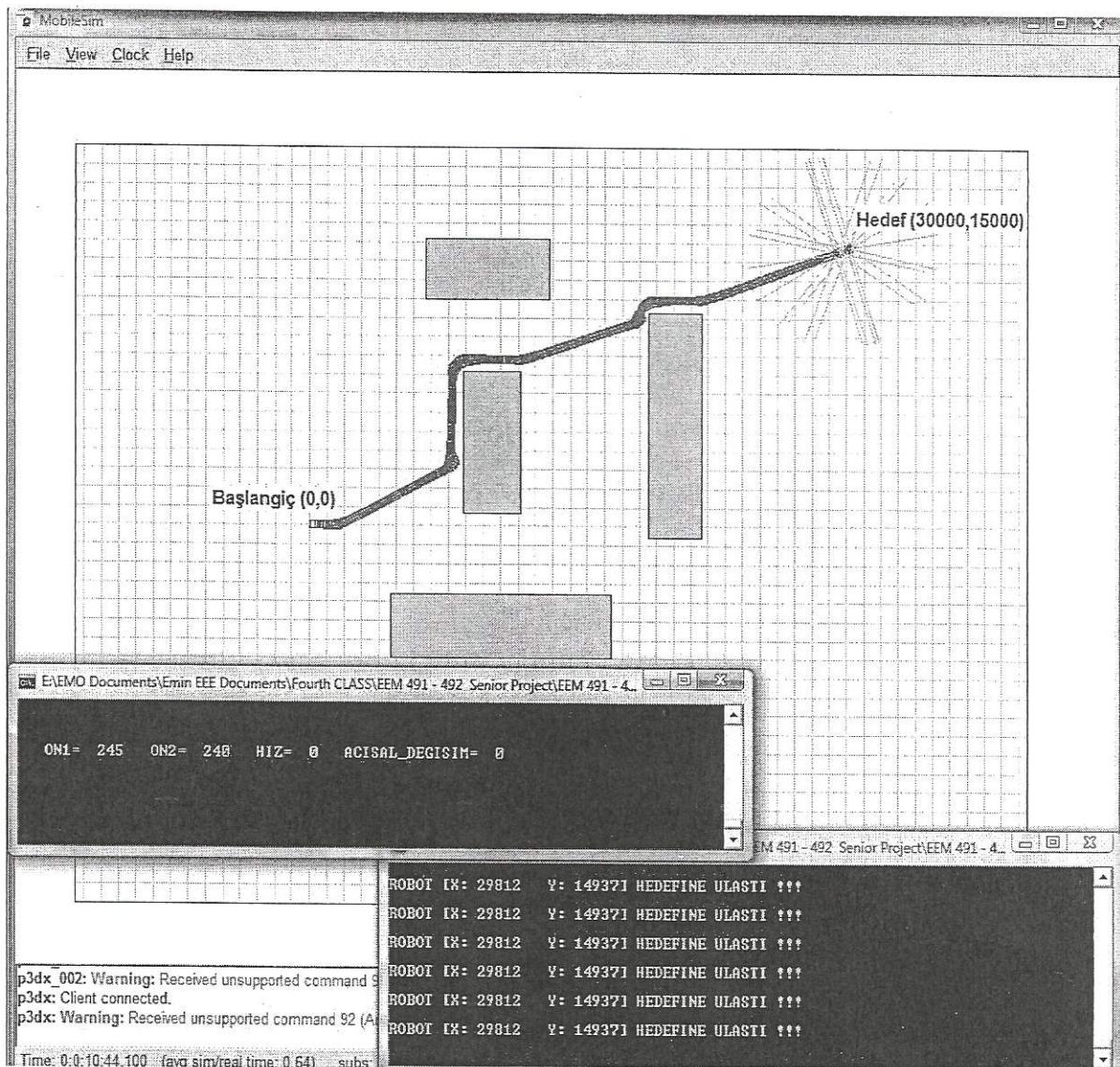
Sekil 2.34 – BM sistem Algoritması



Şekil 2.35 – Robot Takib İçin Geliştirilen Harita

Sistemimizi tasarlardıktan sonra benzetim aşamasına geçersek, örneğin iki P3-DX gezgin robotumuz olsun ve bu robotları şekil 2.35 teki gibi yerleştirelim. Öndeki robotumuz (30000,15000) hedefine varmaya çalışın ve bir önceki uygulamada hedefe ulaşma algoritmasını çalıştırın. Arkadaki P3-DX robotta öndeki robotu takip etmesi için tasarladığımız BM sistemini çalıştırın.

Mobilesim programında bu yazdığımız programların simulasyonunu yapacak olursak; şekil 2.36 daki gibi bir olay gözlemyeleceğiz.



Şekil 2.36 – BM ile Robot Takibi Simülasyon Sonucu

Şekilden de görüldüğü gibi iki robotta hedefe ulaşmıştır. Aldıkları yollar ise şekildek gibidir. İstenen robot takibi sağlanmıştır. Birinci robot hedefine varmış, ikincisi ise onu tamamıyla doğru bir güzergahta ve tam arkasında BM sisteminin algoritmasına göre izlemiştir. Böylelikle istenen sonuçlar elde edilmiştir.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Projenini birinci yarıyıl hedefleri doğrultusunda; Pioneer 3-DX robotun çalışması ve özelliklerini araştırılmış ve öğrenilmiştir. Robotun İki boyutlu ortamda matematiksel olarak modellemesi yapılmış, sonar algılayıcılarından ve pozisyon kodlayıcılarından veriler alınmış ve işlenmiş, bunlara bağlı olarak robot üzerine iki adet uygulama gerçekleştirilmiştir.

Bunlar aç/kapa kontrol ve ölübülgeli aç/kapa kontrol ile robotun duvarı izlemesi uygulamalarıdır. Bu uygulamalar karşılaştırılmış ve aç/kapa ölübülgeli kontrolün daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

Projenin ikinci yarıyılında ise; P3-Dx gezgin robottu için dört adet uygulama tasarlanmıştır. Bu uygulamaların içinde BM sistemi kullanılmıştır. Bu uygulamalarda ve benzetimlerinde BM sisteminin getirdiği avantajlar gözlemlenmiştir. Özellikle BM'ın duvar izleme uygulamasında aç/kapa kontrole göre çok daha iyi bir performans sergilediği görülmüştür.

Uygulamalar geliştirilirken Microsoft Visual Studio 2005(IDE) programı, yazılım geliştirme ortamı olarak belirlenip, ARIA kütüphaneleri ve C++ yazılım dili kullanılmıştır. Uygulamaların simülasyonları MobileSim benzetim programında gerçekleştirılmıştır. Tasarım haritaları Mapper3 programı ile tasarlanmıştır. Kayıt edilen veriler Matlab programı sayesinde grafiksel olarak yorumlanmıştır. BM tasarıımı yapmak için Flop programı kullanılmıştır.

Sonuç olarak P3-DX gezgin robota dair bütün işlevsel uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Alının sonuçlar robotun kontrolüne dair bizlere fikir vermektedir.

4. KAYNAKLAR

- [1] www.robots.mobilerobots.com/wiki/All_Software
- [2] Anonymous, "ARIA Reference Manual Version 1.1.11", Jan 2003.
- [2] Anonymous, "Pioneer 3™ & Pioneer 2™ H8-Series Operations Manual, version 3", Aug 2003.
- [3] Vikram (Pioneer Robot Interface) (2005)
- [4] <http://www.cplusplus.com/doc/tutorial/>
- [5] <http://lists.mobilerobots.com/pipermail/aria-users/>
- [6] [http://www.activrobots.com/ROBOTS/p2dx.html/](http://www.activrobots.com/ROBOTS/p2dx.html)
- [7] Christian L. Jacobsen and Matthew C. Jadud. The occam Pioneer Robotics Library.<http://www.transpreter.org/documentation/occam-pioneer-robotics-library.pdf>.
- [8] ActivMedia Robotics. Advanced Robotics Interface for Applications (ARIA) Robotic Sensing and Control. Libraries.
- [9] [http://www.activrobots.com/SOFTWARE/aria.html.](http://www.activrobots.com/SOFTWARE/aria.html)